

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS
FACULDADE DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E CONTABILIDADE
MESTRADO EM ECONOMIA APLICADA**

LILIANA CAVALCANTE SOUTINHO

**A Aprendizagem Na Produção De Bioenergia Canavieira Da Indústria De
Segunda Geração: O Caso Granbio**

MACEIÓ – AL , 2016

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS
FACULDADE DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E CONTABILIDADE
MESTRADO EM ECONOMIA APLICADA

LILIANA CAVALCANTE SOUTINHO

**A Aprendizagem Na Produção De Bioenergia Canavieira Da Indústria De Segunda
Geração: O Caso Granbio**

Dissertação apresentada ao programa de Pós-Graduação em Economia da Universidade Federal de Alagoas, como requisito parcial para obtenção de título de Mestre em Economia Aplicada.

Orientador Prof. Dr. Francisco José Peixoto
Rosário

MACEIÓ – AL , 2016

Catálogo na fonte
Universidade Federal de Alagoas
Biblioteca Central

Bibliotecário Responsável: Valter dos Santos Andrade

- | | |
|-------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| S728a | <p>Soutinho, Lílíana Cavalcante.
A Aprendizagem na produção de bioenergia canavieira da indústria de Segunda Geração: o caso Granbio / Lílíana Cavalcante Soutinho . – 2016.
77 f.: il.</p> <p>Orientador: Francisco José Peixoto Rosário.
Dissertação (Mestrado em Economia) – Universidade Federal de Alagoas. Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade. Programa de Pós-Graduação em Economia Aplicada. Maceió, 2016.</p> <p>Bibliografia: f. 67-71.
Anexos: f. 72-77.</p> <p>1. Etanol de segunda geração (2G). 2. Aprendizado. 3. Inovação.
4. Sistema setorial de inovação. 5. Indústria -Transformação. I. Título.</p> <p>CDU: 338.45: 661.725</p> |
|-------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

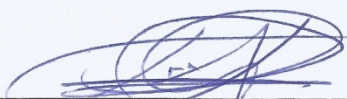
Universidade Federal de Alagoas
Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade
Programa de Pós-Graduação em Economia

“A Aprendizagem na Produção de Bioenergia Canavieira da Indústria de Segunda
Geração: O Caso GranBio”

LILIANA CAVALCANTE SOUTINHO

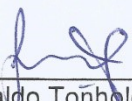
Dissertação submetida ao corpo docente do Programa de Pós-Graduação em Economia
da Universidade Federal de Alagoas e aprovada em 19 de agosto de 2016.

Banca Examinadora:




Prof. Dr. Francisco José Peixoto Rosário (FEAC-UFAL)

(Orientador)



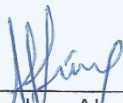
Prof. Dr. Josealdo Tonhelo (IQB-UFAL)

(Examinador Interno)



Prof. Dr. Geraldo Veríssimo de Souza Barbosa (CECA-UFAL)

(Examinador Interno)



Prof. Dr. Araken Alves de Lima (INPI)

(Examinador Externo)

Dedicatória

Aos meus amores.

AGRADECIMENTOS

Inicialmente agradeço a Deus e Nossa Senhora de Fátima, por ter me iluminado, dado perseverança, sabedoria e serenidade em cada momento ao longo dessa etapa tão importante em minha vida.

Agradeço a minha família, meu porto seguro, em especial aos meus pais, por sempre terem me incentivado em alçar voos mais altos e distantes e que me trouxeram até aqui.

Ao meu noivo, ouvinte atento de algumas dúvidas, inquietações, desânimos e sucessos, pelo apoio e pela valorização sempre tão entusiasta do meu trabalho, dando-me, desta forma, coragem para ultrapassar a culpa pelo tempo que a cada dia lhe subtraía.

Agradeço também aos meus colegas de mestrado, com quem vivi um ambiente de verdadeira amizade colaborativa.

Um agradecimento especial ao meu professor Francisco Rosário, por me orientar e me conduzir pelos intrincados caminhos da teoria econômica, pelo conhecimento compartilhado, pela confiança e principalmente pela exigência na realização deste trabalho.

Agradeço, finalmente, a todos aqueles que de uma forma ou de outra contribuíram com a conclusão dessa importante caminhada, que para muitos seria difícil ou mesmo impossível, mas que só fez me fortalecer e crescer para chegar a este final feliz.

Epígrafe

“Eu aprendi que são os pequenos acontecimentos diários que tornam a vida
espetacular.”

William Shakespeare

RESUMO

A agroindústria sucroenergética, uma das mais tradicionais do país, está vivendo um momento de reflexões e mudanças com o advento da produção de etanol de segunda geração (2G), processo de hidrólise enzimática, e com a implantação da primeira planta em escala comercial, a GRANBIO. A literatura evolucionária/neoschumpeteriana é utilizada como referencial teórico e uma revisão da bibliografia sobre sistemas setoriais de inovação, os processos de aprendizagem e a acumulação de capacidades tecnológicas. Os principais desafios direcionam as linhas de pesquisa suportadas pelo SSI e relacionam-se ao incremento da produtividade da matéria-prima, através do desenvolvimento da cana-energia, e seus gargalos técnicos relativos à adaptação de novas variedades em diferentes condições edafoclimáticas, a adequação das técnicas de manejo com desenvolvimento de máquinas de plantio e colheita e as técnicas de armazenagem; As melhorias no processo industrial relacionadas ao desenvolvimento de novas tecnologias para o aumento da eficiência utilizando o novo paradigma biotecnológico. A nível organizacional, ocorreram modificações no processo de aprendizado e de acúmulo de capacidade tecnológica da firma para alcançar níveis de produção endógena de tecnologia. Toda pesquisa desenvolvida no Brasil em torno do etanol de 2G tem parceria com os centros de pesquisa e universidades, oriundos do Sistema Setorial de Inovação sucroalcooleiro, criado para dar sustentação e suporte a indústria metal mecânica, produtora de açúcar e etanol de 1G. A firma de 2G busca aproveitar as “janelas de oportunidades” da nova tecnologia e produz conhecimento para o desenvolvimento da tecnologia 2G.

Palavras-chave : Etanol de Segunda Geração (2G). Aprendizado, inovação. Sistema Setorial de Inovação. Transformação industrial.

ABSTRACT

The sugarcane agribusiness, one of the most traditional of the country, is living a moment of reflection and change with the advent of second-generation ethanol (2G), enzymatic hydrolysis process, with the deployment of the first commercial-scale plant, the GRANBIO. Evolutionary / neoschumpeterian literature is used as a theoretical framework and a review of literature on sectoral systems of innovation, learning processes and the accumulation of technological capabilities. The main challenges direct the research areas supported by SSI and relates to the increased productivity of the raw material through the cane-energy development, and its technical difficulties are concerning the adaptation of new varieties in different edapho-climatic conditions, the adequacy of management techniques with development of planting and harvesting and storage techniques machines; Improvements in the manufacturing process are related to the development of new technologies for increased efficiency using in the new biotechnology paradigm. The organizational level has a necessary changes in the learning process and technological capacity to build the firm to achieve endogenous production levels of technology. It was found that all research developed in Brazil around the 2G ethanol partnership with research centers and universities, coming from Sector System sugarcane Innovation, created to sustain and support the metalworking industry, the producers of sugar and ethanol 1G. The 2G firm seeks to harness the "windows of opportunity" of new technology and from the endogenous production of knowledge can dictate the success of technology development.

Keywords: Second Generation of Ethanol (2G). Learning, Innovation. Sectorial System of Innovation. industrial transformation.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

1G - Primeira Geração

2G - Segunda Geração

ANP - Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis

API - American Process Inc.,

ARB - Air Resource Board

Bioen - Programa de Pesquisa em Bioenergia

BNDES - Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social

C5 – 5 átomos de Carbono

C6 – 6 átomos de Carbono

CGEE - Centro de Gestão de Estudos Estratégicos

CODETEC - Companhia de Desenvolvimento Tecnológico

CTBE - Laboratório Nacional de Ciência e Tecnologia do Bioetanol

CTC – Centro de Tecnologia Canavieira

EE - Energia Elétrica

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

FINEP - Financiadora de Estudos e Projetos

FTI - Fundação de Tecnologia Industrial

IAC - Instituto Agronômico de Campinas

MCT / MCTI - Ministério da Ciência e Tecnologia,

NIPE - Núcleo Interdisciplinar de Planejamento Energético (Unicamp)

PAISS - Plano de Apoio à Inovação Tecnológica Industrial dos Setores Sucroenergético e Sucroquímico

PITE - Programa Parceria para Inovação Tecnológica

PMGCA - Programa De Melhoramento Genético De Cana De Açúcar

RIDESA - Rede Interuniversitária para o Desenvolvimento do Setor Sucroenergético

SIs - Sistemas de Inovação

SNI - Sistema Nacional de Inovação

SRI - Sistema Regional/Local de Inovação

SSI - Sistema Setorial de Inovação

USP - Universidade de São Paulo

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	12
1.1	Revisão De Literatura	15
1.1.1	Sistema de Inovação Setorial, Conhecimentos e Processos de Aprendizagem	15
1.2.	Processos de Aprendizagem e Acumulação de Competências Tecnológicas .	21
1.3.	Determinantes, procedimentos e direções da mudança técnica e a transformação industrial	26
2.	METODOLOGIA	30
2.1.	O plano de pesquisa	31
2.3.	O Método Delphi de coleta de dados	32
2.4.	Seqüência de Execução da Pesquisa Delphi	33
3.	DESCRIÇÃO SINTÉTICA DA COEVOLUÇÃO DA INDÚSTRIA, TECNOLOGIA E AMBIENTE INSTITUCIONAL DO SETOR SUCROENÉRGICO	36
3.1.	Os principais esforços relacionados à tecnologia de etanol de segunda geração no Brasil	37
4.	RESULTADOS	42
4.1.	O caso Granbio	42
4.1.1	A empresa	42
4.1.2.	As empresas que compõem o modelo de negócio e a rede de pesquisa e desenvolvimento da GRANBIO.	44
4.1.3	As Etapas Do Processo E Os Vetores De Inovação	46
4.2.	Processos De Aprendizagem	49
4.2.1.	O Centro De Pesquisas e o aprendizado endógeno.....	50
4.3.	O Novo Paradigma E Seus Possíveis Desdobramentos	52
5.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	65
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	68
	ANEXOS	73

INTRODUÇÃO

O bioetanol da cana de açúcar, no Brasil produzido pela tecnologia de primeira geração, é obtido por meio da fermentação e destilação do caldo extraído da cana através da moagem e/ou do melaço. A segunda geração apresenta uma nova rota tecnológica, que é o processo conhecido como hidrólise, tecnologia que tem mais de um século de existência. No Brasil, ela teve as primeiras iniciativas de pesquisa na década de 1970, em processos de hidrólise ácida. Os esforços em pesquisa e desenvolvimento (P&D) sobre a hidrólise geraram um aprendizado para todo o setor. Esse aprendizado acumulado sobre a produção de bioetanol abre caminho para o panorama atual de difusão do processo de hidrólise enzimática, que se apresenta como uma das rotas tecnológicas com maior potencial para se tornar dominante na produção de etanol para combustível em automóveis, além de possibilitar o aumento da produção e tornar viável o uso do etanol na indústria química, a denominada alcoolquímica (Silva, 2007).

Um dos primeiros esforços para difusão dessa tecnologia data de 2013, com uma firma em Crescentino, na Itália. No Brasil, a primeira planta em escala comercial de etanol de segunda geração (2G) entrou em operação em setembro de 2014, sendo a primeira do Hemisfério Sul a utilizar tal tecnologia. A opção de anexar a tecnologia de hidrólise enzimática a uma indústria de primeira geração já existente impulsiona essa nova tecnologia por permitir o compartilhamento do conhecimento e do know-how existentes no país sobre a produção do bioetanol de cana-de-açúcar e, dessa forma, integrar a segunda geração com a primeira.

O surgimento dessa inovação traz um novo conjunto de possibilidades para o desenvolvimento de novas trajetórias tecnológicas.

Segundo Dosi (2006), o paradigma tecnológico indica a direção em que as mudanças técnicas devem ser perseguidas e determina as trajetórias tecnológicas. O novo paradigma biotecnológico irá indicar as direções de resoluções de problemas dentro do setor sucroenergético que darão suporte ao etanol de 2G. No estudo de Bastos (2007), ele afirma que as biorrefinarias poderão se transformar em uma indústria chave no século XXI, ao utilizarem os biocombustíveis de segunda geração

como matéria-prima para produção de vários produtos químicos até então produzidos com base no petróleo, introduzindo um novo paradigma industrial.

Dentro dessa perspectiva, faz-se necessário estudar as transformações ocorridas no setor sucroenergético dentro da ótica de sistema setorial de inovação.

A ideia de transformação industrial proposta em Dosi 1984 pode explicar o advento do etanol 2G no Brasil e os desdobramentos futuros desse fato. Isso posto, a teoria leva a inferir que o surgimento de novas firmas, novas tecnologias e novos modelos de negócio podem estar alterando a estrutura de aprendizagem tecnológica do sistema setorial sucroenergético. Depara-se então com a problemática que guiará o estudo: existe cumulatividade e complementariedade entre o aprendizado e as capacidades tecnológicas nas firmas de 1G e 2G? O presente plano de pesquisa se propõe a analisar o processo de aprendizagem das firmas de produção de bioenergia (etanol e EE) de primeira e segunda gerações e o Sistema Setorial de Inovação através do estudo de caso da GRANBIO.

Para tanto surgem os problemas de pesquisa: (a) A emergência de indústrias da Granbio (2G) está modificando os padrões de aprendizagem da indústria e o SSI?; (b) É possível haver dependência e complementariedade entre as trajetórias de 1G e 2G?; (c) As instituições de apoio existentes para a trajetória 1G darão suporte à convivência das duas trajetórias, 1G e 2G?

De modo mais específico, pretende-se também:

1. Identificar os agentes e seus papéis no SSI que estão relacionados ao consórcio de 1G e 2G.
2. Identificar e analisar as diferentes características dos processos de aprendizagem tecnológica de 1G e 2G.
3. Identificar e analisar possíveis spillovers da tecnologia de 2G para o setor.
4. Identificar e analisar em que aspectos as capacidades tecnológicas de primeira geração contribuem para o sucesso da trajetória de segunda geração.

No primeiro capítulo, apresenta-se uma revisão bibliográfica dos autores da teoria evolucionária neoshumpeteriana, relacionando-os com os temas de pesquisa da dissertação. O segundo capítulo trata da metodologia de pesquisa utilizada nessa dissertação, um estudo de caso predominantemente qualitativo utilizando a

metodologia delphi de coleta de dados. O terceiro capítulo faz uma breve análise histórica para contextualização do setor sucroenergético, abordando os principais aspectos relacionados ao bioetanol de segunda geração. O estudo de caso e os principais resultados são mostrados no capítulo quarto e as considerações finais o capítulo quinto, seguidos pela referencia bibliográfica e os anexos.

1. REVISÃO DE LITERATURA

O aprendizado tecnológico é elemento central deste estudo e as análises serão feitas à luz desse conceito. Para acontecer uma inovação, é necessário o desenvolvimento, entendido como uma atividade cumulativa que gera aprendizado. O aprendizado tecnológico é definido como conhecimento adquirido pela empresa, através de seus trabalhos em pesquisa e desenvolvimento, que são um tipo de esforço tecnológico. Esse esforço implica em um processo de aprendizagem, o qual gera novos conhecimentos e pode ser tecnológico e relacional (FURTADO & FREITAS, 2004). Segundo Lundvall (1992), o recurso fundamental da economia é o conhecimento; por conseguinte, o mais importante processo que ocorre no interior do SSI é o aprendizado, o qual caracteriza-se por ser um processo interativo e social, que deve ser entendido em um contexto institucional e cultural.

1.1. Sistema de Inovação Setorial, Conhecimentos e Processos de Aprendizagem

A ideia de Sistemas de Inovação (SIs) tem origem no século XIX, na obra de Friedrich List, que, ao se preocupar com a problemática de a Alemanha superar a Inglaterra em termos de crescimento econômico, propunha, além da proteção das indústrias nascentes, um conjunto amplo de políticas desenhadas para acelerar a industrialização. Em contraste com a abordagem de livre comércio dos economistas clássicos, List desenvolveu o conceito de Sistemas Nacionais de Economia Política, que defendia políticas governamentais voltadas para a aprendizagem e aplicação de novas tecnologias, com o intuito de aumentar a competitividade do país (FREEMAN, 1995).

As ideias de List levaram ao desenvolvimento de alguns conceitos específicos de sistema de inovação (SI). Existem pelo menos três níveis de abordagens de SIs: Sistema Nacional de Inovação (SNI); Sistema Regional/Local de Inovação (SRI); e Sistema Setorial de Inovação (SSI).

De acordo com Malerba (2002), um sistema setorial é um conjunto de agentes realizando interações de mercado e não mercado para criação, produção e vendas desses produtos. Um sistema setorial possui uma base de conhecimento, tecnologias, insumos e demandas específicas. Os agentes de um SSI podem ser indivíduos ou organizações, os quais interagem por meio de processos de comunicação, troca,

cooperação, concorrência e comando, sendo que essas interações são moldadas por instituições. Um sistema setorial sofre mudanças e transformações através da coevolução de seus vários elementos. Portanto, esse conceito fornece uma visão multidimensional, integrada e dinâmica dos setores.

Para Malerba, um SSI pode ser descrito a partir de três dimensões principais:

a) Conhecimento e domínio tecnológico. Um setor pode ser caracterizado por uma base de conhecimento específico, tecnologias e insumos. O foco no conhecimento e domínio tecnológico coloca no centro da análise a questão dos limites setoriais, que normalmente não são fixos, mas, sim, mudam ao longo do tempo.

b) Atores e redes. Um setor é composto de agentes heterogêneos – indivíduos e organizações (do tipo firma ou não firmas).

c) Instituições. O conhecimento, as ações e as interações dos agentes são moldados por instituições, como tradições, rotinas, normas e outros.

Ao longo do tempo, um sistema setorial passa por processos de mudança e transformação através da coevolução de seus vários elementos. As três dimensões descritas formam a base do conceito de Sistema Setorial de Inovação, como resultado da interação de diversos fatores complexos, favorecendo a inovação, que dificilmente acontece de forma isolada (MALERBA, 2003). Assim, num sistema setorial, a inovação é considerada um processo que envolve interações sistemáticas entre uma grande variedade de atores para a geração e troca de conhecimento para a sua efetivação e comercialização. Interações incluem relações de mercado e fora do mercado.

A princípio, os agentes são regidos por relações de troca, concorrência e hierarquia. Em seguida, a interação é explicada por modelos de cooperação formal e informal entre as firmas e outros agentes - mercantis ou não mercantis -, resultando em formas híbridas de governança, cooperação para P&D ou redes de empresas, visando integrar complementariedades em conhecimento, capacitações e especialização. Assim, os elementos diferenciadores das interações entre os agentes/organizações em um setor determinam as complementariedades dinâmicas e a estrutura setorial vigente (MALERBA, 2002).

Essa noção de Sistema Setorial de Inovação e Produção se afasta do conceito tradicional de setor, usado na economia industrial, porque examina outros agentes além das empresas, coloca muita ênfase em interações de mercado e não mercado,

centra-se em processos de transformação do sistema e não considera os limites setoriais como dados ou estáticos. Os elementos básicos de um sistema setorial são (MALERBA, 2002):

- i) Produtos;
- ii) Atores;
- iii) Conhecimento e processos de aprendizagem;
- iv) Base tecnológica, insumos, demanda e as respectivas ligações e complementariedades;
- v) Mecanismos de interação;
- vi) Processos de criação de variedade e seleção;
- vii) Instituições.

A abordagem de SSI coloca o papel central, entre os atores, nas empresas. Elas são os principais agentes, ao conduzirem processos de aprendizado e realizarem inovação a partir de suas competências e sua base de conhecimentos adquiridos e acumulados ao longo do tempo. Às organizações do tipo 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. Primeiramente, universidades e instituições de ensino superior fornecem avançados treinamentos científico, tecnológico e gerencial ao capital humano. Em segundo lugar, eles conduzem pesquisas em áreas científicas e tecnológicas que são extremamente relevantes para as firmas (MALERBA, 2002); (NELSON, 2008).

Nessa abordagem, o setor público desempenha um papel central no processo inovativo. Políticas públicas e programas governamentais direcionados ao desenvolvimento de inovações estimulam as atividades em determinados segmentos e, conseqüentemente, a produção de inovações (CIMOLI, 2009).

O conhecimento desempenha um papel central na inovação e na produção, sendo um ponto fortemente enfatizado pela literatura evolucionária. Nessa corrente teórica, o conhecimento é altamente idiossincrático ao nível da firma, não se difundindo automaticamente e livremente entre empresas, pois deve ser absorvido por elas através de suas habilidades diferenciais acumuladas ao longo do tempo (MALERBA, 2002).

A literatura evolucionária observa que setores e tecnologias são muito diferentes em termos de base de conhecimento e processos de aprendizagem relacionados com a inovação. Conhecimento difere entre setores em termos de domínios. Um domínio de conhecimento refere-se a campos específicos da ciência e tecnologia na base das atividades inovativas em um setor. Outro domínio considera aplicações, usuários e demandas para produtos setoriais. Além disso, outras dimensões do conhecimento podem ser relevantes para explicar atividades inovativas em um setor (MALERBA, 2002).

As fontes de oportunidade tecnológica diferem significativamente entre setores. Em alguns deles, condições de oportunidade estão relacionadas aos principais avanços científicos nas universidades. Em outros setores, oportunidades de inovar podem, muitas vezes, vir de avanços em P&D, equipamento e instrumentação. Em outros setores, ainda, fontes externas de conhecimento em termos de fornecedores ou usuários podem desempenhar um papel crucial. Nem todo conhecimento externo pode ser facilmente utilizado e transformado em novos artefatos. Se o conhecimento externo é facilmente acessível, transformável em novos artefatos e exposto a vários atores (como clientes e fornecedores), então inovação é mais viável. Ao contrário, se capacidades avançadas de integração são necessárias, a indústria pode estar concentrada e formada por grandes empresas estabelecidas (MALERBA, 2002).

Do ponto de vista econômico, o conhecimento pode ser classificado pela sua forma sistematizada (ou codificada) ou tácita. O conhecimento sistematizado pode apresentar-se sob as mais diferentes formas de codificação. É aquele que, ao ser transformado em informações, pode ser reproduzido, transmitido, recebido, comercializado ou apenas estocado (LASTRES & FERRAZ, 1999). Isso o torna cada vez mais disponível, tendo em vista as crescentes possibilidades de captar, tratar, transmitir e receber os mais diversos códigos. Ele pode ser incorporado em máquinas e equipamentos, componentes e produtos finais; em modelos organizacionais; e, de forma crescente, sua aquisição pode ser intermediada por mercados cada vez mais globalizados (VILLASCHI, 2011).

Já o conhecimento tácito, ou não é codificável ou sua transformação em sinais e códigos é extremamente onerosa, exatamente por ser difícil e complexa, pois sua natureza está associada ao processo de aprendizado (LASTRES & FERRAZ, 1999). Sua

transferência está associada a interações sociais a partir de indivíduos ou organizações que o detêm, ou seja, depende de interação entre pessoas no âmbito de uma mesma organização ou em processos envolvendo mais do que uma delas. Por isso, sua intermediação nem sempre é possível de ser feita pelo mercado (VILLASCHI, 2011).

Ligações e complementariedades em tecnologia, insumos e demanda podem ser estáticas ou dinâmicas. Incluem interdependência entre setores relacionados verticalmente ou horizontalmente, a convergência de produtos separados anteriormente ou o surgimento de nova demanda a partir da demanda existente. Interdependências e complementariedades definem os limites reais de um sistema setorial. Eles podem ser em insumo, tecnologia ou demanda ou podem referir-se a inovação, produção e venda (MALERBA, 2002).

Dentro dos mecanismos de interação, agentes são caracterizados por processos de aprendizagem específicos, competências, crenças, objetivos, estruturas organizacionais e comportamentos, os quais interagem através de processos de comunicação, troca, cooperação, competição e comando (MALERBA, 2003). Em ambientes incertos e mutáveis, as colaborações tecnológicas surgem não porque os agentes são similares, mas porque são diferentes. Dessa forma, as redes possibilitam a integração de complementariedades em termos de conhecimento, capacidades e especialização (MALERBA & MONTOBBIO, 2000).

As diferentes formas de interação entre os atores de um SSI permitem o compartilhamento de recursos, competências e experiências, que possibilitam uma redução dos riscos inerentes ao processo de inovação. A colaboração tecnológica aumenta a difusão de conhecimento, fornece maior acesso a complementariedades e reduz as incertezas que as firmas enfrentam em suas atividades de inovação (MALERBA & MONTOBBIO, 2000).

De acordo com Malerba (2002), processos de criação de variedade referem-se a produtos, tecnologias, empresas e instituições, assim como a estratégias e comportamento. Eles estão relacionados a vários mecanismos: entrada, P&D, inovação, etc. Esses mecanismos interagem em diversos níveis, como o surgimento e crescimento de novas instituições e organizações setoriais, como novos departamentos especializados dentro de universidades e novos campos científicos,

tecnológicos e educacionais, que aumentam a variedade e podem estar associados ao surgimento de novas tecnologias e novos conhecimentos.

Sistemas setoriais diferenciam-se extensivamente em processos de criação de variedade e na heterogeneidade entre os agentes. A criação de novos agentes – sejam empresas ou organizações não firmas – é particularmente importante para a dinâmica de sistemas setoriais. Novas empresas trazem uma variedade de especialização e conhecimento nos processos de inovação e produção e contribuem para mudanças no conjunto dos agentes e para a transformação de tecnologias e produtos em um setor (MALERBA, 2002).

As instituições regulam as atividades e os relacionamentos entre atores. Elas incluem normas, regulamentos, rotinas, hábitos comuns, tradições, práticas estabelecidas, regras, leis, padrões e outros. Instituições podem variar daquelas que se ligam ou se impõem aos agentes àquelas que são criadas através das interações entre esses agentes (como contratos); das mais formais às mais informais (como leis de patentes e regulações específicas versus tradições e convenções). Muitas instituições são nacionais (como o sistema de patentes), enquanto outras são específicas para os setores (como o mercado de trabalho para o setor ou instituições específicas para financiamento). Portanto, as instituições moldam a forma como os agentes entendem, agem e se relacionam (MALERBA, 2002).

Segundo Malerba (2002), instituições podem caracterizar-se por serem impostas aos agentes, configurando-se em uma norma deliberadamente planejada (como leis de patentes ou regulações específicas de cada setor) ou ser resultado das atividades cotidianas à medida que emergem das relações/interações entre indivíduos nas atividades de cada dia – como tradições e convenções.

A mesma instituição pode ter características diferentes em países distintos e, dessa forma, afetar o mesmo sistema setorial de maneira diferente. Da mesma maneira, alguns sistemas setoriais podem se tornar predominantes em um determinado país devido à existência de instituições que este possui, fornecendo um ambiente mais apropriado para certos tipos de setores do que de outros (MALERBA, 2006).

Cada tipo de instituição cumpre um papel característico na colocação de limites aos sistemas de inovação. Políticas governamentais, por exemplo, são instituições-

chave no estímulo ao surgimento/desenvolvimento de sistemas setoriais. Elas podem estar relacionadas ao suporte às atividades de P&D, estímulo à concorrência, proteção das empresas domésticas, criação de institutos de pesquisa, incentivo ao empreendedorismo, etc. (MALERBA & NELSON 2008).

A firma, principal elemento do SSI, é responsável pela transformação dos inputs em outputs. Ela é caracterizada por processos específicos de aprendizagem, competências e organizações (rotinas), os quais conduzem suas ações, suas expectativas e os seus objetivos. A partir destes princípios, as firmas interagem com os demais agentes do SSI, tais como universidades, institutos de pesquisa, agências regulatórias, consumidores, fornecedores entre outros. Os agentes interagem através de processos de comunicação, troca, cooperação, competição e comando, e assim estabelecem networks (redes de inter-relação) que criam canais e mecanismos de aprendizado interativo, elemento essencial para o processo de inovação (LUNDVALL, 2009; JOSEPH, 2009)

1.2. Processos de Aprendizagem e Acumulação de Competências Tecnológicas

A aprendizagem é definida por Bell (1984), como os vários processos formais e informais pelos quais as habilidades e conhecimentos são adquiridos pelos indivíduos e convertidos, por meio deles, para o nível organizacional. Figueiredo (2001) complementa que a aprendizagem também deve ser entendida como um conjunto de processos que permite a empresa acumular capacidades tecnológicas ao longo do tempo.

O termo 'aprendizagem tecnológica' é, em geral, compreendido em dois sentidos. O primeiro refere-se à trajetória ou ao caminho que segue a acumulação de capacidade tecnológica. Essa trajetória pode variar ao longo do tempo, ou seja, a capacidade tecnológica pode ser acumulada em velocidades e direções distintas. O segundo sentido refere-se aos vários processos pelos quais o conhecimento técnico é adquirido pelos indivíduos e convertido para o nível organizacional, isto é, conversão de conhecimento tácito individual em capacidades tecnológicas da empresa (BELL M., 1984); (FIGUEIREDO, 2001).

A noção de aprendizado de acordo com Malerba (1992) define-o como derivado de fontes de conhecimento internas e externas, o qual resulta na ampliação do estoque de conhecimentos que se acumula na firma. Nesse contexto, a firma é um acúmulo de conhecimento produtivo e tecnológico e está sempre em busca de soluções mais vantajosas dentre diversas oportunidades possíveis. Referente aos processos de aprendizagem, Malerba (1992), Vargas (2002a) e Bell e Albu (1999) apresentam 6 diferentes mecanismos distintos para obtenção de conhecimento, sendo eles endógenos ou exógenos. O aprendizado endógeno é caracterizado por: a) learning by searching (aprendizado através de pesquisa) - busca interna de conhecimento, realizada via atividades formais direcionadas para a geração de conhecimento, como as atividades de pesquisa e desenvolvimento (P&D); e b) learning by doing (aprender fazendo) - relacionado com o conhecimento tácito adquirido mediante a realização de atividades produtivas. Em relação às fontes externas de conhecimento, têm-se: a) learning by science – que está vinculado ao avanço da ciência e da tecnologia) - que é a absorção, pela empresa, de novos conhecimentos científicos e tecnológicos; b) aprendizado via spillovers intraindustrial - relacionado à absorção de conhecimento gerado por empresas concorrentes localizadas próximas ou não; c) learning by interacting (aprendizado por interação) - no qual, o processo de aprendizado ocorre a partir da interação e/ou cooperação com fornecedores, clientes finais e outras empresas da mesma indústria; d) learning by using (aprender usando) - também informal e ligado ao uso de produtos, maquinário e insumos.

Kogut & Zander (1992) completam a noção de empresas como um repositório de recursos, conforme determinado pelo conhecimento social embutido nas duradouras relações individuais estruturadas por princípios de organização. E, segundo Nelson & Winter (1982), o processo decisório é influenciado pelas formas de organização e processamento interno de suas atividades, as rotinas, relacionando ao conhecimento endógeno. A aprendizagem é um meio pelo qual a empresa se torna capaz de acumular capacidades tecnológicas rotineiras e/ou inovadoras.

A capacidade tecnológica é definida como os recursos necessários para gerar e gerir aprimoramentos tecnológicos. Tais recursos são acumulados e armazenados não apenas em sistemas físicos (máquinas, plantas de produção, softwares, bancos de dados) e nas mentes de gerentes, engenheiros e técnicos, mas também nas rotinas e

procedimentos, ou seja, no sistema organizacional da empresa (BELL & PAVITT 1995) e (FIGUEIREDO, 2001). A competência tecnológica é definida como os recursos necessários para gerar e gerenciar a mudança tecnológica, e esses recursos estão incorporados aos indivíduos e sistemas organizacionais. A mudança tecnológica é um processo contínuo que absorve ou cria o conhecimento tecnológico, determinado por fatores externos à firma e pela acumulação de habilidades e conhecimentos intrafirma (LALL, 1992).

Segundo Figueiredo (2001), a acumulação de competências tecnológicas é fator crítico para o desempenho competitivo de empresas e a situação é ainda mais crítica para empresas atuantes em economias em industrialização.

Segundo Bell & Pavitt (1995), Pavitt, (1993), Lall (1992) e (Figueiredo, 2001), os conceitos de capacidade de produção e capacitação inovadora diferem. O primeiro conceito está relacionado às competências de rotina, que são os recursos para produzir bens e serviços em determinado nível de eficiência, usando-se uma combinação de fatores: habilidades, equipamentos, especificações de produtos e de produção, sistemas e métodos organizacionais. A capacitação tecnológica inovadora incorpora recursos adicionais e distintos para gerar e gerenciar a mudança tecnológica (BELL & PAVITT, 1995). Destaca-se que a acumulação de competências tecnológicas é questão básica para alcançar a 'maturidade industrial' e, assim, tornar-se e permanecer competitiva no mercado mundial. Figueiredo (2001) acrescenta que é por meio da aceleração da taxa de acumulação de competências tecnológicas que as empresas em industrialização conseguem aproximar-se e/ou alcançar a fronteira tecnológica em constante mudança.

A análise dos processos de aprendizagem foi estudada conforme o modelo desenvolvido em Figueiredo (2001; 2003) apresentado no quadro 1.

Quadro 1 : Processo De Aprendizagem Em Empresas Em Industrialização.

Fonte: Figueiredo (2001,2003)

PROCESSOS DE APRENDIZAGEM		Características-chave dos processos de aprendizagem			
		Variedade	Intensidade	Funcionamento	Interação
		Ausente-Presente Limitada-moderada- Diversa	Baixa – intermitente – contínua	Ruim – moderado – Bom	Fraca – moderada - Forte
PROCESSOS DE AQUISIÇÃO DE CONHECIMENTO	Aquisição Externa de conhecimento	Presença/ausência de processos para adquirir conhecimento localmente ou no exterior.	Modo como a empresa usa este processo ao longo do tempo.	Modo como processo foi criado e opera ao longo do tempo.	Modo como um processo influencia outro processo de aquisição interna ou externa.
	Aquisição interna de conhecimento	Presença/ausência de processos para adquirir conhecimento em atividades internas.	Modo como a empresa usa diferentes processos para aquisição interna de conhecimento.	Modo como processo foi criado e opera ao longo do tempo.	Processo de conhecimento interno pode ser influenciado por processo de aquisição externa.
PROCESSOS DE CONVERSÃO DE CONHECIMENTO	Socialização do conhecimento	Presença/ausência de diferentes processos por meio dos quais indivíduos compartilham seu conhecimento tácito.	Modo como processos prosseguem ao longo dos anos. Intensidade contínua do processo de socialização pode influenciar codificação do conhecimento.	Modo como mecanismos de socialização são criados e operam ao longo do tempo. Tem implicações para variedade e a intensidade do processo de conversão.	Condução de diferentes conhecimentos tácitos para um sistema efetivo. Socialização pode ser influenciada por processos de aquisição externa e interna.
	Codificação do conhecimento	Presença/ausência de diferentes processos para formatar o conhecimento tácito.	Modo como processos como padronização de operações são repetidamente feitos. Codificação ausente/intermitente pode limitar a aprendizagem organizacional	Modo como a codificação do conhecimento foi criada e opera ao longo do tempo. Tem implicações para o funcionamento de todo processo de conversão.	Modo como a codificação de conhecimento foi influenciada por processos de aquisição ou por processos de socialização.

O quadro representa que a aprendizagem tecnológica é decomposta em dois processos distintos: 1. Os processos de aquisição de conhecimento são ainda divididos em externos e internos, e 2. os processos de conversão de conhecimento, que se baseiam na socialização e na codificação de conhecimento. Por meio dessa métrica, podem-se examinar os quatro processos de aprendizagem à luz das seguintes características-chave: variedade, intensidade, funcionamento e interação.

É certo que os processos de aprendizagem derivam dos processos de busca das firmas por inovações, que fazem isso, justamente, com o propósito de inovar, e o aprendizado deriva também de suas atividades rotineiras de produção. Posto isso, o aprendizado é um processo que tem a capacidade de construir competências e capacitar tecnologicamente as firmas, estimulando a produção e a mudança técnica (LUNDVALL,1992). O aprender significa construir competências e habilidades novas, e não somente ter o acesso à informação. Kogut & Zander (1992) diferenciam informação e know—how; a primeira é definida como o conhecimento que pode ser transmitido sem perda de integridade, uma vez que as regras sintáticas necessárias para decifrar são conhecidas; e know-how é a habilidade prática acumulada ou especialização que permite fazer algo suave e eficiente. Kogut & Zander (1993) afirmam que a empresa é um repositório de conhecimento que consiste em ações coordenadas e em como a informação é codificada. O conhecimento que não é facilmente transmitido e replicado traz dificuldades em termos de codificabilidade e complexidade. Codificabilidade é a capacidade de a empresa estruturar o conhecimento em um conjunto de regras e relações identificáveis que podem ser facilmente comunicados. Complexidade refere-se ao número de parâmetros que definem um sistema; podem ser acomodados, mas a um custo.

A forma com que a empresa interage com o ambiente é determinante para a construção do seu conjunto particular de conhecimentos. Lundvall, Johnson, Andersen, & Dalum (2001) complementam que a transmissão desses conhecimentos é resultado da interação entre agentes envolvidos em um contexto sociocultural e institucional específico. Kogut & Zander (1993) completam que uma das descobertas mais persistentes nos trabalhos sobre a transferência de tecnologia é a importância da experiência prévia. O conhecimento gerado dentro de uma empresa e transmitido de alguma forma para outra empresa é chamado de transbordamento de conhecimento (spillover). A definição de transbordamento de conhecimento tecnológico da OECD, (1992), o P&D, realizado por um agente econômico (firma, universidade ou outra instituição) pode gerar externalidades positivas para outros agentes.

1.3. Determinantes, procedimentos e direções da mudança técnica e a transformação industrial

Dosi (1982), em seu trabalho, procura explicar os determinantes, procedimentos e direções da mudança técnica e a transformação industrial, assim como os efeitos sobre o desempenho industrial e a mudança estrutural. Para isso, sugere os conceitos de paradigma tecnológico e de trajetórias tecnológicas. Giovanni Dosi desenvolve o conceito de paradigma tecnológico a partir de uma analogia ao paradigma científico de Thomas Kuhn, para então entender o desenvolvimento da tecnologia. Segundo o autor, paradigma tecnológico pode ser definido como um ‘modelo’ e um ‘padrão’ de solução de problemas tecnológicos selecionados, baseados em princípios selecionados, derivados das ciências naturais e em tecnologias materiais selecionadas (DOSI, 2006).

O paradigma surge à medida que existe um consenso a respeito dos conhecimentos científicos pertinentes para se compreender um novo problema. Assim sendo, os paradigmas tecnológicos definem as janelas de oportunidades tecnológicas para inovações e os procedimentos básicos que permitirão exploração e descobertas.

Dosi (1984) afirma que as inovações tecnológicas que acompanham os processos de instauração de novos paradigmas possuem uma dinâmica singular e um tipo especial e decisivo de inovação e, ao analisar os determinantes da mudança técnica que se unem ao sistema socioeconômico, destaca que, quando estabelecido um caminho tecnológico promissor, inaugura-se uma fase de desdobramentos, instituição de atividades normais de solução de problemas, que vão dar forma ao novo paradigma no plano tecnológico.

Diante do exposto acima, Dosi (1982, 1984) define a trajetória tecnológica como o caminho de evolução permitido por um paradigma, abrangendo mudanças marginais e contínuas, ocorridas na expansão de uma tecnologia particular a partir de um ponto de descontinuidade. Assim, a trajetória, em outras palavras, pode ser definida como resultado do desenvolvimento endógeno de um paradigma tecnológico.

“Uma trajetória tecnológica” consiste numa “atividade “normal” de resolução de problemas determinada por um paradigma”, e “constitui um agrupamento de possíveis direções tecnológicas, cujos

limites exteriores se definem pela natureza do próprio paradigma” (DOSI 2006, págs. 44, 45 e 46).

É sabido que a mudança de paradigma não se define integralmente no jogo de interesses imediatos da produção dos capitalistas. As “trajetórias tecnológicas” surgem com capacidades transformadoras diferentes entre si. Segundo Dosi (1984, p. 19), o “mecanismo de mercado é particularmente falho na seleção ex-ante de trajetórias tecnológicas, mesmo que opere a contento na orientação posterior da evolução da trajetória selecionada”. O mercado, como mecanismo de seleção, opera nos estágios mais avançados da concorrência entre trajetórias tecnológicas distintas, dizendo pouco, entretanto, no que respeita à seleção dos mecanismos de “geração de mutações” (Dosi, 2006:50). Assim, entende-se que diferentes níveis de competência tecnológica entre as empresas são resultados de características específicas à firma e dependem das mudanças nas trajetórias tecnológicas. “Um processo de seleção dos paradigmas tecnológicos” é operado pelas “forças econômicas” juntamente com os “fatores institucional e social”.

Para Dosi, Orsenigo, & Labini (2002), a noção de trajetórias tecnológicas está associada às progressivas realizações das oportunidades inovadoras subjacentes a cada paradigma, trajetórias que podem, em princípio, ser mensuradas em termos de mudanças nas características tecno-econômicas dos “artefatos” e processos de produção.

As ideias básicas envolvidas nesta noção de trajetórias são: primeiro, cada conjunto de conhecimento (paradigma) molda limites, taxa e direção da mudança técnica, independente de incentivos de mercado. Em segundo lugar, a mudança técnica é parcialmente impulsionada por tentativas de lidar com desequilíbrios tecnológicos que estão sendo criados. Em terceiro lugar, portanto, não deve ser capaz de ver os padrões e desvios no processo de mudanças técnicas que levam em diferentes condições de mercado (por exemplo, em diferentes preços relativos) e do rompimento, são principalmente correlacionadas mudanças radicais nas bases de conhecimento (paradigmas) Dosi et al. (2002) .

Uma trajetória tecnológica vai designar o progresso dos conhecimentos tecnológicos em função das arbitragens técnicas e econômicas que são definidas pelos paradigmas. É de supor que as oportunidades de melhoramentos tecnológicos são

definidas pelo paradigma, enquanto as trajetórias são em número limitado. Não existe uma infinidade de trajetórias, apenas algumas trajetórias possíveis.

Dentro do assunto principal deste trabalho, a inovação biotecnológica, é de grande valia trazer a discussão de Dosi (1993) sobre a questão da continuidade versus uma revolução biotecnológica, ponto central de seu artigo. O autor afirma perceber uma descontinuidade com tecnologias tradicionais e uma modificação das bases de conhecimento nas quais a tecnologia se fundamenta, e uma mudança radical nos métodos em que a inovação biotecnológica está sendo realizada, o que leva a uma tendência a mudar as dimensões fundamentais das trajetórias tecnológicas que eventualmente ocorrerão (DOSI,1993).

A mudança radical da base de conhecimento desencadeia um processo evolutivo que é lento e implica na coparticipação de velhos agentes com o surgimento de novos agentes, novas empresas; um processo em que, provavelmente, há mais descontinuidade tecnológica do que descontinuidade organizacional, no qual grandes empresas, que eram dominantes em um paradigma tecnológico precedente, através de transformação, que, frequentemente, é difícil e custosa, e feita também de erros, consegue adaptar, parcialmente, a própria organização ao novo paradigma (DOSI, 1993).

Quadro 2 : Quadro Teórico e Analítico

VARIÁVEIS OPERACIONAIS	AUTORES	DEFINIÇÃO
Aprendizado	Figueiredo (2001,2003) Bell (1984) Malerba (2002)	Conjunto de processos que permite a empresa acumular capacidades tecnológicas ao longo do tempo.
Geração de conhecimento	Dosi (1984, 1988) Bell e Pavitt (1995)	Criação endógena de conhecimento e tecnologia de produção (capacidades tecnológicas), a partir do aprendizado ou da incorporação de conhecimentos externos a firma/indústria
Introdução de novo conhecimento	Dosi (1984, 1988), Nelson e Winter (1982), Malerba (1992)	Incorporação de novas formas de tratar um problema tecnológico ou de mercado, fazendo com que novas rotinas sejam desenvolvidas no amago da firma.
Spillover de	OECD	Difusão de base específica de

conhecimento (transbordamentos)	(1992)	conhecimentos de modo a ultrapassar as fronteiras tecnológicas de vários setores industriais ao mesmo tempo
Transformação industrial	Dosi (1984)	Mudanças no regime tecnológico da indústria por meio da introdução de inovações, novos conhecimentos e mudanças nas regras institucionais no sistema produtivo, bem como os impactos nas estruturas industriais subjacentes.
Sistema Setorial de inovação	Malerba (2002) Nelson (2008) Freeman(1995)	Conjunto de agentes realizando interações de mercado e não mercado para criação, produção e vendas desses produtos. Um sistema setorial possui uma base de conhecimento, tecnologias, insumos e demandas específicas.

Fonte: Elaborado pela autora.

2. METODOLOGIA

A fim de alcançar os objetivos propostos, a pesquisa utilizada é de natureza Qualitativa e Exploratória. A Pesquisa Qualitativa considera que há uma relação dinâmica entre o mundo real e o sujeito, isto é, um vínculo indissociável entre o mundo objetivo e a subjetividade do sujeito que não pode ser traduzido em números. A interpretação dos fenômenos e a atribuição de significados são básicas no processo de pesquisa qualitativa, não requer o uso de métodos e técnicas estatísticas. O ambiente natural é a fonte direta para coleta de dados e o pesquisador é o instrumento-chave. É descritiva. Os pesquisadores tendem a analisar seus dados indutivamente e o processo e seu significado são os focos principais de abordagem.

A Pesquisa Exploratória visa proporcionar maior familiaridade com o problema com vistas a torná-lo explícito ou a construir hipóteses. Envolve levantamento bibliográfico; entrevistas com especialistas do setor; análise de exemplos que estimulem a compreensão. Assume, em geral, as formas de Pesquisas Bibliográficas e Estudos de Caso.

Para Yin (2005), estudo de caso é uma investigação empírica, um método que abrange o planejamento, técnicas de coleta de dados e análise dos mesmos. O conhecimento gerado a partir do estudo de caso é mais concreto, mais contextualizado. O estudo de caso qualitativo atende a quatro características essenciais: particularidade, descrição, heurística e indução. A primeira característica refere-se a uma situação, um fenômeno particular; a característica da descrição é a de um detalhamento completo e literal da situação investigada. A heurística refere-se à ideia de que o estudo de caso ilumina a compreensão do leitor sobre o fenômeno estudado, podendo “revelar a descoberta de novos significados, estender a experiência do leitor ou confirmar o já conhecido” (ANDRÉ, 2005). A última característica, indução, significa que, em sua maioria, os estudos de caso se baseiam na lógica indutiva.

Lüdke & André (1986) e Triviños (1987) enfatizam as características do estudo de caso como estudos que partem de alguns pressupostos teóricos iniciais, mas procuram manter-se constantemente atentos a novos elementos emergentes e importantes para discutir a problemática em questão.

2.1. O plano de pesquisa

A dissertação trata de analisar a aprendizagem na produção de bioenergia brasileira de produção de etanol de segunda geração. O Estudo contempla o levantamento sobre o setor sucroenergético no Brasil e os aspectos relativos ao sistema setorial de inovações. É na transição da 1ª geração para a 2ª geração que se encontra o escopo da pesquisa.

A população pesquisada é composta pelos agentes do sistema setorial de inovação sucroenergético contemplando assim firmas, organizações não-mercantis, institutos de pesquisa e indivíduos

Os instrumentos de coleta de dados para a pesquisa bibliográfica foram livros, artigos e publicações acerca da problemática para dar a base teórica necessária ao estudo. A Pesquisa também se apoia em informações obtidas em sites e instituições especializadas no assunto, os quais abordam fatos e dados atuais do setor. Para a coleta de dados do estudo de caso, realizaram-se entrevistas individuais em profundidade com 10 executivos, da GRANBIO e outros especialistas do setor sucroenergético de todo o Brasil. As entrevistas são não-diretivas, em que o respondente teve total liberdade nas suas respostas, e com roteiro semiestruturado, relacionado à problemática em questão. Esse tipo de abordagem permitiu relacionamento maior e mais flexível com o respondente e os dados resultantes têm mais profundidade e maior riqueza de contexto, bem como maior potencial para insights e perspectivas. Dos questionamentos do roteiro, orientaram-se questões para verificar: (i) qual a rede formada pelos agentes do setor; (ii) como ocorre o processo de pesquisa e desenvolvimento; (iii) questões acerca do apoio do Governo e instituições do sistema setorial; (iv) questões sobre as parcerias realizadas; e (v) quais os principais desafios da nova tecnologia e as superações. O método Delphi foi utilizado para coleta de informações e se baseou num processo estruturado para o recolhimento e a síntese de conhecimentos de um grupo de especialistas por meio de uma série de questionários, acompanhados de um feedback organizado de opiniões (Adler & Ziglio, 1996). O roteiro de entrevista e as sugestões de questões utilizadas nas entrevistas podem ser observados nos anexos.

No quadro 3 observa-se as medidas empíricas que serviram de base para as observações do estudo.

Quadro 3 : Variáveis operacionais e proxys do estudo.

VARIÁVEIS OPERACIONAIS	MEDIDAS EMPÍRICAS (PROXY)
Aprendizado	- Fontes de Aquisição de conhecimento endógeno e exógeno - Processos de conversão de conhecimento.
Geração de conhecimento	- Linhas de P&D - Redes de pesquisa própria.
Introdução de novos conhecimentos	- Aquisição de conhecimentos externos -Redes de pesquisa externas -Licenciamento de tecnologia
Spillover	- novas técnicas e tecnologias da indústria de 2G incorporadas aos processos produtivos da indústria de 1G
Transformação industrial	- Perspectivas de crescimento e ganhos da indústria com novos produtos, desenvolvimento de novas tecnologias e novos mercados. - Análise da base de conhecimento envolvida no desenvolvimento da tecnologia para solução de problemas - Levantamento de esforços de pesquisa de desenvolvimento para resolução dos problemas tecnológicos -Natureza das firmas envolvidas no processo de busca de soluções
Sistema Setorial de inovação	- Agentes envolvidos nos processos de P&D - Troca de conhecimento entre os agentes.

Fonte: Elaborado pela autora.

2.3. O Método Delphi de coleta de dados

O método Delphi foi utilizado nessa pesquisa como método de coleta de dados e construção do estudo de caso. Esse método busca um consenso de opiniões dentro de um grupo de especialistas a respeito de um tema, explorando a experiência coletiva de um grupo selecionado em um processo interativo. O método se mostra muito útil para uma análise qualitativa da indústria em tela, permitindo que se projetem tendências futuras em face de discontinuidades tecnológicas e mudanças socioeconômicas. Sua aplicabilidade é maior em casos envolvendo questões científicas e tecnológicas e valores sociais, que são dificilmente tratáveis simultaneamente por

outras abordagens. A confirmação da escolha da metodologia Delphi em confronto com outras técnicas de previsão deve se dar em função das características do estudo, tais como a inexistência de dados históricos, necessidade de abordagem interdisciplinar e perspectivas de mudanças estruturais no setor.

A base do método envolve um questionário elaborado pelo pesquisador e enviado a um grupo de especialistas participantes previamente selecionados, os quais responderão o questionário individualmente e posteriormente recebem um feedback das respostas do grupo, quando, então, respondem a um novo questionário. Esse processo se repete continuadas vezes até que seja obtida uma convergência das respostas, um consenso que representa uma consolidação do julgamento intuitivo do grupo. O método provê: a) comunicação estruturada, b) anonimato dos participantes, c) retorno aos participantes após cada etapa do processo interativo, d) respostas estatísticas baseadas no grupo. Por conseguinte, a realização de uma única rodada do questionário elimina a possibilidade de interação e busca de consenso; da mesma forma, a quebra do anonimato prejudica as condições necessárias para caracterizar o método e o mesmo perde o rigor científico.

2.4. Sequência de Execução da Pesquisa Delphi

A pesquisa realizada é baseada no método de estudo de caso da empresa GRANBIO, que é a firma pioneira na transformação da produção de etanol de 1ª geração (1G) para 2ª geração. Como pano de fundo, para referendar as observações realizadas nessa empresa, foram realizadas entrevistas com especialistas do setor sucroenergético de todo o Brasil.

Foi realizada a busca de informações sobre o tema, recorrendo à literatura especializada e a entrevistas com técnicos do setor a fim de dar o respaldo necessário para prosseguir a pesquisa.

Estruturou-se, então, um primeiro modelo do questionário (anexo 1). O questionário em geral é bastante elaborado, apresentando para cada questão uma síntese das principais informações conhecidas sobre o assunto e, eventualmente, extrapolações para o futuro, de forma a homogeneizar linguagens e facilitar o raciocínio orientado para o futuro. As perguntas serão abertas de ordem Qualitativa.

Paralelamente à elaboração do primeiro questionário, foi feita a seleção dos especialistas do setor que irão participar da pesquisa. Buscou-se uma distribuição equilibrada entre elementos de dentro e de fora da entidade interessada. Selecionou-se representantes da universidade, de institutos de pesquisa, da indústria de 1G e 2G e outros setores da sociedade. A qualidade do resultado depende essencialmente dos participantes do estudo. Os profissionais selecionados foram contatados individualmente pela pesquisadora, que lhes explicou o que é a técnica Delphi, qual o objetivo do estudo em questão e a importância da participação deles no referido estudo.

A primeira rodada foi realizada através de entrevistas presenciais, seguindo o roteiro de perguntas do questionário 1, foi feita uma explicação dos motivos do projeto. Quando realizada a 1ª rodada, foram sintetizadas as respostas, as justificativas e opiniões qualitativas, e as evidências.

Após a análise da 1ª rodada, houve a necessidade de incorporação de novas questões na 2ª. rodada. A segunda rodada do questionário Delphi apresenta obrigatoriamente um feedback dos resultados do primeiro questionário, possibilitando que cada respondente reveja sua posição face à previsão e argumentação do grupo, em cada pergunta. Por incluir os resultados da rodada anterior e, ocasionalmente, novas questões, o segundo questionário geralmente é mais extenso que o primeiro. As questões em geral objetivam a convergência de resultados da primeira rodada, e são discutidas à luz da argumentação dos painelistas. Foi adicionado as entrevistas o quadro para exame do processo de aprendizagem desenvolvida por Bell & Pavitt (1995) e adaptado por Figueiredo (2001,2003). Os painelistas atribuíram intensidade e evidências sobre os esforços de aprendizagem desenvolvidos pelo setor atribuídos a 4 grupos distintos de análise: aquisição interna de conhecimento, aquisição externa de conhecimento, codificação de conhecimento e socialização do conhecimento.

Após análise das respostas do segundo questionário, atingiu-se um grau satisfatório de convergência de previsões que possibilitou a construção de duas tabelas que sintetizam o estudo em discursão nessa dissertação e verificou-se a necessidade de se realizar a 3ª rodada.

Na execução da 3ª rodada, foram apresentadas as duas tabelas com a consolidação das respostas e dada a oportunidade dos painelistas reavaliar suas

respostas à luz das respostas e das justificativas dadas pelos demais respondentes. As divergências de opiniões entre especialistas se reduziram a um nível inexistente, com a concordância de todos na síntese apresentada, sendo assim a resposta da última rodada é considerada como a previsão do grupo.

Finalmente, na 3ª rodada de questionários foi possível à consolidação das respostas com a concordância de todos os especialistas. Apresentando-se, assim, as justificativas para cada opinião, pôde-se realizar o relatório final do trabalho. Essas respostas são as que serão apresentadas nos capítulos seguintes dessa dissertação.

3. DESCRIÇÃO SINTÉTICA DA COEVOLUÇÃO DA INDÚSTRIA, TECNOLOGIA E AMBIENTE INSTITUCIONAL DO SETOR SUCROENÉRGICO

A agroindústria sucroalcooleira no Brasil é marcada por forte regulação estatal desde 1930 até a década de 90, intervenção que regulava a produção e os preços entre as regiões produtoras. Ao longo dos anos 1990, houve uma mudança institucional, um processo de liberalização que resultou em uma progressiva redução da intervenção do governo na determinação do preço do etanol, que passou a flutuar ao sabor da oferta e da demanda.

Ao final dos anos 90, a indústria se deparou com um ambiente novo e competitivo, aberto à entrada de capital estrangeiro, e foi forçada a buscar estratégias nunca antes utilizadas. As firmas foram forçadas a buscar maior competitividade, produtividade e redução de custos, já que o risco passou a estar presente no negócio. Iniciam-se, então, os esforços inovativos do setor e a reestruturação do sistema setorial de inovação. Muitos trabalhos estudaram as mudanças ocorridas nessa década, dentre eles destacamos Rosário (2008), Belik & Vian (2002), Shikida (2002), Moraes (2000).

Os resultados dos esforços inovativos culminaram em uma trajetória positiva de aprendizagem tecnológica, fortemente baseada em inovações incrementais. Esse caminho virtuoso de inovação/difusão levou ao aumento de produtividade e à redução dos custos de produção nas etapas agrícola e industrial, e o Brasil se tornou referência internacional nas pesquisas envolvendo bioenergia. Surge, então, um novo panorama baseado na exploração da biomassa e na emergência das biorrefinaria, e, assim, um conjunto de possibilidades tecnológicas baseadas na alcoolquímica. A indústria química desenvolve o processo de hidrólise enzimática e, com isso, a produção do etanol de segunda geração é incorporada ao setor sucroenergético.

A agroindústria sucroalcooleira é uma das mais tradicionais do país e está vivendo um momento de mudanças industriais e institucionais, que modificam toda a estrutura do setor. As firmas existentes devem lidar com mudanças tecnológicas, e é de suma importância que os principais agentes do processo de desenvolvimento

tecnológico, como as universidades, os institutos de pesquisa, empresas privadas e estatais, direcionem os esforços inovadores para a trajetória existente e deem o devido incentivo ao suporte da trajetória emergente. Afirmam Olmos, Ruester, & Liong (2012) que os instrumentos de políticas públicas são importantes para a consolidação de uma energia alternativa, pois já existe uma infraestrutura organizada para as energias fósseis. O bioetanol a partir da cana, apesar da sua história no Brasil, ainda não é tratado como um produto energético básico, e somente a partir de 2011 o Governo Federal passou a considerar o bioetanol como um combustível, passando a ser oficialmente regulamentado pela Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP), o que configurou uma tentativa de avanço na regulação do etanol.

3.1. Os principais esforços relacionados à tecnologia de etanol de segunda geração no Brasil

O primeiro esforço de pesquisa para o etanol celulósico no Brasil data dos anos 1970. Em 1977, a Fundação de Tecnologia Industrial (FTI), pertencente à Universidade de São Paulo (USP), abordava pesquisas que utilizavam um processo de hidrólise ácida (com ácido sulfúrico concentrado) e a madeira (*eucalyptus panicutata*) como matéria-prima. A FTI operou uma planta em escala piloto dos anos 1970 a 1980.

Após essa iniciativa, em 1979, surge o projeto chamado HIDROCON (Hidrólise Contínua), desenvolvido pela Companhia de Desenvolvimento Tecnológico (CODETEC) em conjunto com a Companhia Aços Villares e a Universidade Estadual de Campinas. O projeto, que utilizava primeiro a palha de arroz e depois o bagaço de cana como matéria-prima, atingiu a escala piloto e foi descontinuado, pois os rendimentos eram baixos, o que tornava a pesquisa inviável economicamente (CARDOSO, 2008).

Outra iniciativa da mesma época foi importada e desenvolvida pela COALBRA – Coque e Álcool da Madeira S/A. O processo produtivo adotado apoiava-se na hidrólise ácida, que empregava ácido sulfúrico diluído. Criada em 1979 em Uberlândia, era uma empresa de economia mista, vinculada ao Ministério da Agricultura (COALBRA, 1983). Essa experiência fracassou devido aos elevados custos da hidrólise.

Na década de 1980, a Dedini - empresa de bens de capital para o setor sucroalcooleiro - decidiu investir em pesquisa para a hidrólise ácida com alguns aprimoramentos e aplicada ao bagaço da cana-de-açúcar. Foi uma parceria entre a Dedini, o Copersucar e a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), em 2002, por meio do Programa Parceria para Inovação Tecnológica (PITE), que propiciou a construção de uma planta semi-industrial, instalada na Usina São Luiz, em Pirassununga (SP) (CGEE, 2009).

Percebe-se que o etanol celulósico teve uma primeira fase ligada ao Proálcool devido à criação de um mercado para o bioetanol. Porém, não houve um plano diretor para o desenvolvimento de tecnologias para esse biocombustível, muito menos via hidrólise.

Após os anos 2000, com o aumento dos preços do petróleo e de fontes energéticas fósseis, houve uma retomada do interesse pelo etanol celulósico, ocasião em que as energias alternativas voltam a ganhar espaço nas pautas de discussão e são impulsionadas pela questão ambiental, especialmente da diminuição dos gases de efeito estufa (GEE). Nessa segunda fase, a política para o bioetanol vem com uma nova configuração.

O principal estímulo é consagrado com um estudo chamado “Energias Renováveis: Etanol de Cana”, que ficou conhecido como “Projeto Bioetanol”, realizado em 2005. O Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT, atual MCTI), através do Centro de Gestão de Estudos Estratégicos (CGEE), encomendou uma pesquisa ao Núcleo Interdisciplinar de Planejamento Energético (NIPE/Unicamp) a fim de demonstrar o potencial de expansão da produção do etanol brasileiro. A pesquisa revelou que o Brasil teria condições para substituir 10% da gasolina consumida no mundo pelo bioetanol a partir da cana-de-açúcar em 2025, e mapeou os gargalos tecnológicos a serem superados (CGEE, 2009). Essa pesquisa levou à criação do Laboratório Nacional de Ciência e Tecnologia do Bioetanol (CTBE).

Diante desse contexto, merecem destaque os seguintes esforços:

- 1 A criação do Laboratório Nacional de Ciência e Tecnologia do Bioetanol (CTBE), vinculado ao Ministério de Ciência e Tecnologia, com objetivo de viabilizar a intenção brasileira de substituir 10% de toda a gasolina consumida no mundo até 2025. As atividades do CTBE estão estruturadas em dois pilares: a pesquisa externa e a

interna. Os estudos internos são realizados por pesquisadores do laboratório e divididos em três linhas:

- a) Estudo da conversão de energia solar em biomassa, ou seja, a obtenção dos açúcares contidos na parede celular da cana;
- b) Estudo da conversão de biomassa em etanol, cujo principal objetivo é obter conhecimento para a concepção de usinas integradas, que realizem a disponibilização do material lignocelulósico, hidrólise e fermentação;
- c) Estudo da conversão de etanol em energia mecânica (pesquisa em motores movidos a etanol). A pesquisa externa ocorrerá via cooperação com empresas privadas, universidades e institutos de pesquisa nacionais e também internacionais.

2 O programa Bioenergia (Bioen), pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (Fapesp), com o objetivo de estimular e articular P&D relacionado à produção de etanol. A Bioen é composta por três empresas, seis universidades com seus diversos departamentos, quatro institutos, um centro de pesquisa, uma agência e uma associação de tecnologia, todos localizados no Estado de São Paulo. Hoje, abrange cinco linhas de pesquisa:

- a) Biomassa para bioenergia, concentrada em cana-de-açúcar, incluindo genoma, bioquímica, biologia celular, fisiologia, melhoramento genético e tecnologias de cultivo de cana;
- b) Processo de fabricação de biocombustíveis, cujos estudos estão voltados para o aumento da produtividade de etanol por tonelada de cana e redução do uso de água, energia e impactos ambientais do processo – é nessa linha que se encontram os estudos relacionados ao etanol celulósico;
- c) Biorrefinarias e alcoolquímica, focada no desenvolvimento de produtos de alto valor agregado a partir de matérias-primas renováveis (derivados químicos e petroquímica);
- d) Aplicações do etanol para motores automotivos;
- e) Pesquisa sobre os impactos socioeconômicos, ambientais e uso da terra.

3 O CTC iniciou o desenvolvimento de capacidades tecnológicas para produzir etanol a partir da biomassa de cana-de-açúcar (bagaço e palha) com um projeto inovador, que será integrado aos processos de geração de etanol existentes

em mais de 400 usinas, atuando em parceria com a Novozymes, maior produtora mundial de enzimas (CTC, 2010).

4 A criação do Plano de Apoio à Inovação Tecnológica Industrial dos Setores Sucroenergético e Sucroquímico (PAISS), com foco para o etanol celulósico. Esse programa de financiamento representa um avanço no apoio à ciência e tecnologia da produção do etanol, em seus vários aspectos. Além do mais, seu objetivo é proporcionar articulação entre governo e os atores do setor sucroalcooleiro. Essa é uma iniciativa conjunta por parte do Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) e da Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP) para o fomento de projetos de novas usinas e destilarias que utilizem novas tecnologias para a produção de energia a partir da cana-de-açúcar (biomassa), na tentativa de gerar maior coordenação e integração do apoio financeiro disponível.

Como resultado dos esforços em pesquisa e desenvolvimento dos projetos relacionados à produção e comercialização da nova tecnologia, derivados da iniciativa privada, nos dias atuais, já entraram em operação as três primeiras usinas comerciais para produção de etanol de segunda geração listadas abaixo:

a. GRANBIO, em parceria com a Usina Caeté, localizada no município de São Miguel dos Campos, no Estado de Alagoas, com capacidade de produção estimada em 82 milhões de litros/ano. Firmou parcerias com a Beta Renewables, que licenciou a tecnologia Proesa para construção e operação da primeira planta de segunda geração do Brasil; com a DSM, gigante holandesa que tem acordo para fornecimento de leveduras industriais para fermentação de etanol celulósico; e com a multinacional dinamarquesa Novozymes, a fornecedora de enzimas para hidrólise de celulose.

b. Usina Boa Vista, em parceria com a PETROBRAS, localizada no município de Quirinópolis, em Goiás, com capacidade de produção de 40 milhões de litros/ano.

c. RAIZEN, com a planta industrial localizada na Usina Costa Pinto, em Piracicaba (SP). Sua operação está prevista para o final do ano - safra 2014/2015, com capacidade de 40 milhões de litros/ano. Firmou parceria com a canadense Iogen Energy, empresa com experiência no desenvolvimento de biocombustíveis celulósicos; e com a empresa dinamarquesa Novozymes, para utilização da tecnologia de enzimas específica para a produção do etanol de segunda geração nessa etapa.

Assim, essas tecnologias centrais moldam as vantagens e desvantagens absolutas gerais de cada país. Os padrões de mudança técnica de cada país nessas tecnologias não se equiparam às aptidões tecnológicas em outras atividades, mas são complementares a elas. Essas tecnologias centrais com frequência também implicam a construção de infraestruturas e de redes básicas comuns a uma ampla gama de atividades (como, por exemplo, a malha elétrica, o sistema rodoviário, as redes de informação telecomunicações).

As instituições podem ser vistas como tecnologias sociais (Nelson & Sampat, 2001) controlando externalidades e conformando ou não padrões de atividades inovativas, estruturas de incentivos subjacentes, investimento, propensão a poupar, treinamento de mão-de-obra e competências socialmente distribuídas. Por sua vez, as instituições que governam tais externalidades e complementaridades fazem-no também administrando as regras de interação entre os agentes, moldando as crenças destes e as informações a que podem ter acesso, seu ethos e suas normas de comportamento. (Para uma discussão mais detalhada, ver Hoff & Stiglitz, 2001.)

4. RESULTADOS

Nessa parte da dissertação, a análise se inicia com a apresentação do estudo de caso da empresa GRANBIO, a primeira planta em escala comercial de etanol de segunda geração (2G) entrou em operação em setembro de 2014 e a partir da teoria neoschumpeteriana serão evidenciados os padrões de aprendizagem da indústria com o surgimento da tecnologia de 2G, o surgimento de novas trajetórias tecnológicas advindas do novo paradigma, evidenciando as dependências e complementariedades das indústrias de 1G e 2G e os aspectos relativos ao sistema setorial de inovação darão apoio a emergência dessa nova tecnologia.

Esse capítulo está dividido em três seções e uma conclusão, a primeira seção irá analisar a GRANBIO, sua estrutura produtiva da indústria e seu modelo de negócio, identificando os agentes e seus papéis no SSI que estão relacionados ao consórcio. A segunda seção irá trabalhar os processos de aprendizagem e acumulação de conhecimento do setor apresentando um comparativo entre 1G e 2G. E a terceira mostrará as perspectivas das trajetórias do novo paradigma e trajetórias em cada etapa do processo de produção da 2G, identificar e analisar possíveis spillovers da tecnologia de 2G para o setor, e em que aspectos as capacidades tecnológicas de primeira geração contribuem para o sucesso da trajetória de segunda geração.

4.1. O caso Granbio

4.1.1 A empresa

Fundada em 2011, a GRANBIO é uma empresa que, através da biotecnologia, cria soluções para transformar biomassa em produtos renováveis, como biocombustíveis e bioquímicos. É a primeira indústria da América Latina a atuar nesse segmento e a 4ª do mundo. O incentivo ao investimento está evidenciado e explicado pela teoria de Dosi (1984) que afirma que posições monopolísticas temporárias (e/ou oligopolísticas de longo prazo) em novos produtos ou processos parecem agir como poderoso incentivo para a atividade inovativa.

Além da tecnologia utilizada nos processos de produção, outro grande diferencial é o modelo de negócio, que integra todas as etapas da cadeia produtiva, desenvolvendo pesquisas desde a produção da matéria prima até a distribuição do

produto final, sempre com muita sinergia com parceiros e fornecedores. A GranBio é controlada pela GranInvestimentos S.A., holding da família Gradin, e tem a BNDESPar, empresa de participações do BNDES, como acionista minoritário, com 15% do capital total. A primeira grande concretização do trabalho da GranBio é a fábrica Bioflex 1 que opera a primeira planta em escala comercial de etanol de segunda geração (2G) do Hemisfério Sul, um projeto sem precedentes na indústria brasileira, está em funcionamento desde setembro de 2014, em Alagoas. A palha e bagaço de cana-de-açúcar, que era descartada ou queimada nos canaviais, são a matéria-prima para a produção. Instalada no município alagoano de São Miguel dos Campos, distante 55 quilômetros do porto de Maceió, a unidade entrou em operação em setembro de 2014. Tem capacidade para produzir 82 milhões de litros do biocombustível por ano.

Um conjunto de tecnologias (pré-tratamento, hidrólise enzimática e fermentação) permite a transformação de palha e bagaço de cana-de-açúcar em um combustível avançado, limpo e que não compete com alimentos.

Freeman & Perez (1988) afirmam que para surgir um paradigma, que aparece sempre no ambiente do paradigma anterior, o novo precisa ter vantagens comparativas e assim dar o estímulo necessário para as mudanças no ambiente e o surgimento e consolidação do novo padrão. As vantagens que o novo paradigma deve apresentar podem estar relacionadas a custos, a oferta e ter potencial de difusão rápida e incorporação em outras tecnologias. Assim, a Granbio buscou um modelo de negócio atrelado a uma indústria de 1G para se inserir na cadeia produtiva do setor sucroenergetico, diluindo custos e mitigando riscos em busca das vantagens comparativas da nova tecnologia.

A GRANBIO acredita que seu sucesso depende dos esforços no desenvolvimento de tecnologias e para isso possui um Centro de Pesquisas em Biologia Sintética, localizado em Campinas e uma Estação Experimental para desenvolvimento de novas fontes de biomassa, em Alagoas.

O modelo de negócios criado pela GranBio dá à companhia uma posição privilegiada no mercado. Ele integra um complexo arranjo que envolve a construção da fábrica, o desenvolvimento de matérias-primas e de tecnologias para produção de renováveis, a venda garantida ao Cliente final e a estrutura de capital, montada para mitigar o risco dos investimentos.

4.1.2. As empresas que compõem o modelo de negócio e a rede de pesquisa e desenvolvimento da GRANBIO.

A Granbio estruturou o negócio em uma rede que desenvolve pesquisas desde a produção da matéria prima até a distribuição do produto final e conta com muita sinergia com parceiros e fornecedores, para conseguir resultados na forma de inovações, conhecimento e capacidades tecnológicas que se transformem em lucros.

As áreas de atuação da GRANBIO foram divididas em três para melhor compreensão do modelo de negócio, estrutura de negócio relacionada a biocombustíveis, bioenergia e bioquímicos.

Relacionado à produção de etanol de 2G, a Granbio possui 5 empresas como subsidiárias para desenvolvimento e estruturação do seu negócio, sendo elas: 1) BioVertis, investe no desenvolvimento de novas cultivares de alto conteúdo celulósico, desenvolvimento de cana-energia. E conta com uma Estação Experimental, em Alagoas, para desenvolvimento de novas fontes de biomassa, é parceira da RIDESA e do IAC. 2) BioCelere, Empresa de Pesquisa e Desenvolvimento para melhoramento genético de leveduras industriais empregadas na produção de bioquímicos e biocombustíveis de segunda geração e Testes das tecnologias industriais, conta com um Centro de Pesquisas em Biologia Sintética localizado em Campinas. 3) BIOEDGE Empresa de produção, em escala comercial, de biocombustíveis e bioquímicos. 4) BIOPLANT, provedora de soluções industriais integradas, com criação de clusters ligados a unidades produtivas de seus clientes. 5) BIOFLEX 1 – primeira planta de etanol celulósico com tecnologia PROESA.

Desde 2013, a GRANBIO também tem participação na empresa americana de tecnologias limpas, American Process Inc., API. Que desenvolve projetos de pesquisa e desenvolvimento. Para a produção de Bioenergia, ela possui uma parceria com o grupo Carlos Lyra. Na área de bioquímicos, é parceira da Rhodia - empresa do Grupo Solvay. As duas empresas testam tecnologias de parceiros para a conversão de biomassa em bioquímicos.

A Bioflex 1, unidade industrial da GranBio, é a primeira fábrica de etanol celulósico em escala comercial do Hemisfério Sul e o projeto mais inovador da

indústria sucroalcooleira desde o Proálcool. O Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) aprovou financiamento de R\$ 300 milhões para a construção da primeira planta de etanol celulósico da GranBio.

O Banco do Nordeste financiou máquinas e equipamentos que possibilitam a operação da Bioflex 1.

Beta Renewables é uma Jointventure entre a italiana BioChemtex, o fundo TPG e a Novozymes, a Beta Renewables licenciou a tecnologia Proesa® para operação da fábrica.

Biochemtex é subsidiária do grupo italiano Mossi & Ghisolfi e tem um acordo para fornecimento de equipamentos críticos para a planta de etanol celulósico.

A empresa holandesa DSM fornece leveduras industriais para fermentação do etanol celulósico.

A Novozymes é uma multinacional dinamarquesa fornecedora de enzimas para a hidrólise de celulose.

Grupo Carlos Lyra, tradicional produtor de etanol de primeira geração, é parceiro da GranBio na primeira planta.

A teoria de Dosi (1993) sobre revolução biotecnológica afirma que o desenvolvimento de uma tecnologia implica na coparticipação de velhos agentes com o surgimento de novos agentes, novas empresas; um processo em que, provavelmente, há mais descontinuidade tecnológica do que descontinuidade organizacional. Identifica-se a Granbio como o novo agente e as demais empresas acima relacionadas são exemplos de coparticipação no desenvolvimento da tecnologia e já eram firmas representativas que se depararam com o novo paradigma no setor. É fato que as firmas são os principais agentes, ao conduzirem processos de aprendizado e realizarem inovação a partir de suas competências e sua base de conhecimentos adquiridos e acumulados ao longo do tempo. Às organizações do tipo não firma cabe a função de suporte à inovação, de acumulação de competências e de evolução das bases de conhecimento.

4.1.3 As Etapas Do Processo E Os Vetores De Inovação

Os primeiros desafios da nova tecnologia estão relacionados a parte agrônômica e a produção de matéria prima. A GRANBIO desenvolve pesquisa em parceria com o Instituto Agrônômico de Campinas (IAC) e a Rede Interuniversitária para o Desenvolvimento do Setor Sucroenergético (Ridesa), através da Universidade Federal de Alagoas e o programa PMGCA. De acordo com Malerba (2002), um sistema setorial é um conjunto de agentes realizando interações de mercado e não mercado para criação, produção e vendas desses produtos. Um sistema setorial possui uma base de conhecimento, tecnologias, insumos e demandas específicas. Os agentes de um SSI podem ser indivíduos ou organizações, os quais interagem por meio de processos de comunicação, troca, cooperação, concorrência e comando, sendo que essas interações são moldadas por instituições. Um sistema setorial sofre mudanças e transformações através da coevolução de seus vários elementos.

A GranBio escolheu Alagoas para desenvolver a CanaVertix® porque a região tem um microclima ideal para hibridização e seleção da variedade. Por isso, desde maio de 2013 mantém, no município de Barra de São Miguel, uma Estação Experimental. Com 60 hectares de área, tem foco no desenvolvimento de cana-energia, mas estuda também outras fontes de biomassa para futuras unidades industriais.

Para desenvolver a Cana-Vertix®, a cana-energia da GranBio, os cientistas buscaram sementes em bancos de germoplasmas do Brasil e do mundo. A cana-energia é uma variedade desenvolvida a partir do cruzamento genético de tipos ancestrais e híbridos comerciais de cana-de-açúcar. O resultado é uma cana mais robusta, com maior teor de fibra e potencial produtivo, ideal para fabricação de biocombustíveis e bioquímicos de segunda geração. Uma de suas maiores vantagens é poder ser plantada em áreas degradadas de pasto - não competindo, assim, com alimentos - e colhida em qualquer período do ano. E o potencial é enorme: o Brasil tem 32 milhões de hectares de pastagens degradadas que podem ser ocupadas com cana-energia, mais do que toda a área agricultável da Europa. Sua rusticidade permite ainda outros ganhos: a planta exige menos água e menos insumos para crescer. Tudo

isso, aliado a uma alta produtividade, faz da cana-energia uma das matérias-primas mais competitivas atualmente.

A GranBio mantém alianças com usinas de primeira geração para o fornecimento da matéria-prima, fator crítico de competitividade para produção de renováveis. Em conjunto com os parceiros - CNH, Valtra e Implanor - a companhia desenvolveu um sistema inovador de colheita, armazenamento e processamento de palha de cana-de-açúcar equivalente a 400 mil toneladas por ano para a Bioflex 1. Trata-se de um dos maiores e mais competitivos do mundo. O processo não compromete as lavouras de cana-de-açúcar e só é possível em áreas que possuem colheita mecanizada. O processo de armazenagem dessa palha apresenta um grande desafio para o sucesso da nova tecnologia. É necessário pesquisa de desenvolvimento voltada à diminuição de custos e melhores condições de armazenagem para inserir a palha no processo industrial.

O processo industrial é realizado em três etapas cruciais para chegar ao produto final. No pré-tratamento, a biomassa é preparada para que a celulose e a hemicelulose sejam acessadas. Na etapa seguinte, a hidrólise enzimática, a celulose e a hemicelulose são quebradas em moléculas de açúcares simples (como glicose e xilose), pela ação de enzimas. Por fim, na fermentação, esses açúcares são transformados em etanol com o uso de leveduras. A GranBio reuniu empresas detentoras das mais avançadas tecnologias no mundo para a produção de etanol 2G.

A PROESA[®], tecnologia desenvolvida pela Biochemtex e utilizada na planta comercial da Beta Renewables, é usada pela GranBio em sua primeira planta de etanol celulósico. Há também os fornecedores de enzimas, a dinamarquesa Novozymes, e de leveduras, a holandesa DSM.

A escolha do Brasil e da cidade de São Miguel dos Campos para instalação da primeira Fábrica de Etanol 2G foi estratégica. O Brasil tem grande potencial para o consumo de etanol combustível, uma vez que a estrutura de distribuição e abastecimento deste combustível já existe, e o consumo de etanol combustível no Brasil data da década de 70. O grande determinante para competitividade do combustível é o preço. É mister que o abastecimento do mercado interno é crucial para o sucesso do negócio da GranBio, mas visando o mercado externo,

principalmente as exportações para o estado da Califórnia, EUA. A fábrica está situada a 50 km do porto de Maceió.

Na produção de etanol 2G, tudo é reaproveitado, do começo ao fim do processo. Na fábrica da GranBio, a lignina, um dos subprodutos da produção do 2G, é queimada junto com o bagaço para gerar energia elétrica. Uma solução de bioenergia inédita no Brasil, pois é a primeira vez que a lignina será usada para esse fim na indústria sucroalcooleira. Trata-se de um processo ainda mais sustentável que o da primeira geração, tanto pela baixíssima quantidade de CO₂ lançada na atmosfera quanto pela quantidade de resíduos gerada.

O sistema de cogeração, uma parceria entre a GranBio e o grupo Carlos Lyra, tem uma capacidade de geração de vapor de 200 toneladas por hora. Ele abastecerá as duas usinas e ainda vai exportar um excedente para a rede de 135 mil MWh/ano, o suficiente para abastecer uma cidade de 300 mil habitantes.

O sistema permanecerá em operação durante onze meses no ano, o equivalente a oito mil horas, no período de safra e entressafra da usina Caeté. O projeto reforça uma tendência irreversível no mercado de energia do Brasil.

Em agosto de 2013, a GranBio fechou parceria com a multinacional Rhodia, empresa do grupo Solvay, para a produção de químicos de fonte renovável.

O objetivo é construir no Brasil a primeira planta mundial de bio n-butanol, composto químico fundamental para a produção de tintas e solventes.

As duas empresas testam tecnologias de parceiros para a conversão de biomassa em bioquímicos.

A firma, principal elemento do SSI, é responsável pela transformação dos inputs em outputs. Ela é caracterizada por processos específicos de aprendizagem, competências e organizações (rotinas), os quais conduzem suas ações, suas expectativas e os seus objetivos. A partir destes princípios, A Granbio interage com os demais agentes do SSI, tais como universidades, institutos de pesquisa, agências regulatórias, consumidores, fornecedores entre outros. Os agentes interagem através de processos de comunicação, troca, cooperação, competição e comando, e assim estabelecem networks (redes de inter-relação) que criam canais e mecanismos de aprendizado interativo, elemento essencial para o processo de inovação (LUNDVALL, 2009; JOSEPH, 2009).

4.2. Processos De Aprendizagem

A aprendizagem é definida por Bell (1984) como os vários processos formais e informais pelos quais as habilidades e conhecimentos são adquiridos pelos indivíduos e convertidos, por meio deles, para o nível organizacional. Figueiredo relaciona os principais processos de aprendizagem utilizados em 4 grupos distintos: aquisição interna de conhecimento, aquisição externa de conhecimento, codificação de conhecimento e socialização do conhecimento. Dentro desses grandes grupos, serão listados e avaliados os esforços desenvolvidos pelas empresas do setor, surge então uma matriz comparativa. Como a convergência de opiniões coletadas na pesquisa sobre a tecnologia de 1G e 2G e as informações relativas a esforços de aprendizagem coletadas, foi possível construir um comparativo com duas trajetórias tecnológicas de setor à luz da estrutura desenvolvida por Bell & Pavitt (1995) e adaptado por Figueiredo (2001,2003) para exame dos processos de aprendizagem do sucroenergético. Percebe-se que, à luz da opinião dos especialistas no setor, os processos de aquisição de conhecimento externo e interno são mais presentes e intensos no âmbito da tecnologia de 2G. Isso se relaciona a grande necessidade de desenvolvimento da tecnologia, e de aprendizado. Malerba (1992) define o aprendizado como derivado de fontes de conhecimento internas e externas, o qual resulta na ampliação do estoque de conhecimentos que se acumula na firma. Nesse contexto, a firma é um acúmulo de conhecimento produtivo e tecnológico e está sempre em busca de soluções mais vantajosas dentre diversas oportunidades possíveis.

Quadro 4 : Matriz comparativa da intensidade dos Principais Processos De Aprendizagem entre firma de 1G e 2G .

Aquisição externa de conhecimento	Intensidade 1G	Intensidade 2G
Contratação com consultores externos para realização de projetos	Baixa	Alta
Contrato com consultores externos para implantação de	Baixa	Alta

ferramentas de gestão.		
Contato com fabricantes nacionais	Media	Media
Contato com fabricantes estrangeiros	Baixa	Alta
Convênio com universidades	Media	Alta
Convenio com institutos de pesquisa	Media	Alta
Participação em seminários e congressos	Baixa	Alta
Treinamento externo nacional	Media	Alta
Treinamento externo internacional	Baixa	Alta
Aquisição interna de conhecimento		
Treinamentos internos	Media	Alta
Busca	Alta	Alta
Atividades de P&D Campo	Media	Alta
Atividades de P&D industrial	Baixa	Alta
Atividades de P&D maquinas e equipamentos	Baixa	Alta
Codificação de conhecimento		
Codificações e especificações de materiais e sistema	Alta	Alta
Banco de dados para arquivo da engenharia	Alta	Alta
Criação de padrões de projetos	Alta	Alta
Sistemas de controle gerenciais	Alta	Alta
Socialização do conhecimento		
Soluções compartilhadas de problemas	Media	Alta
Solução compartilhada de problemas junto com fabricantes	Media	Alta
Desenvolvimento de especificações em conjunto com fabricantes	Baixa	Alta
Desenvolvimento de especificações em conjunto com outras áreas da empresa	Baixa	Alta
Rotação no trabalho, trabalhos em grupo	Baixa	Media

Fonte : adaptado de figueiredo(2001,2003) e derivado do estudo empírico

Ao comparar intensidade dos principais processos de aprendizagem da 1G e 2G, evidencia-se uma grande lacuna da firma de 1G nos processos de aquisição de conhecimento. Restou evidenciado que a firma de 2G é muito mais intensa em adquirir e desenvolver tecnologia do que a firma de 1G. Esse fato é explicado pela necessidade da GRANBIO desenvolver tecnologias para obter sucesso.

4.2.1. O Centro De Pesquisas e o aprendizado endógeno.

Para o desenvolvimento endógeno de conhecimento, a Granbio conta com o centro de pesquisa Biocelere, inaugurado em 2013, o Centro de Pesquisas em Biologia Sintética da GranBio, localizado no complexo do Techno Park, em Campinas.

Figueiredo (2001) complementa que a aprendizagem também deve ser entendida como um conjunto de processos que permite à empresa acumular capacidades tecnológicas ao longo do tempo. Conforme Bell (1984) e Figueiredo 2001 afirmam em seus escritos, observa-se que é através do Biocelere que a Granbio adquire conhecimento técnico e converte para o nível organizacional, isto é, conversão de conhecimento tácito individual em capacidades tecnológicas da empresa.

O foco principal dos esforços em pesquisa e desenvolvimento é ditado pelos desafios das trajetórias e contemplam o melhoramento genético de microrganismos, processamento de biomassa, desenvolvimento de processos de fermentação e de hidrólise enzimática. A equipe é formada por mais de 20 cientistas, sendo 11 PhDs.

Em um caso raro no setor, o Centro atua de forma multidisciplinar, em todas as etapas da cadeia produtiva - desde o campo, com o mapeamento genético da cana-de-açúcar e estudos de sua composição química, até a indústria, com o desenvolvimento de processos para conversão do açúcar celulósico em produtos renováveis.

Além de tecnologias próprias, o núcleo científico atua no co-desenvolvimento de tecnologias de parceiros. A noção de aprendizado utilizada neste trabalho está de acordo com Malerba (1992), que define o aprendizado como derivado de fontes de conhecimento internas e externas, o qual resulta na ampliação do estoque de conhecimentos que se acumula na firma. O centro de pesquisa funciona também como um radar para identificar e testar as melhores tecnologias de processo industrial de produção de bioquímicos e biocombustíveis disponíveis no mundo – incluindo aquelas que ainda estão em estágio inicial de desenvolvimento, mas que trazem um enorme potencial disruptivo. Nesse contexto, a firma é um acúmulo de conhecimento produtivo e tecnológico, e está sempre em busca de soluções mais vantajosas dentre diversas oportunidades possíveis.

A introdução de novo conhecimento, learning by interacting, é determinada pela interação com fontes de conhecimento, externo à firma, e evidenciado pelo fato da GranBio ser sócia da empresa americana de tecnologias limpas American Process Inc. Com o negócio, a companhia passou a ter acesso a uma plataforma proprietária de

pré-tratamento de biomassa que torna possível, com custos reduzidos, desenvolver açúcar de celulose como matéria-prima para a produção de grande variedade de renováveis. Fundada em 1995, a API assumiu uma posição de liderança no mercado de biocombustíveis ao produzir etanol celulósico em sua planta piloto pela primeira vez em 2013. Conta com uma equipe de 16 PHDs e tem mais de 120 patentes depositadas no EUA. Sua sede fica em Atlanta, no estado da Georgia, EUA. Possui ainda duas plantas de demonstração de tecnologia, em Thomaston (Georgia) e Alpena (Michigan).

As evidências mostram que o setor sucroenergético caminha rumo a uma descontinuidade que implica em um modelo de inovação mais forte e completo de learning by science. A pesquisa e o desenvolvimento na 1G eram principalmente caracterizados por learning by interacting, através da RIDESA (agronomia, genética tradicional), dominados por fornecedores, e 2G apresenta uma criação de conhecimento e aprendizado que é endógeno a firma, mais intenso, utilizando bases mais variadas de conhecimento.

Ao comparar os padrões de aprendizagem das firmas 1G e 2G, percebe-se que reside uma ruptura de rota tecnológica, exigindo alterações nos padrões de aprendizagem dentro das firmas, que tradicionalmente caracterizavam-se apenas por inovações incrementais (learning by doing, learning by using e learning by interacting), e com o advento da tecnologia de 2G desenvolvem pesquisa internamente.

4.3. O Novo Paradigma E Seus Possíveis Desdobramentos

Diante da convergência de opiniões dos especialistas no setor sucroenergético, é possível identificar a previsão dos painelistas sobre os desafios tecnológicos em cada etapa do processo de produção da 2G, identificar e analisar possíveis spillovers da tecnologia de 2G para o setor, e em que aspectos as capacidades tecnológicas de primeira geração contribuem para o sucesso da trajetória de segunda geração e como os agentes do SSI dará suporte ao desenvolvimento das novas trajetórias.

O início da cadeia produtiva é a produção de matéria prima, ou seja, para a tecnologia de 2G, a produção de Biomassa. Dando surgimento a inovação, a produção de etanol de 2G, que está inserida dentro de um novo paradigma tecnológico, e a biotecnologia. A literatura sugere esse paradigma como sendo o direcionador do

progresso técnico, e a mudança de um paradigma geralmente implica na mudança da trajetória tecnológica (DOSI, 1988).

A teoria permite perceber claramente os desafios do novo paradigma, dada trajetória escolhida pela Granbio, produção de Etanol de biomassa, e os caminhos que estão sendo percorridos para buscar alternativas para solução de problemas. Sendo o primeiro desafio a produção de matéria prima, biomassa, percebe-se que a fonte escolhida foi a cana-de-açúcar, escolha justificada principalmente por disponibilidade e produtividade dentro do Brasil. O novo paradigma modifica o foco central do desenvolvimento de pesquisa dentro dessa cultura que deixa de ser o teor de sacarose e passa a ser a produção biomassa, ou seja, a celulose. Os dados confirmam essa mudança no padrão de pesquisa.

Evidencia-se uma modificação no cerne da pesquisa e desenvolvimento da matéria prima, a necessidade da indústria de 2G é o aumento de produtividade de biomassa (celulose) dos canaviais e não mais o teor de açúcar extraível da cana que direcionava as pesquisas da indústria de metal mecânica de primeira geração. Quando uma trajetória é selecionada, ela apresenta impulso próprio que contribui para definir as direções em que a atividade de resolução do problema se move, sendo denominada de trajetória natural do progresso técnico (NELSON; WINTER, 2006).

A definição de Dosi (1982) para trajetória tecnológica é dada pelo conjunto de atividades implementadas para a solução de um problema definido no âmbito do paradigma tecnológico. A partir das perspectivas de solução de problemas, organizam-se os programas de pesquisa tecnológica. Através do advento do aperfeiçoamento dos atributos técnicos e econômicos de determinada tecnologia, há o avanço da trajetória tecnológica.

Dada a necessidade de produzir mais e melhor biomassa da cana de açúcar, a Granbio desenvolve, através de sua subsidiária Biovertis, na estação experimental localizada em Alagoas, pesquisa de melhoramento genético varietal em parceria com o Instituto Agrônomo de Campinas (IAC) e a Rede Interuniversitária para o Desenvolvimento do Setor Sucroenergético (Ridesa), através da Universidade Federal de Alagoas e o programa PMGCA. Ambas as instituições possuem uma trajetória de acumulação de competência tecnológica da tecnologia de primeira geração que pode ser aproveitada para o novo desafio imposto pela segunda geração. Segundo BELL &

PAVITT (1995), a competência tecnológica é definida como os recursos necessários para gerar e gerenciar a mudança tecnológica e esses recursos estão incorporados aos indivíduos e sistemas organizacionais.

Como primeiro resultado dos esforços foi desenvolvida a Cana Energia CanaVertix®, a variedade desenvolvida a partir do cruzamento genético de tipos ancestrais e híbridos comerciais de cana-de-açúcar, de sementes em bancos de germoplasmas do Brasil e do mundo. A cana Energia da Granbio é mais robusta, com maior teor de fibra. Uma de suas maiores vantagens é poder ser plantada em áreas degradadas de pasto - não competindo, assim, com alimentos. Como Spillover para a 1G, verificou-se que apesar do teor de sacarose da cana energia ser percentualmente menor que as variedades utilizadas já desenvolvidas no Brasil, como a RB92579, a produtividade de açúcar do canavial mostrou-se superior em virtude da densidade do canavial ser superior.

Para a planta industrial BIOFLEX 1, a fonte de biomassa escolhida foi a palha da cana-de-açúcar, que não é utilizada na indústria de primeira geração e era desperdiçada nas lavouras de cana-de-açúcar. Estrategicamente, a planta industrial foi instalada junto à usina Caeté do Grupo Carlos Lyra, pois garante a sinergia entre a produção de 1g e 2g e a localização é estratégica por ser próxima a cultivares mecanizáveis que garantem a disponibilidade para o fornecimento/compra de palha de cana de usinas de 1G.

Diante da solução encontrada para o fornecimento de biomassa, surgem então as trajetórias e desdobramentos necessários para dar continuidade e suporte ao desenvolvimento tecnológico. Os gargalos técnicos estão relacionados à adaptação de novas variedades e a diferentes condições de edafoclimáticas, adequando técnicas de manejo do solo e de plantas, desenvolvendo máquinas de plantio e colheita e armazenagem. É fato que, diante da trajetória selecionada, o aproveitamento da biomassa acontece apenas em canaviais mecanizáveis e isto leva a inferir que existem restrições de natureza geográfica para implantação de usinas de 2G.

Vale destacar que esses são os primeiros desafios dessa trajetória e a cada problema há diversos caminhos e a cada solução há diversas oportunidades que leva a outros desafios tecnológicos. As soluções por hoje encontradas ainda estão em desenvolvimento e outros problemas relacionados à biomassa estão por vir.

A próxima etapa relaciona-se com os aspectos logísticos da matéria prima, o corte, a colheita, o transporte e o armazenamento até chegar à etapa de processamento de palha de cana-de-açúcar. O paradigma que guia a busca de solução tecnológica é metal mecânico, ou seja, utiliza a mesma base de conhecimento da 1G, e é preciso adaptar as estruturas de ativos utilizados nas necessidades da nova tecnologia. Como solução, foram feitas parcerias com as empresas CNH, Valtra e Implanor, que são tradicionais na produção de máquinas e implementos agrícolas para o desenvolvimento de soluções para a palha da cana. É necessário pesquisa e desenvolvimento com intuito de melhorar a estrutura de custos e a eficácia dos processos.

O processo industrial conta com conjunto de tecnologias: a. pré-tratamento, b. hidrólise enzimática e c. fermentação. Permite a transformação de palha e bagaço de cana-de-açúcar em um combustível avançado, limpo e que não compete com alimentos.

A GranBio reuniu empresas detentoras das mais avançadas tecnologias no mundo para a produção de etanol 2G na unidade industrial Bioflex 1, que é a primeira fábrica de etanol celulósico em escala comercial do Hemisfério Sul e o projeto mais inovador da indústria sucroalcooleira desde o Proálcool, com capacidade para produzir 82 milhões de litros do biocombustível por ano. As principais parcerias são: A Beta Renewables, que é uma Jointventure entre a italiana BioChemtex, o fundo TPG e a Novozymes detém a licença da tecnologia Proesa® para operação da fábrica BIOFLEX 1; Biochemtex, subsidiária do grupo italiano Mossi & Ghisolfi, tem um acordo para fornecimento de equipamentos críticos para a planta de etanol celulósico; A DSM, empresa holandesa, fornece leveduras industriais para fermentação do etanol celulósico; a Novozymes, multinacional dinamarquesa, é a fornecedora de enzimas para a hidrólise de celulose.

O Pre-Tratamento é a primeira etapa do processo industrial de produção de etanol celulósico. Há dois tipos de pré tratamento, que podem ser usados em conjunto ou separados. O físico, que utiliza pressão e temperatura, e o químico, que utiliza bases e ácidos. Existem esforços de pesquisa e desenvolvimento da tecnologia e segundo os dados do estudo não há um design dominante, ou seja, a trajetória não está definida.

A segunda etapa do processo industrial é a Hidrólise Enzimática, etapa do processo na qual uma enzima quebra as moléculas em partes menores, as enzimas digerem a parede celular vegetal liberando açúcares c5 e c6 que serão convertidos em etanol no processo de fermentação posterior. A multinacional dinamarquesa, proprietária da tecnologia, Novozymes, é a única fornecedora de enzimas para a hidrólise de celulose do mundo e é referência em biotecnologia. A Granbio fechou contrato de parceria para fornecimento. O contrato de compra conta com uma variável de produção e prevê fornecimento para futuras plantas da Granbio. Há também assistência e feedback de produtividade entre as empresas. Vale destacar que o IAC possui linhas de pesquisa relacionadas ao desenvolvimento de melhoramento de enzimas para o processo, e conta com parceria com a Biocelere, empresa de pesquisa da Granbio para desenvolver pesquisas.

A etapa posterior é onde ocorre a fermentação alcoólica e o processo de transformação de açúcares fermentescíveis (glicose e frutose) em etanol e dióxido de carbono (CO₂). Essa transformação pode ser realizada biologicamente por diferentes microrganismos, principalmente na ausência de oxigênio. Na tecnologia de produção de Etanol 2G, são utilizadas leveduras geneticamente modificadas que são capazes de fermentar os açúcares complexos de C5 e C6, diferente do processo de 1G que na etapa de fermentação são aproveitadas apenas as moléculas simples. A holandesa DSM é a empresa responsável pelo fornecimento dessas leveduras e detentora da licença para utilização no processo de 2G da Granbio.

Vale destacar que a subsidiária da Granbio, a BIOCELERE e a UNICAMP e a DSM estavam juntas no projeto de co-desenvolvimento da tecnologia para as leveduras e enzimas. E a Unicamp, por possuir conhecimento e tecnologia acumulada no desenvolvimento de leveduras para primeira geração, foi crucial para o sucesso do projeto. A definição de Dosi (1982) para trajetória tecnológica é dada pelo conjunto de atividades implementadas para a solução de um problema definido no âmbito do paradigma tecnológico. A partir das perspectivas de solução de problemas, organizam-se os programas de pesquisa tecnológica. Através do advento do aperfeiçoamento dos atributos técnicos e econômicos de determinada tecnologia, há o avanço da trajetória tecnológica. Quando uma trajetória é selecionada, ela apresenta impulso próprio que contribui para definir as direções em que a atividade de resolução do problema se

move, sendo denominada de trajetória natural do progresso técnico (NELSON; WINTER, 2006).

Os processos de destilação e distribuição são os mesmos da tecnologia de primeira geração.

A Bioflex1 foi a primeira usina de etanol 2G a obter a certificação do Air Resource Board (ARB), da Califórnia. O ARB avalia a pegada de carbono do biocombustível desde a extração da matéria-prima, passando pela transformação em etanol, até a distribuição do produto em um porto da Califórnia.

A produção de energia elétrica acontece através de um sistema de cogeração, uma parceria entre a GranBio e o grupo Carlos Lyra. Na qual o subproduto da produção do 2G, a lignina, é queimado junto com o bagaço, subproduto da produção 1G, para gerar energia elétrica. Uma solução de bioenergia inédita no Brasil, pois é a primeira vez que a lignina será usada para esse fim na indústria sucroalcooleira. Trata-se de um processo ainda mais sustentável que o da primeira geração, tanto pela baixíssima quantidade de CO₂ lançada na atmosfera quanto pela quantidade de resíduos gerada. Para viabilização do negócio, foi realizado um levantamento dos ativos da Usina Caeté da produção de energia e a GRANBIO investiu na modernização do parque industrial da Usina de 1G. O sistema de cogeração, uma parceria entre a GranBio e o grupo Carlos Lyra, tem uma capacidade de geração de vapor de 200 toneladas por hora. Ele abastecerá as duas usinas e ainda vai exportar um excedente para a rede de 135 mil MWh/ano, o suficiente para abastecer uma cidade de 300 mil habitantes. O sistema permanecerá em operação durante onze meses no ano, o equivalente a oito mil horas, no período de safra e entressafra da usina Caeté.

O modelo de negócios criado pela GranBio, criando uma rede de parcerias, evidencia a teoria de Dosi (1993) que afirma que uma mudança radical da base de conhecimento desencadeia um processo evolutivo que é lento e implica na coparticipação de velhos agentes com o surgimento de novos agentes, novas empresas; um processo em que, provavelmente, há mais descontinuidade tecnológica do que descontinuidade organizacional, no qual grandes empresas eram dominantes em um paradigma organizacional ao novo paradigma. (Dosi, 1993).

A definição de Dosi (1982) para trajetória tecnológica é dada pelo conjunto de atividades implementadas para a solução de um problema definido no âmbito do

paradigma tecnológico. A partir das perspectivas de solução de problemas, organizam-se os programas de pesquisa tecnológica. Através do advento do aperfeiçoamento dos atributos técnicos e econômicos de determinada tecnologia, há o avanço da trajetória tecnológica. Quando uma trajetória é selecionada ela apresenta impulso próprio que contribui para definir as direções em que a atividade de resolução do problema se move, sendo denominada de trajetória natural do progresso técnico (NELSON; WINTER, 2006). Como síntese das opiniões dos especialistas no setor sucroenergético, foi construído o quadro 3 abaixo com a previsão dos painelistas sobre os desafios tecnológicos em cada etapa do processo de produção da 2G, identificando em que aspectos as capacidades tecnológicas de primeira geração contribuem para o sucesso da trajetória de segunda geração e os agentes do SSI darão suporte ao desenvolvimento das novas trajetórias. O quadro 5 apresenta uma síntese dos resultados encontrados no estudo.

Quadro 5 : Síntese de resultados:

DESCRIÇÃO DAS ETAPAS DO PROCESSO DE PRODUÇÃO	BASE DE CONHECIMENTO	DESAFIO TECNOLÓGICO	TRAJETÓRIA DOMINANTE	TIPO DE PESQUISA	AGENTE DE PESQUISA
PRODUÇÃO DE MATÉRIA PRIMA	<ul style="list-style-type: none"> - Biológico (ciência agrônoma) - Capacidade tecnologia acumulada da 1G. - Cumulatividade e Complementariedade com a 2G 	<ul style="list-style-type: none"> -Aumento da Produtividade de celulose dos canaviais -Substituição dos Canaviais -Fim das queimadas -Tratamento dos canaviais (reação da cana energia a fertilizantes e defensivos agrícolas). 	<ul style="list-style-type: none"> - Cana energia : robusta, rústica, com maior teor de fibra e potencial produtivo - Canavertix® 	<ul style="list-style-type: none"> - Parceria público privada para P&D. - Redes de universidades e empresas privadas. - Importação de um banco de gemoplasma -P&D Nacional 	<ul style="list-style-type: none"> BIOCELERE+Biovetis IAC RIDESA+PMGCA EMBRAPA
LOGÍSTICA Corte, Carregamento Transporte E Armazenamento	<ul style="list-style-type: none"> - Metal-Mecânico - Capacidade tecnologia acumulada - Cumulatividade e complementariedade 	<ul style="list-style-type: none"> - Adaptação de maquinário para novas características da CanaEnergia - Redução de custo e melhorias no processo de armazenamento de palha 	<ul style="list-style-type: none"> - Colheita e armazenamento de palha de cana de canaviais mecanizáveis. (tabuleiros) 	<ul style="list-style-type: none"> -P&D Nacional -Financiamento de máquinas e equipamentos (BNB) 	<ul style="list-style-type: none"> CNH VALTRA IMPLANOR BIOCELERE+Granbio

<p>PRÉ-TRATAMENTO</p> <p>A estrutura da parede celular vegetal deve ser rompida para facilitar o acesso das enzimas à celulose e hemicelulose na etapa seguinte.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Físico-químico - possível spillover e/ou complementariedade com a indústria química. 	<ul style="list-style-type: none"> - Estrutura de custos e instalações. 	<ul style="list-style-type: none"> -Físico que utiliza pressão e temperatura -Químico que utiliza bases e ácidos - Tecnologia AVAP (API) 	<ul style="list-style-type: none"> - tecnologia importada e licenciada. - Parceria público privada para P&D. 	<p>BIOCELERE–Granbio IAC American Process Inc</p>
<p>HIDRÓLISE ENZIMÁTICA</p> <p>As enzimas digerem a parede celular vegetal liberando açúcares c5 e c6 que serão convertidos em etanol no processo de fermentação posterior.</p>	<ul style="list-style-type: none"> -Biotecnológico -BioQuímico -Novo Paradigma 	<ul style="list-style-type: none"> - Tecnologia proprietária - Estrutura de custos e melhoria de eficiência do processo 	<ul style="list-style-type: none"> - Hidrolize Enzimática 	<ul style="list-style-type: none"> - Novozymes é a única fornecedora de enzimas para a hidrólise de celulose do mundo - Parceria público privada para P&D. 	<p>Biocelere Novozymes IAC</p>
<p>FERMENTAÇÃO</p> <p>É O Processo De Transformação De Açúcares Fermentescíveis (Glicose E Frutose) Em</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Biológico - capacidade tecnologia acumulada da 1G. - cumulatividade e complementariedade 1G e 2G 	<ul style="list-style-type: none"> - Eficiência do processo e redução de custos - leveduras geneticamente modificadas que 	<ul style="list-style-type: none"> - leveduras capazes de fermentar Moléculas C5 e C6 (5 e 6 carbonos) 	<ul style="list-style-type: none"> - Parceria público privada para P&D. -Importação de tecnologia (DSM) 	<p>BIOCELERE–Granbio IAC, Unicamp</p>

Etanol E Dióxido De Carbono (Co2)		sejam capazes de fermentar os açúcares complexos de c5 e c6.			
<p>PRODUÇÃO DE ENERGIA</p> <p>O subproduto da produção do etanol 2G, a lignina, é queimada junto com o bagaço, subproduto da produção 1G, para gerar energia elétrica</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Física (metal mecânica) - capacidade tecnologia acumulada - cumulatividade e complementariedade 	<ul style="list-style-type: none"> - Estrutura de custos e instalações. 	<ul style="list-style-type: none"> - Sistema de cogeração de energia elétrica - Modernização do parque industrial da usina de 1G 	<ul style="list-style-type: none"> - Investimento em interação dos parques industriais de 1G e 2G. 	<p>GRANBIO GRUPO CARLOS LYRA</p>

Fonte: Elaborado pela autora. Derivado de estudo empírico

Dessa forma, confirmamos o estudo de Rosário (2008) que afirma que o P&D na agroindústria sucroalcooleira é basicamente desenvolvido por parcerias público-privadas com maior ênfase nos investimentos do setor privado. Verificou-se que toda pesquisa desenvolvida no Brasil em torno do etanol de 2G tem parceria com os centros de pesquisa e universidades, contrastando com o efeito das parcerias e redes de pesquisa 1G onde, segundo Rosário (2008) e a ampla participação das usinas no processo de geração de conhecimento e inovações, reduzem ou mesmo impedem o processo de apropriação dos benefícios da inovação em termos da firma individual. A 2G possui poucas firmas envolvidas nos processos de difusão dessa tecnologia, são as firmas pioneiras, que ao saírem na frente buscam mecanismos para garantir a apropriabilidade dos benefícios da inovação desenvolvidas, como o desenvolvimento de variedades de cana energia (como exemplo a CanaVertix), e o segredo industrial, e principalmente a lacuna de conhecimento e capacidade tecnológica industrial das firmas de 1G para utilizar-se da tecnologia desenvolvida por uma firma predominantemente bioquímica (ou biotecnológica), a indústria de 2G.

A modificação do processo industrial de produção de etanol por processo de hidrólise enzimática transformou indústria metalomecânica por uma firma biotecnológica, dado esse novo paradigma, os esforços de P&D da nova tecnologia estão relacionados às peculiaridades de cada etapa do processo. A primeira parte do processo produtivo relaciona-se com a produção da matéria prima, Rosário em 2008 afirmou que “o conceito de cana-energia é a trajetória dominante nos diversos programas de melhoramento genético existentes no Brasil”, como evidência dos esforços em P&D dispensados hoje temos a CanaVetriX desenvolvida pela GranBio, como resultado de uma trajetória de sucesso da pesquisa tecnológica desenvolvida pelo Brasil, num processo de cumulatividade e complementariedade de conhecimento, através de redes de pesquisa como a Ridesa, PMGCA, IAC e em parceria com a BioCelere, empresa de pesquisa da Granbio. Como Spillover dessa tecnologia, constatou-se neste trabalho que apesar da pesquisa não ser voltada pela busca de variedade de cana com maior teor de sacarose para produção de açúcar, a Cana Energia resultou em uma produtividade média de sacarose por hectare superior a média dos canaviais tradicionais (ex. variedade RB579). A cana energia se tornou realidade e, diante desse fato, novos desafios tecnológicos são postos. Os esforços em

P&D que impulsionam as novas trajetórias são de natureza a solucionar problemas relacionados ao tratamento dos canaviais, corte, colheita, transporte da cana, esforços que estão presentes na tecnologia de 1G, porém agora precisam ser adaptados as características da cana energia e foi adicionada a necessidade de tratar e armazenar a palha da cana, que é o principal insumo para a 2G. Os esforços de pesquisa relacionados ao tratamento da palha de cana são uma problemática do caso Brasil, pois foi a matéria prima eleita pela indústria pioneira para a primeira planta e é diferente da matéria prima utilizada em indústrias de 2G de outros países.

As duas etapas seguintes do processo são o Pré-Tratamento e a Hidrólise enzimática, identificou-se no pré-tratamento spillover e complementariedade com a 1G relacionado a produção de energia elétrica, o processo tem como resíduo a lignina que é insumo para produção de energia elétrica na indústria base metalomecânica. Isso posto, explica o advento das integrações de indústria de 1G e 2G. Corroborando com a tese de Rosário (2008) que afirmou que a tendência a biorrefinarias confirma que os ganhos de escopo são fundamentais para a competitividade setorial. É mister destacar que as tecnologias de pré-tratamento e hidrólise enzimáticas não foram tecnologias desenvolvidas no Brasil e sim oriundas de multinacionais que desenvolveram, patentearam e licenciaram as tecnologias, a princípio relacionadas a indústria química. Porém existem esforços de pesquisa relacionados às trajetórias dessas temáticas nas redes de pesquisa de desenvolvimento brasileiras.

A última etapa do processo de produção do etanol de 2G é a fermentação alcoólica. Evidenciou-se que o Brasil contribui para essa trajetória com capacidade tecnológica acumulada, pois é uma etapa presente na indústria de primeira geração, e tem a Unicamp como referência no desenvolvimento de leveduras para o processo. O desafio tecnológico acontece no melhoramento da tecnologia para que a levedura seja mais eficiente na fermentação de açúcares complexos (C5 e C6) que estão presentes na 2G, diferente dos açúcares simples presentes na 1G. Restou evidenciar cumulatividade e complementariedade tecnológica das tecnologias nesta etapa do processo. A figura 1 ilustra as bases de Conhecimento utilizadas nas tecnologias e a intersecção das tecnologias 1G e 2G.

Finalmente, evidencia-se que na indústria de 1G não há heterogeneidade tecnológica e a difusão da tecnologia de 2G, ou seja, a inovação, pode alterar a

concentração da indústria. O modelo de negócio do estudo apresentou uma estrutura de governança extremamente complexa e o desenvolvimento de uma série de ativos complementares nunca antes utilizados pela indústria metal mecânica, que são o elemento de proteção dos ganhos da inovação. E, finalmente, que as firmas inovadoras do setor sucroenergético caminham rumo a uma descontinuidade que implica um modelo de inovação mais forte e completo de learning by science.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Essa dissertação teve como objetivo principal analisar o processo de aprendizado e a cumulatividade e complementariedade tecnológica da indústria sucroalcooleira a partir da difusão da tecnologia de produção de etanol por hidrólise enzimática, chamada de 2G, utilizando como referência para o estudo o Caso da firma de 2G GRANBIO, que é pioneira em produção de etanol 2G derivado da cana de açúcar no Brasil.

Para tanto, essa dissertação se baseou no referencial analítico fundamentado na literatura de sistema setorial de inovação, do aprendizado, na acumulação de conhecimento, e de paradigmas e trajetórias tecnológicas, oriundos da teoria evolucionária neoschumpeteriana, proposta por Dosi (1984) e (2006), Malerba (2002), Freeman (1988), e Figueiredo (2001,2003) e outros. Esse referencial analítico permitiu abordar importantes aspectos relacionados ao sistema setorial de inovação, à aprendizagem, ao conhecimento, às perspectivas e desdobramentos da nova tecnologia para a análise da agroindústria sucroalcooleira diante do novo paradigma tecnológico. Como marco de análise complementar, a dissertação buscou identificar as possíveis trajetórias tecnológicas a serem perseguidas pela pesquisa e desenvolvimento que irão contribuir para o sucesso da tecnologia de 2G.

A dissertação utilizou a metodologia Delphi de pesquisa. Essa forma de tratamento busca um consenso de opiniões dentro de um grupo de especialistas a respeito do tema, explorando a experiência coletiva do grupo selecionado em um processo iterativo. O método se mostra muito útil para uma análise qualitativa da indústria em tela, permitindo que se projetem tendências futuras em face de descontinuidades tecnológicas e mudanças socioeconômicas.

Os principais achados nesse trabalho de tese trataram dos seguintes pontos: a. descrição do modelo de negócio estruturado pela Granbio (2G) inserido na agroindústria sucroalcooleira brasileira integrada com a indústria de 1G; b. A análise dos processos de aprendizagem e acumulação de conhecimento do setor e os spillovers da tecnologia com um comparativo entre as firmas de 1G e a de 2G, que mostram o setor sucroenergetico caminhando rumo a uma descontinuidade que implica um modelo de inovação mais forte e completo de learning by science. ; c. e a

identificação dos problemas tecnológicos oriundos do novo paradigma que impulsionam os esforços de P&D e ditam as trajetórias tecnológicas. A contribuição final da tese foi a construção de um quadro resumo dos desafios tecnológicos que guiam os processos de busca e demonstram as trajetórias tecnológicas em cada etapa do processo, elencando os principais atores que contribuem para o processo.

É mister que para que o etanol de 2G se torne uma realidade na matriz energética brasileira e mundial, é necessário que os retornos dos investimentos sejam atrativos para suas produções. O período de entrada para o etanol 2G depende dos custos relativos de produção em relação aos custos das fontes convencionais de energia. Nos cenários com elevação de preços de petróleo, há um maior incentivo à viabilização de fontes de energia renovável como a bioenergia, o desafio da 2G está atrelado a custos de produção inferiores ao de 1G. Em um cenário cuja produção de etanol 2G apresente custos relativos superiores às fontes de energias convencionais, a indústria de 2G tende a seguir um caminho relacionado a produtos de alto valor agregado, derivados da álcoolquímica, intensivos em pesquisa e com alto grau de apropriabilidade.

O principal desafio para o setor consiste em aproveitar as “janelas de oportunidades”, a partir da produção endógena de tecnologia, saindo da condição de importadores e dependentes de tecnologia estrangeira, e ter capacidade para promover o desenvolvimento tecnológico, social e econômico.

Restou evidenciado a contribuição de Dosi (1993) sobre a questão da continuidade versus uma revolução biotecnológica. O autor afirma perceber uma descontinuidade com tecnologias tradicionais, metal mecânica 1G, e uma modificação das bases de conhecimento nas quais a tecnologia se fundamenta, e uma mudança radical nos métodos em que a inovação biotecnológica está sendo realizada, o que leva a uma tendência a mudar as dimensões fundamentais das trajetórias tecnológicas que eventualmente ocorrerão (Dosi,1993). A mudança radical da base de conhecimento desencadeia um processo evolutivo que é lento e implica na coparticipação de velhos agentes com o surgimento de novos agentes, novas empresas; um processo em que, provavelmente, há mais descontinuidade tecnológica do que descontinuidade organizacional, no qual grandes empresas, que eram dominantes em um paradigma tecnológico precedente, através de transformação, que, frequentemente, é difícil e

custosa, e feita também de erros, consegue adaptar, parcialmente, a própria organização ao novo paradigma. (DOSI, 1993).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADLER, M.; ZIGLIO, E. Gazing into the Oracle: The Delphi method and its application to social policy and public health. **Kingsley Publishers.**, 1996.

ANDRÉ, M. ANDRÉ, Marli Eliza Dalmazo Afonso de. **Estudo de caso em pesquisa e avaliação educacional**. Brasília: Liberlivros, 2005. p. 7-70 p.

BASTOS, V. D. **Etanol, Alcooquímica e Biorrefinarias**. Rio de Janeiro. 2007.

BELIK, W.; VIAN, C. E. D. F. Desregulamentação Estatal e Novas Estratégias. In: MORAES, M. A. D.; SHIKIDA, P. **Agroindústria Canavieira no Brasil: evolução, desenvolvimento e desafios**. São Paulo : Atlas, 2002.

BELL, M; ALBU, M. Knowledge systems and technological dynamism in industrial clusters in developng countries. **World Development**, v. 27, n. 9, p. 1715-1734, 1999.

BELL, M. & P. K. **The development of technological capabilities. Technology and International Competitiveness**. Washington: The World Bank, 1995.

BELL, M. Learning and the accumulation of industrial technological capacity in developing countries. **King, K. & Fransman, M. (eds.). Technological capability in the Third World**, 1984.

BITTENCOURT, P. PADRÕES SETORIAIS DE APRENDIZAGEM DA INDÚSTRIA BRASILEIRA: UMA ANÁLISE EXPLORATÓRIA. **Revista Brasileira de Inovação, Campinas (SP)**, p. p. 37-68, janeiro/junho 2012, 2012.

BNDES; CGEE (Org.). **Bioetanol de cana-de-açúcar: energia para o desenvolvimento sustentável**. Rio de Janeiro: BNDES, 2008.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior (MDIC). **Zonas de Processamento de Exportação**. Brasília, DF: MDIC, 2014.

CARDOSO, M. V. **Aplicação da radiação de feixe de elétrons como pré-tratamento do bagaço de cana-de-açúcar para hidrólise enzimática da celulose**, 2008.

CÁRIO, Silvio Antonio Ferraz; PEREIRA, Fernanda Cristina B. **Inovação e desenvolvimento capitalista: referências histórica e conceitual de Schumpeter e dos neo-schumpeterianos para uma teoria econômica dinâmica**. In: ENCONTRO NACIONAL DE ECONOMIA POLÍTICA, 7., Curitiba, 2002. Anais... Curitiba: ENEP, 2002. Disponível em: . Acesso em: 13 abr. 2016.

CASSIOLATO, José Eduardo; LASTRES, Helena Maria Martins. Sistemas de inovação: **políticas e perspectivas. Parcerias Estratégicas**, v. 5, n. 8, p. 237-255, maio 2000. Disponível em: . Acesso em: 13 abr. 2016.

CGEE. **Bioetanol combustível: uma oportunidade para o Brasil**. BRASILIA. DF. 2009.

CIMOLI, Mario et al. **Instituições e Políticas Moldando o Desenvolvimento Industrial: uma nota introdutória**. Revista Brasileira de Inovação, [S.l.], v. 6, n. 1 jan/jun, p. 55-85, aug. 2009. ISSN 2178-2822. Disponível em: <<http://ocs.ige.unicamp.br/ojs/rbi/article/view/314/233>>. Acesso em: 16 Jun. 2016.

CIMOLI, Mario; DOSI, Giovanni. Tecnologia y desarrollo: algunas consideraciones sobre los recientes avances en la economía de la innovación. In: GOMEZ; SANCHEZ; DE LA PUERTA (Org.). **El cambio tecnológico hacia el nuevo milenio: debates e nuevas teorías**. Barcelona: Icaria, 1992. p. 21-64.

COALBRA. **Questões básicas sobre o etanol de madeira**. BRASÍLIA. 1983.

DOSI, G. **Mudança técnica e Transformação Industrial**. Campinas: unicamp, 2006.

DOSI, G.; ORSENIGO, L.; LABINI, M. S. T. **Technology and the economy**. LEM working paper, 2002.

DOSI. Algumas questões sobre inovação Biotecnológica. **Ensaio FEE, Porto Alegre**, p. 368-371, 1993.

FIGUEIREDO, P. N. . **Technological Learning and Competitive Performance**, Cheltenham, UK, 2001.

FREEMAN, C. Japan: a New National System of Innovation?. In: DOSI, G., et al. **Technical Change and Economic Theory**. Londres: printer, 1988.

FREEMAN, C. The 'National System of Innovation' in historical perspective. **Cambridge Journal of Economics**, p. v.19. n.1, p. 5-24, 1995.

FREEMAN, C.; PEREZ, C. Structural crises of adjustment: business cycles and investment behaviour. In: DOSI, G. E. A. **Technical change and economic theory**. Londres: Pinter Publishers, 1988.

FREEMAN, C.; PEREZ, C. **The diffusion of technical innovation and changes of technoeconomic paradigm**. Conference on Innovation Diffusion. Veneza: [s.n.]. 1986.

FURTADO, A. T.; FREITAS, A. G. Nacionalismo e Aprendizagem no programa de águas profundas da Petrobras. **Revista Brasileira de Inovação**, p. 55-86, 2004.

GALVÃO, Olímpio José de Arroxelas. Por uma nova política de desenvolvimento regional: a experiência internacional e lições para o Brasil. In: CONGRESSO DOS ECONOMISTAS DA LÍNGUA PORTUGUESA, 3., 1998, Macau, China. **Anais...** Macau, 1998.

KOGUT, B.; ZANDER, U. **Knowledge of the firm and the evolutionary theory of the multinational corporation**. [S.l.]: [s.n.], 1993.

KOGUT, B.; ZANDER, U. **Knowledge of the Firm, Combinative Capabilities, and the Replication of Technology**, 1992.

KUPFER, David. Uma abordagem neo-schumpeteriana da competitividade industrial. **Ensaio FEE**, Porto Alegre, v. 17, n. 1, p. 355-372, 1996. Disponível em: . Acesso em: 13 abr. 2016.

_____. Padrões de concorrência e competitividade. Rio de Janeiro: IEI; UFRJ, 1993.

LALL, S. **Technological Capabilities and Industrialization**. [S.I.]: World Development, 1992.

LASTRES, H. M. M.; FERRAZ, J. C. Economia da informação, do conhecimento e do aprendizado. In: LASTRES, H. M. M.; ALBAGLI, S. (. **Informação e globalização na era do conhecimento**. Rio de Janeiro : Campus , 1999. p. cap.1, p. 27-57.

LÜDKE, M.; ANDRÉ, M. E. D. A. **Pesquisa em educação: abordagens qualitativas**. São Paulo: EPU, 1986.

LUNDEVALL, B. A. et al. National systems of production, innovation and competence building. **DRUID Conference, Aalborg**, 2001.

LUNDEVALL, B. A. **National Systems of Innovation: Towards a Theory of Innovation and Interactive Learning**. Londres: Pinter, 1992.

MALERBA, F. Innovation and the evolution of industries. **Journal of Evolutionary Economics**, p. v. 16, n. 1-2, p. 3-23, Apr, 2006.

MALERBA, F. Learning by firms and incremental technical change. **The Economic Journal**, p. v. 102, n. 413, p. 845-859, jul., 1992.

MALERBA, F. Sectoral systems and innovation and technology policy. **Revista Brasileira de Inovação**, p. v.2, n.2, p.329-375, 2003.

MALERBA, F. Sectoral Systems of Innovation and Production.. **Research Policy**, p. 247-264., 2002.

MALERBA, F.; MONTOBBIO, F. **Sectoral Systems and International Technological and Trade Specialisation**. DRUID SUMMER CONFERENCE. Rebild: Denmark. 2000. p. p. 15-17.

MALERBA, F.; R., N. **Catching Up: in different sectoral systems.**, 2008. Disponível em: <<http://dcsh.xoc.uam.mx/eii/globelicswp/wpg0801.pdf>>. Acesso em: Março 2015.

MORAES, M. A. F. D. **A desregulamentação do setor sucroalcooleiro do Brasil**. Piracicaba: Caminho Editorial (Coleção, 2000.

NELSON, R. R. What enables rapid economic progress: What are the needed institutions? **Research Policy**, p. (37); 1-11., 2008.

NELSON, R.; WINTER, S. **An Evolutionary Theory of Economic Change**. Cambridge, MA: Harvard University Press, 1982.

NELSON, R.; WINTER, S. **Uma teoria evolucionária da mudança econômica. Unicamp, 2006.** Campinas- SP: Unicamp, 2006.

NELSON, Richard; WINTER, Sidney. **Uma teoria evolucionária da mudança econômica.** Campinas: UNICAMP, 2005.

OECD. **Technology and the economy: the key relationships.** OECD: Paris, 1992.

OLMOS, L.; RUESTER, S.; LIONG, S. J. OLMO, L., RUESTER, S., LIONG, S.J. On the selection of financing instruments to push the development of new technologies: Application to energy technologies. **Energy Policy**, 2012. vol. 43, pp. 252-266,.

PAVITT, K. Technological Accumulation and Industrial Growth: Contrast Between Developed and Developing Countries. **Industrial and Corporate Change**, p. v.2, n.2, p.157210, 1993.7, 1993.

PAVITT, K.; ROBSON, M.; TOWNSEND, J. Technological accumulation, diversification and organization in the U.K. Companies, 1945-1983. **Management Science**, p. p. 81-99, 1989.

PAVITT. Sectorial Patterns of Technical Change: Towards a Taxonomy and a Theory. **Research Policy**, p. v. 13, p. 343-373, 1984.

ROSÁRIO, F. J. P. Competitividade e transformações estruturais na agroindústria sucroalcooleira no Brasil: uma análise sob a ótica dos sistemas setoriais de inovações. **TESE**, Rio de Janeiro, 2008.

SHIKIDA, P. F. A. Notas sobre Dinâmica Tecnológica e Agroindústria Canavieira no. In: MORAES, M. A. D.; SHIKIDA, P. F. A. (. **Agroindústria Canavieirano Brasil: evolução, desenvolvimento e desafios.** São Paulo : Atlas, 2002.

SILVA, G. **“Aprendizado do etanol celulósico no Brasil: o caso do projeto Dedini Hidrólise Rápida (DHR),** Campinas, 2007.

SINDAÇÚCAR-AL. **Indústria da cana reforça geração de emprego em Alagoas.** 2015a. Disponível em: . Acesso em: 3 abr. 2016.

_____. **Presidente do Sindaçúcar-AL defende políticas públicas para o setor em audiência na Câmara.** 2015b. Disponível em: . Acesso em: 3 abr. 2016.

TEECE, D.; PISANO, G. **The Dynamics Capabilities of Firms:** an Introduction, *Industrial and Corporate Change.*, v. V. 3, p. pp. 537-56., 1994.

TIGRE, Paulo Bastos. Inovação e teorias da firma em três paradigmas. **Revista de Economia Contemporânea**, Rio de Janeiro, v. 3, n. 1, p. 67-111, jan./jun. 1998. Disponível em: . Acesso em: 13 abr. 2016.

TRIVIÑOS, A. N. S. **Introdução à pesquisa em ciências sociais: a pesquisa qualitativa.** São Paulo: Atlas, 1987.

VARGAS, M. A. **Proximidade territorial, aprendizado e inovação**: um estudo sobre a dimensão local dos processos de capacitação inovativa em arranjos e sistemas produtivos no Brasil. 2002. 225f. Tese (Doutorado em Economia) — Instituto de Economia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2002a.

VIAN, C. E. F. Inércia e Mudança Institucional: Estratégias Competitivas do Complexo Agroindustrial Canavieiro no Centro – Sul do Brasil.. **Tese de Doutorado; área economia agroindustrial**, Campinas, n. UNICAMP, 2002.

VIEIRA, Rosele Marques. Teorias da firma e inovação: um enfoque neo-schumpeteriano. **Cadernos de Economia**, Chapecó, v. 14, n. 27, jul./dez. 2010. Disponível em: . Acesso em: 13 abr. 2016.

VILLASCHI. Economia do conhecimento e do aprendizado – referência para possíveis (re) leituras da economia capixaba.. In: VILLASCHI, A. (.). **Elementos da economia capixaba e trajetórias de seu desenvolvimento**. Vitória: Flor&Cultura, 2011. p. cap. 11, p. 27.

YIN, R. K. **Estudos de caso**: planejamento e métodos. Porto Alegre: Bookman, 2005.

ANEXOS

ANEXO A

ROTEIRO DAS ENTREVISTAS PRIMEIRA RODADA

Explicação sobre a pesquisa e o trabalho em seguida inicia os questionamentos.

1. Há algum apoio do governo?
2. Com que agentes (empresas, instituições governamentais) a empresa tem parceria para desenvolver pesquisa? Qual é a rede formada? Quais os parceiros?
3. Quantas pessoas estão envolvidas no projeto, nas suas várias etapas?
4. Há recursos humanos de universidade envolvidos nesse projeto? Algum projeto vinculado (bolsa para pesquisador, mestrado ou doutorado)?
5. Qual o tipo de relação que a empresa estabelece com o fornecedor de MATÉRIA PRIMA (Cana, Palha e bagaço) para produção? Existe cooperação para desenvolver P&D envolvendo as duas empresas?
6. Qual o tipo de relação que a empresa estabelece com o fornecedor de ENZIMAS para produção? Existe cooperação para desenvolver P&D envolvendo as duas empresas?
7. Qual o tipo de relação que a empresa estabelece com o fornecedor de LEVEDURAS para produção? Existe cooperação para desenvolver P&D envolvendo as duas empresas?
8. Como ocorre a parceria com a Rhodia? E com o IAC??
9. Como ocorre e como é formalizada a transferência de tecnologia desses agentes para empresa
10. Em relação aos esforços de P&D, qual o foco (o objetivo, a busca de soluções) para cada etapa do processo? Quais os gargalos/problemas enfrentados? E quais as soluções encontradas?
11. Quais os principais parceiros para P&D:
12. Quais os principais locais de treinamento de mão de obra?
13. Quais as principais contribuições da tecnologia de 1G para a 2G?

ANEXO B

ROTEIRO DAS ENTREVISTAS SEGUNDA RODADA

1. Há algum apoio do governo?
Governo Federal -
Governo estadual -

2. Com que agentes (empresas, instituições governamentais) a empresa tem parceria para desenvolver pesquisa? Qual é a rede formada? Quais os parceiros?
 - a. Empresas**
Outras Empresas Dentro do grupo
Empresas parceiras (cooperativa)
Fornecedores de insumos
Clientes
Concorrentes
Outras Empresas do Setor
Empresas de consultoria

 - b. Universidades e Institutos de Pesquisa**
Universidades
Institutos de Pesquisa
Centros de Capacitação Profissional de Assistência Técnica e de Manutenção
Instituições de testículos, Ensaio e Certificações

 - c. Outras Agentes**
Representação
Entidades SINDICAIS
Órgãos de Apoio e Promoção
Agentes Financeiros

3. Há recursos humanos de universidade envolvidos nesse projeto? Algum projeto vinculado (bolsa para pesquisador, mestrado ou doutorado)?
4. Qual o tipo de relação que a empresa estabelece com o fornecedor de MATÉRIA PRIMA (Cana, Palha e bagaço) para produção? Existe cooperação para desenvolver P&D envolvendo as duas empresas?
5. Qual o tipo de relação que a empresa estabelece com o fornecedor de ENZIMAS para produção? Existe cooperação para desenvolver P&D envolvendo as duas empresas?
6. Qual o tipo de relação que a empresa estabelece com o fornecedor de LEVEDURAS para produção? Existe cooperação para desenvolver P&D envolvendo as duas empresas?
7. Como ocorre a parceria com a Rhodia? E com o IAC??

8. Como ocorre e como é formalizada a transferência de tecnologia desses agentes para empresa?
9. Em relação aos esforços de P&D, qual o foco (o objetivo, a busca de soluções) para cada etapa do processo? Quais os gargalos/problemas enfrentados? E quais as soluções encontradas?
 - i. Campo?
 - ii. Processo industrial?
 - iii. Processo organizacional?
 - iv. Produto final?
 - v. Outros?
10. Quais os principais parceiros para:
 - i. Aquisição externa P&D?
 - ii. Aquisição de máquinas e equipamentos que implicaram em significativas melhorias tecnológicas?
 - iii. Aquisição de outras tecnologias (softwares, licenças ou acordos de transferência de tecnologias tais como patentes, marcas, segredos industriais)?
 - iv. Projeto ou industrial desenho associados industriais um produtos / processos tecnologicamente novos ou significativamente melhorados?
 - v. Programa de treinamento orientado à introdução de produtos / processos tecnologicamente novos ou significativamente melhorados?
11. Quais os principais locais de treinamento de mão de obra?
12. Quais as principais contribuições da tecnologia de 1G para a 2G?
13. COMPLETE:

Aquisição externa de conhecimento	SIM OU NÃO	INTENSIDADE
Contratação com consultores externos para realização de projetos Contrato com consultores externos para implantação de ferramentas de gestão. Contato com fabricantes nacionais Contato com fabricantes estrangeiros Convênio com universidades Convenio com institutos de pesquisa Participação em seminários e congressos Treinamento externo nacional Treinamento externo internacional		
Aquisição interna de conhecimento		
Treinamentos internos Busca Atividades de P&D Campo Atividades de P&D industrial Atividades de P&D máquinas e equipamentos		

Socialização do conhecimento		
Solução compartilhada de problemas junto com fabricantes Desenvolvimento de especificações em conjunto com fabricantes Desenvolvimento de especificações em conjunto com outras áreas da empresa Rotação no trabalho, trabalhos em grupo		

ANEXO C

ROTEIRO DAS ENTREVISTAS TERCEIRA RODADA

- 1- Apresentar Matriz comparativa da intensidade dos Principais Processos De Aprendizagem entre firma de 1G e 2G.

Questionar concordância com os dados apresentados.

- 2- Apresentar

Questionar concordância com os dados apresentados.