

## MAPEAMENTO DE ROTAS TECNOLÓGICAS DO SETOR SUCRO ENERGÉTICO BRASILEIRO. MUDANÇA TECNOLÓGICA NA PRODUÇÃO DE ETANOL DERIVADO DA CANA DE AÇÚCAR

Liliana Cavalcante Soutinho  
Mestre em Economia pela Universidade Federal de Alagoas (UFAL).

Francisco José Peixoto Rosário  
Professor da FEAC/UFAL.

Araken Alves de Lima  
Chefe da Seção de Exame e Difusão Regional do SEDIR/SC – INPI.

**RESUMO** – O objetivo deste artigo é estudar a realização de pesquisa e desenvolvimento (P&D) na indústria de etanol de segunda geração (etanol 2G) e seus transbordamentos para a produção; e também, do etanol de primeira geração (etanol 1G), além dos desdobramentos desses transbordamentos para o Sistema Setorial de Inovação Sucroenergético. Para entender tal contexto, foi realizada uma pesquisa com base na técnica Delphi com a aplicação de três ondas de questionários e entrevistas em profundidade com 20 especialistas na área da produção sucroenergética e na produção de etanol 2G. Como resultado da pesquisa, foram identificados que os principais desafios tecnológicos dessa atividade industrial se relacionam ao incremento da produtividade tanto na parte agrícola quanto na de tecnologia industrial. A superação de tais desafios depende da capacidade de acesso a fontes de aprendizado e inovação para consolidar as atividades de P&D num setor situado nas fronteiras do conhecimento. Foi também identificado que a pesquisa em etanol 2G é realizada por meio de parcerias, em uma extensa rede composta por empresas, centros de pesquisa públicos e privados e universidades públicas, e que já faziam parte do Sistema Setorial de Inovação Sucroalcooleiro. Por fim, identificou dificuldades na interação entre os agentes envolvidos nessa rede no que concerne à regulação e participação dos envolvidos nas definições das trajetórias de pesquisa, ao compartilhamento dos direitos de propriedade intelectual e ao acesso a financiamento para pesquisa.

**Palavras-chave:** Biocombustível. Etanol 2G. PD&I. Aprendizado tecnológico.

## MAPPING OF TECHNOLOGICAL ROUTES OF THE BRAZILIAN ENERGETIC SUCTION SECTOR. TECHNOLOGICAL CHANGE IN ETHANOL PRODUCTION DERIVED FROM SUGAR CANE

**Abstract** – The objective of this article is to study research and development (R & D) in the second generation ethanol industry (2G ethanol), and its production overflows; and also of the first generation ethanol (1G ethanol), in addition to the unfolding of these overflows to the Sucroenergetic Sectorial System of Innovation. To understand this context, a research was carried out based on the Delphi technique with the application of three waves of questionnaires and in-depth interviews with 20 specialists in the area of sugarcane production and in the production of 2G ethanol. As a result of the research, it was identified that the main technological challenges of this industrial activity are related to the increase of productivity both in the agricultural part as in the industrial technology. Overcoming such challenges depends on the ability to access sources of learning and innovation to consolidate R & D activities in a sector situated at the frontiers of knowledge. It was also identified that the research in 2G ethanol is carried out through partnerships, in an extensive network composed of companies, public and private research centers and public universities, and that were already part of the Sector System of Sugar and Alcohol Innovation. Finally, it identified difficulties in the interaction between the agents involved in this network regarding the regulation and participation of those involved in the definition of research trajectories, the sharing of intellectual property rights and access to research funding.

**Keywords:** Biofuel; 2G ethanol; RD&I; Technological Learning.

## **INTRODUÇÃO**

O presente trabalho tem o propósito de mapear e verificar a mudança tecnológica na agroindústria sucroenergética e o desenvolvimento de novas rotas tecnológicas para a produção de etanol derivado da cana de açúcar. Para tal foi feito um levantamento bibliométrico a partir de fontes de dados secundários sobre os principais desenvolvimentos tecnológicos agroindustriais. A pesquisa foi feita na base de periódicos do sistema CAPES, sendo selecionados os artigos científicos publicados em revistas brasileiras no período de 2000 a 2014 com os temas “mudança tecnológica na agroindústria”, “biorrefinaria”, “biocombustíveis”, “etanol de segunda geração”, e “etanol celulósico”.

A indústria brasileira de cana de açúcar tem mais de 35 anos de produção de etanol, desde 1980 houve o desenvolvimento de pesquisas para aperfeiçoar e melhorar as tecnologias de produção, levando o Brasil a uma situação de destaque na produção desse biocombustível<sup>1</sup> de primeira geração<sup>2</sup>.

Nos dias atuais as tecnologias existentes para a produção de bioetanol estão caracterizadas como tecnologia de 1ª geração, que correspondem às tecnologias comerciais e consolidadas; Tecnologia de 2ª geração, que são tecnologias emergentes; tecnologia de 3ª geração que ainda estão em desenvolvimento.

## **ROTAS TECNOLÓGICAS**

### **TECNOLOGIA PARA PRODUZIR ETANOL DE CANA-DE-AÇÚCAR DE 1ª GERAÇÃO**

A IEA (2009) classifica como a 1ª geração de biocombustíveis as tecnologias maduras e convencionais, aplicadas na produção de etanol a partir da cana-de-açúcar ou milho.

A produção de etanol de cana-de-açúcar de 1ª geração no Brasil possui uma trajetória longa de acumulação de experiência, absorção e adaptação de tecnologias.

As principais etapas do processo de produção são: a extração (moagem ou difusão), fermentação, destilação, retificação e desidratação do etanol hidratado, resultando na obtenção de etanol anidro.

O Etanol é o biocombustível de primeira geração mais consumido no mundo e representa mais de 80% da produção de biocombustíveis líquidos (UNEP-DTIE, 2009).

---

<sup>1</sup>Biocombustível: é o combustível elaborado a partir da transformação de diferentes materiais orgânicos disponíveis de uma maneira renovável, por exemplo: produtos agrícolas, produtos florestais, resíduos agrícolas e florestais, resíduos industriais, algas e resíduos animais, entre outros (CASCON, 2007).

<sup>2</sup> São considerados biocombustíveis de primeira geração (ou convencionais) aqueles produzidos de fontes agrícolas primárias, como o biodiesel de oleaginosas e o etanol de milho ou cana-de-açúcar.

## **TECNOLOGIA PARA PRODUZIR ETANOL DE CANA-DE-AÇÚCAR DE 2ª GERAÇÃO**

O Etanol de segunda geração é produzido a partir dos polissacarídeos da parede celular vegetal e é também conhecido como etanol celulósico ou etanol lignocelulose<sup>3</sup>. A matéria-prima para produção é a celulose e hemicelulose, contida no bagaço ou na palha da cana-de-açúcar ou em outras matérias primas de origem vegetal<sup>4</sup>, que podem ser extraídas, fermentadas e transformadas em etanol.

A principal vantagem para o etanol celulósico derivado da cana de açúcar no Brasil é que a matéria prima pois se trata de um co-produto da cultura (palha da cana e/ou bagaço), apresentando assim grande potencial de crescimento de produção, não concorrendo, portanto, com a produção de açúcar e tão pouco apresenta custos logísticos adicionais para coleta e transporte da matéria prima.

Projeções indicam que esses processos poderiam aumentar o rendimento de produção de etanol por hectare em até 100% e produzir cerca de 300 litros de etanol por tonelada de bagaço seco (SZWARC, 2008).

## **TECNOLOGIA PARA PRODUZIR ETANOL DE CANA-DE-AÇÚCAR DE 3ª GERAÇÃO.**

A tecnologia para produção de etanol de terceira geração trata das rotas de produção de biocombustíveis que estão ainda nos seus estágios iniciais de pesquisa e desenvolvimento, a tecnologia ainda está sendo testada e desenvolvida, não é conhecida e configurada e/ou não possui aplicação comercial.

Segundo (IEA, 2009) são os biocombustíveis produzidos a partir de algas e o hidrogênio a partir de biomassa, os álcoois como biopropanol e butanol, ainda não são considerados relevantes para a comercialização no mercado de combustíveis devido à falta de experiência em plantas de produção. (UNEP-DTIE, 2009).

---

<sup>3</sup> Os materiais lignocelulósicos têm em sua composição basicamente celulose, hemicelulose e lignina, na proporção aproximada de 40% a 50%, 20% a 30% e 25% a 30% respectivamente, com variações em função do tipo de material. Esses compostos formam uma estrutura complexa e compacta, cujas características também dependerão do tipo de material a ser processado. Matéria-prima: resíduos de culturas (bagaço da cana-de-açúcar, palha de milho, palha de trigo, palha de arroz, casca de arroz, etc.), madeira, resinosas (pinheiros), resíduos de celulose (jornal, papel de escritório e reciclado), herbáceos (feno de alfafa, gramíneas, cana, etc.) e resíduos urbanos (CARDONA; QUINTERO; PAZ, 2010).

<sup>4</sup> Matéria-prima: resíduos de culturas (bagaço da cana-de-açúcar, palha de milho, palha de trigo, palha de arroz, casca de arroz, etc.), madeira, resinosas (pinheiros), resíduos de celulose (jornal, papel de escritório e reciclado), herbáceos (feno de alfafa, gramíneas, cana, etc.) e resíduos urbanos (CARDONA; QUINTERO; PAZ, 2010).

## **O ESGOTAMENTO DA PRODUTIVIDADE DO ETANOL DE PRIMEIRA GERAÇÃO.**

Não há dúvidas que o Brasil domine a tecnologia de produção de etanol de primeira geração e que obteve grandes avanços em produtividade tanto agrícola como industrial, mas a produção de etanol de primeira geração está próxima de seus limites teóricos. Como demonstra a tabela 1 abaixo:

Ao analisar os dados do estudo da CGEE (2007) é visível o esgotamento de eficiência da rota tecnológica tradicional, os avanços projetam-se num patamar máximo de 4% de aumento da produtividade.

A produção brasileira de etanol de primeira geração é atrelada a produção de açúcar e ao mercado internacional de açúcar e sempre que há um choque no setor, a produção de bioetanol é prejudicada e o mercado se retrai na utilização desse biocombustível.

## **O BIOCOMBUSTÍVEL DE SEGUNDA GERAÇÃO COMO SOLUÇÃO ENERGÉTICA**

O desenvolvimento das tecnologias dos biocombustíveis de segunda geração é impulsionado pela possibilidade de solucionar problemas oriundos das fontes energéticas atuais. Vários debates já destacaram a necessidade da produção de energia a partir de fontes renováveis como solução à insegurança energética oriunda do petróleo e os problemas decorrentes da queima de combustíveis fósseis, que também configuram uma preocupação global.

No tocante aos biocombustíveis de primeira geração, que são fontes de energia limpa e renovável, para ocorrer um aumento significativo de produção necessariamente haverá um impacto na ampliação de áreas cultiváveis, maior pressão sobre coberturas florestais nativas e concorrerá com a produção de alimentos.

Vale ressaltar que em setembro de 2009 o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) lançou o Zoneamento Agroecológico da Cana, com o objetivo de delimitar as áreas para o plantio da cana-de-açúcar consequentemente dificultando a ampliação dos canaviais e pressionando ainda mais o setor a apresentar ganhos de produtividade.

Diante do exposto percebe-se que os biocombustíveis de segunda geração apresentam-se como uma alternativa energética promissora.

## **OS DESAFIOS DA NOVA TECNOLOGIA**

O Brasil por ser referência em eficiência na produção do etanol de primeira geração e, consequentemente, no cultivo da cana de açúcar apresenta uma diferencial na corrida competitiva,

ao contrário do cenário dos demais países que pesquisam e investem nessa tecnologia. A matéria prima para os produtores brasileiros já está definida e é disponível para o setor: o bagaço e a palha da cana. A disponibilidade da matéria prima reduz os gastos com cultivo, coleta, transporte e armazenagem, posto que a estrutura logística é a mesma utilizada no trato tradicional dos canaviais. O grande desafio para o Brasil na produção de etanol de segunda geração se dá na esfera científica e tecnológica, na indústria química que difere do modelo tradicional de produção.

Apesar de todas as vantagens descritas a cerca da nova tecnologia é preciso reestruturar a atual carteira de projetos das principais agências federais de fomento à inovação no setor. A rota tecnológica corrente está organizada e consolidada, já estruturou redes de pesquisa com maior infiltração em projetos de financiamento do governo federal. Há um reduzido número de pesquisadores e empresas inovadoras com projetos em pesquisa e desenvolvimento para o etanol de segunda geração que intentam receber apoio pela Finep<sup>5</sup> e pelo BNDES. Com a consolidação da nova tecnologia a comercialização do produto acontece na rede de distribuição de etanol já existente.

## **A TRAJETÓRIA TECNOLÓGICA DO ETANOL BRASILEIRO (2000-2014)**

A trajetória de acumulação tecnológica industrial verifica-se para a 1ª geração de etanol de cana-de-açúcar com suas melhorias incrementais, e o desenvolvimento de tecnologias radicais de 2ª geração e 3ª geração.

Para Dantas e Figueiredo (2009) o período em estudo, de 2000 a 2014, a trajetória tecnológica do setor de etanol aborda duas fases identificadas pelos autores: de 1986 a 2002 ("fase de desaceleração e transição") e 2003 a 2009 ("fase do ressurgimento").

Entre 2000 e 2002 o marco é a liberalização do setor e a extinção do Proálcool, onde houve reestruturação da cadeia produtiva e novos desafios para as empresas existentes. Iniciou uma crescente busca por melhorias de produtividade para ter ganhos no novo ambiente de competitividade do setor.

A partir de 2003 as grandes empresas buscaram parcerias com centros de tecnologias para ajudar na corrida tecnológica. Nesse contexto merecem destaque: IAC. Instituto Agrônomo de Campinas; CTC. Centro de Tecnologia Canavieira; RIDESA. Rede Interuniversitária de Desenvolvimento do Setor Sucroalcooleiro; pelas melhorias tecnológicas relacionadas à parte agrícola.

A acumulação de capacidades tecnológicas para a etapa industrial da produção de etanol de primeira geração vivencia uma trajetória de estagnação apesar dos esforços do Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) que financiou diversos projetos visando

---

<sup>5</sup> A Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP), é uma empresa pública brasileira de fomento à ciência, tecnologia e inovação em empresas, universidades, institutos tecnológicos e outras instituições públicas ou privadas sediada no Rio de Janeiro. A empresa é vinculada ao Ministério da Ciência e Tecnologia.

avanços tecnológicos na área industrial de produção no setor brasileiro de etanol desde 2001 (BNDES e CGEE, 2008).

Os principais esforços relacionados a tecnologia de etanol de segunda geração:

Considerando as novas oportunidades da produção do etanol de segunda geração em 2007 o BNDES aprovou a liberação de um financiamento à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (Fapesp), no valor de R\$ 1,5 milhão visando o desenvolvimento de capacidades tecnológicas de biomassa lignocelulósica, direcionada à obtenção de novas fontes de matérias-primas químicas complementares ao petróleo (BNDES, 2007b).

No ano de 2006 o Laboratório de Tecnologia Enzimática (Enzitec) da UFRJ também estabeleceu um novo projeto de etanol de 2ª geração, financiado pelo governo, Finep e MCT.

Em 2007 a Empresa Oxiteno S/A Indústria e Comércio em parceria instituições de ensino e pesquisa, financiados pela FAPESP.

Já no período compreendido de 2002 a 2007, a Dedini Indústrias de Base, em parceria com o CTC, desenvolveu um projeto com o intuito de pesquisar a tecnologia 2ª geração a partir do processo de hidrólise ácida, utilizado para extrair etanol a partir do bagaço da cana-de-açúcar (Fonseca et al, 2007)

Ainda em 2007, 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).

Dando continuidade em 2008 foi criado 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 e 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.

A Petrobras, no ano de 2008, instalou no seu Centro de Pesquisas no Rio de Janeiro (Cenpes) uma planta piloto para produzir etanol por meio do processo de hidrólise enzimática e a segunda está fase de implantação no recém-criado Centro de Ciência e Tecnologia do Bioetanol, em Campinas (BNDES e CGEE, 2008).

Já em 2010 foi criado o Laboratório Nacional de Ciência e Tecnologia do Bioetanol (CTBE), vinculado ao Ministério de Ciência e Tecnologia, com objetivo de para 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, universidade e institutos de pesquisa nacionais e também internacionais.

Como resultado dos esforços em pesquisa e desenvolvimento dos projetos relacionados à produção e comercialização da nova tecnologia 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: Beta Renewables licenciou a tecnologia Proesa para construção e operação da primeira planta de segunda geração do Brasil. E ainda parceria com a DSM Gigante holandesa tem acordo para fornecimento de leveduras industriais para fermentação de etanol celulósico, e multinacional dinamarquesa Novozymes é 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 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. Esta, 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.

As três indústrias receberam apoio financeiro do programa PAISS do BNDES<sup>6</sup>. Apesar da capacidade de produção ainda ser limitada a expectativa é que traga grandes avanços no desenvolvimento e conhecimento dessa nova tecnologia, que poderá fomentar novos investimentos.

## ESTATÍSTICAS DOS ARTIGOS PUBLICADOS

A tabela a baixo refere o quantitativo de artigos científicos publicados em revistas especializadas no Brasil.

| Palavra-Chave / Período                       | 2000 a 2004 | 2005 a 2009 | 2010 a 2014 |
|---|-------------|-------------|-------------|
| Mudança tecnológica/ Rota tecnológica         | 0           | 5           | 4           |
| Biorrefinaria                                 | 0           | 0           | 2           |
| Biocombustíveis                               | 1           | 14          | 24          |
| Etanol de segunda geração + etanol celulósico | 0           | 6           | 14          |
| Inovação + Etanol                             | 0           | 2           | 7           |
| Bioetanol                                     | 0           | 3           | 48          |

**Fonte:** Elaborada pelo autor.

Verifica-se que nos últimos cinco anos houve crescente interesse na produção literária e pesquisa científica ligadas ao tema em questão.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir da análise dos artigos científicos relacionados à rota tecnológica de produção do etanol derivado da cana de açúcar e sobre tecnologias do setor sucroenergético brasileiro nos últimos 15 anos percebe-se que há esforços e estruturas de pesquisa e desenvolvimento em busca de inovações no setor.

O esforço voltado para a tecnologia do etanol de 1º geração, que é a tecnologia corrente, apresentou incrementos na melhoria de processos agrícolas e, em menor grau, nas escalas industriais. Surge ao setor uma oportunidade de inovação radical, o Etanol de segunda geração, tecnologia de produção onde através de um processo enzimático transforma a celulose contida no bagaço e na palha da cana em açúcar e posteriormente em etanol. Em 2014 no Brasil há três usinas de etanol celulósico instaladas para produção em escala comercial que podem produzir até 160 milhões de litros de etanol por ano.

No período estudado merece destaque os programas de melhoramento Genético da Cana-de-açúcar (PMGCA) na RIDESA, o Programa Cana (Procana) no IAC, e do Programa de

<sup>6</sup> O PAISS é uma iniciativa conjunta do BNDES e da Finep de seleção de planos de negócios e fomento a projetos que contemplem o desenvolvimento, a produção e a comercialização de novas tecnologias industriais destinadas ao processamento da biomassa oriunda da cana-de-açúcar, com a finalidade de organizar a entrada de pedidos de apoio financeiro no âmbito das duas instituições e permitir uma maior coordenação das ações de fomento e melhor integração dos instrumentos de apoio financeiro disponíveis.

Melhoramento da cana no CTC e o Programas da FAPESP referentes ao desenvolvimento tecnológico do etanol considerando os esforços em pesquisa, desenvolvimento e introdução de novas variedades de cana nos processos de Produção etanol de primeira e segunda geração.

É de suma importância que os principais agentes do processo de desenvolvimento tecnológico, as universidades, os institutos de pesquisa, e o P&D empresas privadas e estatais direcionemos esforços inovadores incrementais na trajetória existente e o devido incentivo ao suporte da trajetória emergente.

## REFERÊNCIA

BELL, M. Learning and the accumulation of industrial technological capacity developing countries. In: KING, K.; FRANSMAN, M. (Ed.). **Technological capability in the third world**. London: Macmilan, 1984, p. 187–209.

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

BELL, M.; PAVITT, K. The development of technological capabilities. In: **HAQUE, I. U.** (Ed.). Trade, technology and international competitiveness. Washington: The World Bank, 1995, p. 69–101.

DOSI, G. **Mudança técnica e transformação industrial**. Campinas: UNICAMP, 2006.

\_\_\_\_\_. **Algumas questões sobre inovação Biotecnológica**. Ensaios FEE, Porto Alegre, v. 14, p. 368–371, 1993.

FIGUEIREDO, P. N. **Technological learning and competitive performance**. Edward Elgar. Cheltenham, UK, 2001.

\_\_\_\_\_. **Learning, capability accumulation and firms differences: evidence from latecomer steel**. Industrial and Corporate Change, v. 12, n. 3, p. 607–643, 2003.

\_\_\_\_\_. **Aprendizagem tecnológica e inovação industrial em economias emergentes: uma breve contribuição para o desenho e implementação de estudos empíricos e estratégias no Brasil**. Revista Brasileira de Inovação, v. 3, n. 2, p. 323–362, jul./dez. 2004.

\_\_\_\_\_. **Acumulação tecnológica e inovação industrial, conceitos, mensuração e evidências no Brasil**. SÃO PAULO EM PERSPECTIVA, v. 19, n. 1, p. 54–69, jan./mar. 200 .disponível em : <http://www.scielo.br/pdf/spp/v19n1/v19n1a05.pdf>

FREEMAN, C. **The national system of innovation in historical perspective**. Cambridge Journal of Economics, Oxford, v. 19, n.1, p. 5–24, 1995.

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

LALL, S. **Technological Capabilities and Industrialization**. World Development, Oxford, v. 20, n. 2, p. 165–186, 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. 27–57. cap.1.

LUNDEVALL, B. **Políticas de inovação na economia do aprendizado**. Revista parcerias Estratégicas, Ministério da Ciência e Tecnologia, Brasília, v.10, p. 200-218, Mar. 2001. Available from: <<http://www.cgee.org.br/parcerias/>>. Access on November 22, 2016

LUNDEVALL, B. **National Systems of Innovation: towards a theory of innovation and interactive learning**. Londres: Pinter, 1992.

LUNDEVALL, B.-Å. (ed.) (1992), **National Innovation Systems: Towards a Theory of Innovation and Interactive Learning**, London, Pinter Publishers.

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

\_\_\_\_\_. **Sectoral Systems of Innovation and Production**. Research Policy, p. 247–264, 2002. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/222680188\\_Sectoral\\_Systems\\_Of\\_Innovation\\_And\\_Production](https://www.researchgate.net/publication/222680188_Sectoral_Systems_Of_Innovation_And_Production)

MALERBA, F., MONTOBBIO, F., (2003). **Exploring Factors Affecting International Technological Specialization: the Role of Knowledge Flows and the Structure of Innovative Activity**. Journal of Evolutionary Economics, 13(4), p. 411-434.

NELSON, R. R. **What enables rapid economic progress: What are the needed institutions?** Research Policy, v. 37, p. 1–11, 2008.

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

ORGANIZAÇÃO PARA A COOPERAÇÃO E DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO (OECD). **Technology and the economy: the key relationships**. Paris, 1992.

PAVITT, K. **Technological Accumulation and Industrial Growth: Contrast Between Developed and Developing Countries**. Industrial and Corporate Change, v. 2, n. 2, p. Disponível em : [https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=IYBk4yk3F9oC&oi=fnd&pg=PA83&dq=PAVITT,+K.+Technological+Accumulation+and+Industrial+Growth:+Contrast+Between+Developed+and+Developing+Countries&ots=Fiuocaxuqc&sig=BKTG2wewS4U\\_JO8wdXlEu8u5kuI#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=IYBk4yk3F9oC&oi=fnd&pg=PA83&dq=PAVITT,+K.+Technological+Accumulation+and+Industrial+Growth:+Contrast+Between+Developed+and+Developing+Countries&ots=Fiuocaxuqc&sig=BKTG2wewS4U_JO8wdXlEu8u5kuI#v=onepage&q&f=false)

ROSÁRIO, F. J. P. **Competitividade e transformações estruturais na agroindústria sucroalcooleira no Brasil: uma análise sob a ótica dos sistemas setoriais de inovações**. 2008. 213 f. Tese (Doutorado em Economia) — Instituto de Economia. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2008.

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