

**RICARDO HENRIQUE NASCIMENTO DE SOUSA FARIA**

**O PROCESSO DE INOVAÇÃO NOS BIOCOMBUSTÍVEIS: O CASO  
DAS MICROALGAS DO NPDEAS**

Monografia apresentada como  
requisito obrigatório para aprovação no  
Curso de Ciências Econômicas do Setor de  
Ciências Sociais Aplicadas da Universidade  
Federal do Paraná UFPR.

Orientador: Prof.<sup>o</sup> Dr. José Wladimir  
Freitas da Fonseca

**CURITIBA**

**2013**

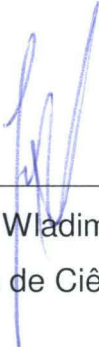
## TERMO DE APROVAÇÃO

RICARDO HENRIQUE NASCIMENTO DE SOUSA FARIA

### O PROCESSO DE INOVAÇÃO NOS BIOCOMBUSTÍVEIS: O CASO DAS MICROALGAS DO NPDEAS

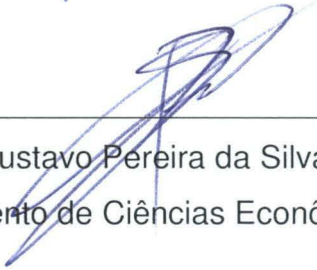
Monografia aprovada como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel no Curso de Graduação em Ciências Econômicas, Setor de Ciências Sociais Aplicadas da Universidade Federal do Paraná, pela seguinte banca examinadora:

Orientador:



---

Prof. Dr. José Wladimir Freitas da Fonseca  
Departamento de Ciências Econômicas, UFPR



---

Prof. Dr. Gustavo Pereira da Silva  
Departamento de Ciências Econômicas, UFPR



---

Prof. Dr. Junior Ruiz Garcia  
Departamento de Ciências Econômicas, UFPR

Curitiba, 16 de Dezembro de 2013

*"... que é muito difícil você vencer a injustiça secular, que dilacera o Brasil em dois países distintos: o país dos privilegiados e o país dos despossuídos."*

*(Ariano Suassuna)*

## RESUMO

O processo de inovação dentro da produção de combustíveis caracteriza-se pela existência de acumulação de conhecimento e adaptando-se processos antigos aos insumos novos, aliados às novas exigências do consumidor. As biotecnologias proporcionam um caso interessante, pois trabalham diretamente com elementos vivos que exigem um grau maior de pesquisa para que haja um controle mais rígido. Por sua vez, a teoria evolucionista mostra que a inovação é feita dinamicamente, proporcionando um aprendizado tecnológico, dada às necessidades do mercado. Neste trabalho, demonstrar-se-á como se verifica o processo de inovação dentro do processo e de técnicas de produção do biodiesel à base de microalgas dentro do NPDEAS/UFPR. Verifica-se também como foi utilizado as técnicas já existentes dentro do processo atualmente utilizado neste laboratório e também aborda-se a existência de melhorias processuais que aumentariam a viabilidade econômica.

Palavras-chave: Inovação; Teoria Evolucionista da Inovação; Biocombustíveis; Biotecnologia; Microalgas; Tecnologia; NPDEAS.

## **ABSTRACT**

The innovation process within the fuel production is characterized by the existence of knowledge accumulation and adapting old process to new inputs processes, allied to new consumer demands. Biotechnology provides an interesting case because they work directly with living elements that require a greater degree to have a better control. In turn, evolutionary theory shows that innovation is made dynamically, providing a technological learning, given the needs of the market. In this work, will be demonstrate how to check the innovation process within the process and techniques of microalgae-based production biodiesel within NPDEAS / UFPR. Moreover, is verified how the existing techniques has been used within the process currently used in this laboratory and also discusses the existence of procedural improvements that increase economic viability.

Keywords: Innovation, Evolutionist Innovation Theory; Biofuels; Biotechnology; Microalgae; Technology; NPDEAS.

## SUMÁRIO

|                                                                                                                                                  |           |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1 INTRODUÇÃO.....</b>                                                                                                                         | <b>7</b>  |
| <b>2 O PROCESSO DE INOVAÇÃO E A TEORIA EVOLUCIONISTA.....</b>                                                                                    | <b>9</b>  |
| 2.1 O PROCESSO DE INOVAÇÃO A PARTIR DA APRENDIZAGEM E ACUMULAÇÃO DE CONHECIMENTO: UMA ABORDAGEM A PARTIR DE RICHARD NELSON E SIDNEY WINTER ..... | 10        |
| 2.2 A TRAJETÓRIA TECNOLÓGICA E A MUDANÇA DE PARADIGMA: UMA ABORDAGEM A PARTIR DE GIOVANNI DOSI .....                                             | 13        |
| 2.3 A INOVAÇÃO E AS POLÍTICAS GOVERNAMENTAIS: UMA ABORDAGEM A PARTIR DE LINSU KIM .....                                                          | 17        |
| <b>3 O PROCESSO NAS BIOTECNOLOGIAS: O CASO DAS MICROALGAS NO BIODIESEL.....</b>                                                                  | <b>21</b> |
| 3.1 HISTÓRIA DO BIODIESEL.....                                                                                                                   | 21        |
| 3.2 A INSERÇÃO DAS MICROALGAS COMO INSUMO PRODUTIVO .....                                                                                        | 23        |
| 3.3 ENTRE A TEORIA E A PRÁTICA: APLICAÇÃO .....                                                                                                  | 26        |
| 3.3.1 Cultivo das microalgas .....                                                                                                               | 27        |
| 3.3.2 Recuperação da biomassa.....                                                                                                               | 30        |
| 3.3.3 Processamento da biomassa .....                                                                                                            | 31        |
| 3.3.4 Extração de óleos .....                                                                                                                    | 31        |
| 3.3.5 Produção do biodiesel.....                                                                                                                 | 33        |
| <b>4 CONCLUSÃO .....</b>                                                                                                                         | <b>35</b> |
| <b>REFERÊNCIAS.....</b>                                                                                                                          | <b>37</b> |

## 1 INTRODUÇÃO

Ao que concerne à inovação, a Teoria Evolucionista introduz nas Ciências Econômicas peculiaridades inerentes ao contexto histórico pertencente àquele momento. Tanto fatos históricos como guerras, revoluções, fatos naturais (como descobertas de jazidas, ou quebras de safras) ou a criação de novas necessidades, como também aspectos culturais e paradigmas internos da firma (RONDINA NETO, 2010), devem ser levados em consideração ao se estudar progresso técnico dentro da indústria.

Constata-se que a corrente de pensamento evolucionista, dos quais Nelson, Winter, Dosi e Kim são alguns de seus expoentes, nos revela outro ponto de vista da economia, ao qual será verificada neste trabalho.

Estímulos a novos produtos com processos diferentes dos atuais, incentivam a pesquisa e desenvolvimento. Nesse sentido, o atual debate sobre o desenvolvimento sustentável, engloba também a matriz energética vigente. Tornando a atual à base de combustíveis fósseis, dado o discurso do politicamente correto, não aceitável, dado seus divulgados danos ao meio ambiente.

Essa preocupação ambiental, mais a constante evolução técnica recente verificada na produção de variedades de combustíveis, por exemplo, o etanol de cana-de-açúcar, aliadas à descoberta de outros insumos que poderiam ter viabilidade comercial, fazem com que haja uma maior perspectiva quanto ao futuro deste mercado.

Assim sendo, o objetivo central deste estudo é identificar as técnicas inovadoras na biotecnologia, em específico no biodiesel produzido à base de microalgas. Desta forma, é possível indagar como ocorre o processo de inovação no biodiesel de microalgas. Dito diferentemente, de que forma podemos observar o que está sendo pesquisado no fenômeno de inovação no caso das algas no biodiesel.

Para tanto, o trabalho será estruturado em três partes, além da sua introdução. No capítulo dois procura-se estudar a teoria evolucionista para compreender como ocorre o processo de inovação. No terceiro capítulo, analisa-se o quadro conjuntural do biodiesel, a partir de um estudo histórico de seu processo

técnico e percepções atuais da inserção das microalgas. Por fim sumariam-se as principais conclusões.

## 2 O PROCESSO DE INOVAÇÃO E A TEORIA EVOLUCIONISTA

A importância de se rever a Teoria Evolucionista para a inovação está diretamente relacionada à sua forma dinâmica. Sabe-se que dentro da leitura evolucionista, o contexto histórico, cultural e tecnológico da sociedade tem relevância sobre as mudanças que ocorrem dentro da firma. Além disso, dentro das propostas evolucionistas tanto elementos aleatórios, quanto sistemáticos tem relevância para explicar os processos de inovação (CHECCHIA, 2003). Essas especificidades explicam os movimentos de substituição de algumas indústrias por outras, como nesse estudo, o biodiesel à base de microalgas, que pode vir a substituir o diesel fóssil que será apresentado neste trabalho.

Na teoria evolucionista, pode-se constatar que os processos de inovação não ocorrem de forma constante, pois os aspectos culturais e sociais podem ser diferentes entre as regiões. Há que se levar em consideração todas as características da sociedade, tais como a capacidade de se adaptar a novos processos ou suas características geográficas. Os critérios de seleção de produtos e indústrias não são homogêneas, já que os aspectos históricos, sociais e culturais influem decisivamente na aptidão de cada uma (CHECCHIA, 2003). Ou ainda mais claro, mesmo com maiores aptidões, eventualmente é observado que não é possível a inclusão de algumas indústrias em certas regiões, não sendo observado esta mesma resposta em um outro momento.

Afora isso, busca-se entender teoricamente, como a Teoria Evolucionista vem explicar como a dinâmica de mercado pode ser compreendida com base no desenvolvimento sucessivo, em informações anteriores e redesenhadas de forma constante, tendo como foco principal, novamente, uma abordagem ao processo de pesquisa do biodiesel desenvolvido pelo Núcleo de Pesquisa e Desenvolvimento de Energia Autossustentável (NPDEAS) da Universidade Federal do Paraná (UFPR) com microalgas.

A fim de se construir uma base teórica para entender o fenômeno de inovação nas biotecnologias três autores foram estudados por serem considerados

clássicos dentro da Teoria Evolucionista, são eles: Nelson e Winter (2005), Dosi (2005) e Kim (2005)<sup>1</sup>.

## 2.1 O PROCESSO DE INOVAÇÃO A PARTIR DA APRENDIZAGEM E ACUMULAÇÃO DE CONHECIMENTO: UMA ABORDAGEM A PARTIR DE RICHARD NELSON E SIDNEY WINTER

Como uma ciência que não desenvolveu ainda seu potencial, a economia é apontada por Nelson e Winter, igualmente a um ponto infantil, dada ao seu estágio inicial de avanço, em comparação neste caso à biologia, assemelhando os níveis de avanço das duas ciências (NELSON; WINTER, 2005).

Podemos dizer que os autores desenvolvem uma evolução, uma mudança de conceito dentro da ciência econômica. Argumentam que uma teoria que respeite as atividades em evolução terá um poder explicativo maior, tendo assim um poder de se analisar mais corretamente os fenômenos dentro de processo de inovação (NELSON; WINTER, 2005).

Para os autores, há uma leitura de que nem toda mudança é lenta e gradual, pois assim como há mudanças drásticas dentro das ciências biológicas (dentro do contexto de evolução das espécies, há o exemplo do desaparecimento dos dinossauros<sup>2</sup>, ou uma revolução ambientalista, que poderia desencadear no caso do biodiesel), outros eventos econômicos podem alterar toda uma estrutura já consolidada de produção econômica. Por isso, a inclusão de conceitos de atividades em evolução, em conjunto com elementos aleatórios. Pode-se citar assim, o caso do choque do petróleo, que será melhor desenvolvido mais à frente, que provocou

---

<sup>1</sup> Edições originais:

DOSI, G. **Technical change and industrial transformation: the theory and an application to the semiconductor industry**. London: THE MACMILLAN PRESS LTD., 1984.

KIM, L. **Imitation to Innovation: The Dynamics of Korea's Technological Learning**. Cambridge: HARVARD BUSINESS PRESS, 1997.

NELSON, R.; WINTER, S. **An evolutionary theory of economic change**. Cambridge: HARVARD UNIVERSITY PRESS, 1982.

<sup>2</sup> Fabiano Menegidio (2013) argumenta sobre a não citação dos dinossauros em Sobre a Origem das Espécies de Darwin. Este apenas os cita em outras obras, menos conhecidas, mas faz menção ao desaparecimento repentino após choque de um meteoro.

alterações no padrão energético brasileiro, de modo mais concreto com a criação do Proálcool (VEIGA FILHO; RAMOS, 2006).

Dentro da visão da Teoria Evolucionista dos autores, o processo comportamental da firma não está ligado a uma desvinculação completa do plano de gestão nas corporações. Desta forma, ainda que exista uma evolução natural dos processos, uma parte da cultura e dos costumes corporativos de uma firma continuará existindo dentro da rotina empresarial (REYNO; PIOLLI, 2009).

Podemos assim entender que, ainda que haja modificações estruturais como, por exemplo, mudanças nas políticas comerciais e estratégicas, certos valores e processos seriam mantidos dentro das firmas (NELSON; WINTER, 2005).

O biodiesel à base de microalgas ainda não é um produto que detenha atualmente viabilidade econômica, mas os avanços são grandes neste sentido. Para isso, verifica-se o grande esforço nas modificações de processos já existentes e no trabalho para diminuição dos custos de produção. Essa alteração no processo, porém ainda com traços culturais anteriores, indica exatamente o que Nelson e Winter defendem.

Outro ponto importante é que o índice de produtividade no campo é alto e também a área a ser comprometida para sua produção não afetaria a área de produção de alimentos<sup>3</sup> (LI et al., 2010). Isso se deve basicamente a sua produção ser intensiva e também não necessitar de uma área produtiva.

O modelo evolucionista destaca que as regras de decisão são tomadas da mesma forma que as técnicas de produção, com o que os evolucionistas chamam de “rotina” (NELSON; WINTER, 2005). Ou seja, os formadores de decisão dentro da empresa não o fazem frente aos modelos, mas sim mecanicamente, conforme a cultura organizacional local (da firma ou da região geográfica).

Ainda que em questões de decisão gerencial ou de alta importância estratégica, os formadores de decisão se depararam com problemas, onde nestes casos poderiam sair de sua rotina para tomar suas decisões. Essas questões o autor trata como eventualidades<sup>4</sup>. Dito de outra forma, há uma rotina comportamental, ou

---

<sup>3</sup> Como se pode verificar mais à frente, a colheita de microalgas pode ser feita a cada dois dias e também por ser aquática não necessita de terras férteis, podendo ser utilizadas áreas áridas.

<sup>4</sup> Neste ponto, os autores se atentam pelo fato de se depararem com pontos de decisão, as firmas tomam tais decisões ou como dentro da rotina, no caso de eventos previsíveis, ou como elementos que não podem ser previsíveis.

uma regra. Eventualmente essa regra pode ser quebrada, mas não é o padrão de comportamento.

Com base nessa regra, que não é imutável, pode-se afirmar que a rotina é um padrão comportamental, dado pela firma para as decisões tomadas rotineiramente, sejam elas pelo lado do “fazer” ou “escolher” (NELSON; WINTER, 2005). Nessa definição, inclui-se a noção de que o processo de produção é um reflexo de comportamentos anteriores, sendo a aprendizagem um fator de desenvolvimento, que pode ser aperfeiçoado no processo.

Os autores argumentam que não há uma vasta gama de processos produtivos a serem escolhidos, mas sim, dentro do contexto organizacional e das informações atualmente disponíveis, melhoras que podem ser implementadas. Dito diferentemente, que as mudanças não são em sua maioria revolucionárias, mas sim variações dentro de processos já existentes.

Dentro dos processos atualmente disponíveis para a obtenção de biodiesel já existem várias possibilidades, porém, ainda não há a produtividade desejada e que seja competitiva. Também há uma grande similaridade dos processos de produção existentes para biodiesel à base de outros elementos, com o processo voltado para o combustível oriundo de microalgas. A produção de biodiesel têm processos já conhecidos, mas a produção com microalgas detêm particularidades que elevam seu custo de produção e necessitam de aperfeiçoamentos específicos, como se poderá ver mais a frente.

Para o biodiesel de microalgas, além de seus sucedâneos diretos (biodiesel de palma, de mamona, girassol entre outros), há o seu maior antagonista, o diesel fóssil à base de petróleo. Essa disputa se move inicialmente sobre os custos de produção sobre cada tipo específico de diesel e também sua produtividade por área produzida. Com relação à cada uma dessas tecnologias de produção, que se diferem essencialmente pelo insumo apresentado e após isso a técnica de obtenção do produto final, é possível afirmar que o custo de produção atual do diesel fóssil ainda é preponderante frente aos diferentes tipos de biodiesel atualmente disponíveis (como poderá se verificar mais à frente). Logo, como essa diferença de custo é antiga, pois quando inventado o motor a diesel o baixo preço do petróleo causou o não incentivo do desenvolvimento de outras técnicas de obtenção deste óleo (CRUZ; ARNS, 2005).

Devido aos fatores atuais de sustentabilidade energética, há uma necessidade de novas matrizes energéticas. Nelson e Winter nos dizem que:

Como primeira aproximação, portanto, pode-se esperar que as firmas se comportem no futuro de acordo com as rotinas que empregaram no passado. Isso não implica uma identidade literal de comportamento ao longo do tempo, uma vez que as rotinas podem ser acionadas de formas complexas pelos sinais do ambiente. Mas implica que é bastante inadequado conceber o comportamento da firma em termos de uma escolha deliberada a partir de um amplo cardápio de alternativas que algum observador externo considera serem oportunidades “disponíveis” para a organização. O cardápio não é amplo, mas estreito e idiossincrático; ele é construído sobre as rotinas da firma, e a maior parcela das “escolhas” também é executada automaticamente por aquelas rotinas. Isso não significa que firmas individuais não possam ter grandes sucessos por um período curto ou longo: o sucesso e o fracasso dependem do estado do ambiente. Enquanto o mundo premiar grandes jogadores de tênis, estes serão bem-sucedidos no mundo, independentemente de seus talentos como físicos ou pianistas. Os esforços para compreender o funcionamento de empresas e de sistemas maiores devem dar conta do fato de que é improvável que a adaptação extremamente flexível à mudança seja uma característica do comportamento de firmas individuais. A teoria evolucionária dá conta disso. (RICHARD NELSON; SIDNEY WINTER, 2005, p. 203)

Pode-se interpretar que, a partir desses autores, no caso do biodiesel, premia-se o diesel fóssil, porém os esforços advindos de organizações de pesquisa como o Núcleo de Pesquisa e Desenvolvimento de Energia Auto-Sustentável (NPDEAS) da Universidade Federal do Paraná (UFPR), demonstra a preocupação e o interesse de se estabelecer esforços para que se consiga soluções ao problema da produção de um combustível renovável.

Além disso, grande parte de seus estudos são fomentados e apoiados firmemente por instituições como CNPq, Nilko Metalurgia Ltda e PSA Peugeot Citroën (NPDEAS, 2013) além de haver trocas de informações intelectuais com outras instituições já detentoras de informações sobre o processo, criando-se uma rede de estudos.

## 2.2 A TRAJETÓRIA TECNOLÓGICA E A MUDANÇA DE PARADIGMA: UMA ABORDAGEM A PARTIR DE GIOVANNI DOSI

Segundo Dosi (2005), ao se efetuar uma descoberta técnica, esta é rapidamente disseminada no ambiente corporativo, por meio do convívio diário dos vários níveis hierárquicos que podem se desprender do cotidiano do chão de fábrica.

Portanto, assim como a descoberta científica, que advém de anos de linhas de discursões e críticas acadêmicas, a descoberta técnica vêm de várias pequenas descobertas dentro do ambiente corporativo. Assim, uma descoberta de dentro da fábrica, dentro do processo produtivo, não é fruto de conhecimento totalmente novo, totalmente inovador, mas sim um produto final de outras inovações anteriores.

Neste contexto, pode-se subscrever o biodiesel de algas marinhas como uma reinvenção de um produto já existente, sejam eles por dois motivos, ou a mudança de paradigma, ou a mudança técnica.

Pode-se entender a mudança do diesel à base de petróleo para o biodiesel como uma mudança de paradigma, um paradigma técnico ou tecnológico, da sociedade frente às mudanças adotadas pela questão ambiental, em uma procura por produtos que detenham o menor impacto ambiental. Porém, pode-se salientar aqui também que, em suas origens, o próprio motor a diesel foi inventado para que fosse permitido o uso dos mais diversos materiais como fonte de seu combustível (DEFANTI, SIQUEIRA, LINHARES; 2010)<sup>5</sup>, portanto não seria o próprio uso de biodiesel uma inovação, mas uma readaptação de uma concepção antiga.

Então, faz-se a observação de que poderá haver tanto uma mudança de paradigma, do diesel fóssil para o biodiesel, como uma mudança técnica, já que óleos combustíveis vegetais são conhecidos há vários anos. E neste último caso sim, haveria um insumo alternativo e com produtividade acima dos anteriores.

O paradigma tecnológico ocorre paralelamente ao paradigma científico, como um dos fatos inovadores para Dosi, que é fruto de uma convergência de outros conhecimentos já existentes, e que foram melhorados.

Assim, ao criticar as teorias que apontam, o que ele chama de, “indução pela demanda”, ele introduz mais um componente para a inovação. Esta que representa a definição condução das inovações técnicas pelo lado da demanda, tem certa relevância, como são observados em vários casos empiricamente, porém fica evidente o posicionamento exato de Dosi, em citar que essa não é a mais vital condição para que se haja a inovação.

---

<sup>5</sup> O motor projetado por Rudolf Diesel tinha o objetivo de ter como combustível qualquer óleo, mas no contexto de sua criação e popularização, o óleo fóssil petrolífero era o de menor custo de produção, em função disso, se popularizou este óleo com o nome de Óleo Diesel. Ainda que a intenção final fosse o uso de materiais de origem vegetal, fato citado pelo próprio inventor (BIODIESELBR; 2013).

Todavia, a indução pela demanda é um componente interessante para que se haja algum nível de interesse em relação a aquela linha de pesquisa, segundo o ponto de vista do mesmo. Neste ponto, pode-se perceber que o interesse pelos biocombustíveis se faz presente, pelo já citado interesse nas questões ambientais. Este interesse pelo lado da demanda estaria se refletindo em novas fontes de combustíveis, principalmente renováveis e teria nas microalgas, um dos mais promissores candidatos e já em um estágio avançado de estudos de viabilidade técnica.

Também pode-se incluir que, há um interesse especial no biodiesel de microalgas pela sua alta produtividade por área produzida (LI et al., 2010), que será aprofundado mais à frente. Sobre a indução pela demanda, pode-se refletir nas palavras do autor:

As ambigüidades teóricas com respeito às teorias da indução pela demanda parecem inevitavelmente refletidas nos estudos empíricos sobre os determinantes da inovação. De modo não surpreendente, a maioria desses estudos constata que o “mercado é importante na determinação das inovações de sucesso”. Contudo, estamos de acordo com Mowery & Rosenberg, quando afirmam que a maior parte dos estudos que adota a abordagem da indução pela demanda não consegue produzir evidências suficientes quanto à afirmação de que “as necessidades expressas através da sinalização do mercado” são as principais forças motoras da atividade inovadora.<sup>6</sup> (1979, *apud* GIOVANNI DOSI, 2005, p. 35)

Mais a frente, o autor sentencia:

Ficariamos relativamente surpresos com o oposto – isto é, de que empresas tentem produzir inovações que elas supostamente **não** seriam capazes de vender. Em geral, a percepção de um mercado potencial faz parte das condições **necessárias** para a inovação, mas **não** constitui de modo algum a condição suficiente. (GIOVANNI DOSI, 2005, p. 36, grifo do autor)

Além da “indução pela demanda”, há também alguns outros aspectos que deverão ser levados em conta, na visão de Dosi, por exemplo, o papel crescente dos insumos científicos, a crescente complexidade das atividades de pesquisa, a correlação entre os esforços de pesquisa e desenvolvimento e os pedidos de patenteamento, o “aprendizado pela execução” (*learning by doing*), a incerteza do resultado da pesquisa, a tecnologia produzindo tecnologia e, por fim, a regularidade das mudanças tecnológicas.

Inclusive, na definição de Dosi sobre a tecnologia, há uma visão mais ampla. Além de equipamentos físicos, inclui-se também o conhecimento proporcionado tanto academicamente (proporcionado por pesquisa e desenvolvimento, também chamado de P & D), quanto o conhecimento prático, advindo da rotina do dia a dia

---

<sup>6</sup>Mowery & Rosenberg (1979) empreendem uma revisão crítica desses estudos, nota de rodapé do autor.

das grandes empresas e corporações. Portanto, dito diferentemente, além de equipamentos, técnicas, o conhecimento (tanto prático, quanto teórico, aplicável à rotina da firma, quando este já não tenha sido aplicado) também pode ser considerado tecnologia (DOSI; 2005). Por isso, a pesquisa formulada sobre biodiesel de microalgas atualmente na UFPR, pode ser vista partir de Dosi, tanto como desenvolvimento de tecnologia aplicada à produção industrial, quanto de pesquisa e desenvolvimento, dado seu envolvimento em processos industriais e de rotinas implementadas.

Um questionamento importante a ser feito é porque certas tecnologias evoluem a passos mais largos que outros. Sendo mais específico, dentro de um grupo de tecnologias (tecnologia nuclear, eletrônica, petroquímica), porque algumas evoluem mais que outras.

Algumas técnicas estão mais avançadas que outras, pois por vezes os responsáveis pela sua condução estão preocupados com o resultado final, deixando eventuais descobertas em outras áreas similares em segundo plano (DOSI; 2005). Caso específico, novamente pode-se citar, é o diesel, que têm como função final a combustão (para motores de veículos, de geradores, entre outros usos), porém sua produção esteve sempre vinculada diretamente ao petróleo, conquanto nas últimas décadas com as questões ambientais, as linhas de pesquisa estão apontando para soluções que tenham como base recursos renováveis e cita-se mais entre eles o biodiesel (DEFANTI, SIQUEIRA, LINHARES; 2010).

Torna-se assim o progresso tecnológico, limitado às suas propostas iniciais, desenvolvendo-se aquém da que é possível, pois têm pouco espaço para alterações de oportunidades identificadas durante o processo, já que os objetivos iniciais estão definidas *a priori*. O nível de delimitações inseridas em uma trajetória é o que a dificulta a mudar esta mesma trajetória (DOSI; 2005).

Com isso, fica claro que uma mudança neste processo é muito difícil, mas também é prescindível citar que a incerteza quanto ao resultado de uma mudança tecnológica não é possível *ex-ante*. Mas aspectos conjunturais, como questões econômicas, políticas e culturais, fazem com que as instituições optem por certos investimentos em paradigmas tecnológicos distintos. Podemos citar o caso da Betamax que mesmo sendo superior tecnicamente, não teve como superar o VHS

no mercado de reprodutores de vídeos caseiros na década de 80 (BUENO, 2009) <sup>7</sup>. Isso se deveu muito, entre outros fatores, da política comercial da Sony Corporation, que não compartilhou com outras companhias seu novo formato de áudio.

O caso anterior citado pode ser repensado para o biodiesel, hoje pulverizado entre a palma (dendê), mamona e soja, mas que, novamente podemos citar, tem produtividade abaixo da demonstrada em relação às microalgas. A relação de diferença é grande, pois temos 450L/ha/ano para a soja e 6.000L/ha/ano para a palma. Enquanto que a estimativa da produtividade obtida com biodiesel à base de microalgas varia de 10.000 à 35.430 L/ha/ano (AZEREDO, 2012).

Igualmente, é possível identificar esse comportamento na intensa campanha estatal do governo Ernesto Geisel, que levou a um grande avanço no desenvolvimento do processo produtivo do etanol à base de cana-de-açúcar no Brasil durante a década de 70 e 80, sobretudo no Comando-Geral de Tecnologia da Aeroespacial (CTA, antigo Centro Técnico Aeroespacial) em São José dos Campos (SP). Esse apoio governamental teve como principal incentivo, as alterações dos preços internacionais do petróleo, devido a primeira e segunda crise do petróleo (GOLDEMBERG, NIGRO, COELHO, 2008), não se podendo creditar às preocupações socioambientais, que à esta época ainda não tinha tal expressão como hoje.

No entanto, nestas décadas de 70 e 80 não houve avanços em outros combustíveis a níveis comerciais, com exceção do etanol da cana-de-açúcar, com vistas a substituição dos combustíveis fósseis, à medida que, só houve algum desenvolvimento mais expressivo de estudos nessa área na década de 90 até os dias contemporâneos.

## 2.3 A INOVAÇÃO E AS POLÍTICAS GOVERNAMENTAIS: UMA ABORDAGEM A PARTIR DE LINSU KIM

O pioneirismo de Linsu Kim, ao tratar o processo de aprendizagem tecnológico torna constante sua referência sobre o assunto. Efetua-se assim, dentro

---

<sup>7</sup> Ver também GORDON (1982)

de sua literatura uma atenção especial aos problemas e soluções empregadas pela Coreia do Sul e seu crescimento econômico, acompanhado de alteração rápida de seu parque produtivo, bem como de sua pauta de exportações (SILVA, 2006). Efetuando-se a análise do crescimento coreano pós-guerra da Coreia, o autor faz uma análise de como as inovações estão ligadas ao comportamento da sociedade, além dos estímulos de pesquisa.

Ao analisar as relações entre inovações tecnológicas e as políticas governamentais Linsu Kim apresenta em primeiro lugar uma definição do que é a capacidade tecnológica do país e também como ela pode ser empregada.

A capacidade tecnológica não se revela simplesmente pelo conhecimento adquirido, mas de modo mais importante pelo seu aproveitamento e pela competência com a qual ele é empregado nos investimentos, na produção e na criação de novos conhecimentos. Por esse motivo, as expressões “aptidão tecnológica” e “capacidade de absorção” são usadas indistintamente, com a “capacidade de absorção” sendo definida como a capacidade de assimilar o conhecimento existente e, a partir deste, gerar um novo conhecimento. (KIM, 2005, p. 17)

A partir disso, seu segundo ponto, Kim desenvolve que, ainda que haja uma tendência ou aptidão tecnológica de determinado Estado, ela pode não se concretizar devido à falta de políticas de organização estatal. Deste modo, podemos analisar que, ainda que tenhamos terras abundantes e altos índices de irradiação solar (AZEREDO, 2012), se não houver alguma política sistemática para que haja uma absorção completa dos projetos em andamento de produção de biocombustíveis, não haverá capacidade de absorção desses conhecimentos produzidos.

O contrário também pode ser dito, que ainda que haja uma política de fomento estatal, o mercado também tem que reagir diante de tais políticas.

A perspectiva dos mecanismos de mercado abrange tanto o lado da demanda do desenvolvimento de tecnologias geradoras das necessidades de mudanças tecnológicas do mercado, como o lado da oferta do desenvolvimento da tecnologia fornecedora da capacidade tecnológica. O primeiro é chamado com frequência de política industrial, no sentido estrito do termo, ao passo que o segundo pode ser concebido como política de ciência e tecnologia.

Em outras palavras, essa perspectiva classifica as políticas relativas ao desenvolvimento tecnológico em três componentes principais: políticas desenvolvidas para fortalecer a demanda, gerando necessidades tecnológicas de mercado; políticas desenvolvidas para fortalecer a oferta, aumentando a capacidade de geração de ciência e tecnologia; e políticas desenvolvidas para criar um vínculo efetivo entre a demanda e a oferta, tentando assegurar que as atividades de inovação sejam tanto tecnológica quanto comercialmente bem-sucedidas. (KIM, 2005, p. 17 e 18)

Embora ambos sejam importantes, é necessário que haja sinergia entre os dois lados, tanto oferta quanto demanda da pesquisa. Desta forma, um mercado que

seja altamente competitivo, não terá condições de investir em projetos de resultados duvidosos em quaisquer empresas deste setor. Em um setor competitivo, como o combustíveis onde as empresas são grandes *players* internacionais, os investimentos nesta área são grandes e qualquer competição à nível de produtos sucedâneos, será amplamente vigiado e terá a atenção do mercado.

Portanto estruturalmente, em certos mercados haja vista que a competição entre empresas é acirrada e que os investimentos em P & D são de altíssimo custo, não há espaço para investimentos de pesquisa e inovação que contenha riscos de retorno (KIM; 2005). Em um setor que demanda muitos recursos, como é a área de química (área que desenvolve, entre outros, combustíveis) em se tratando de pesquisa, dada o seu longo tempo de maturação, não é plausível pensar que se tenham investimentos pesados em projetos de combustíveis alternativos que podem não dar certo.

Também é importante notar que o mercado poderá demandar sim recursos, porém se não houver aptidão tecnológica deste mercado, portanto este país deverá ter dificuldades de satisfazer essa demanda do mercado. Assim, medidas pontuais do Estado serão necessárias, em face da grande necessidade de determinados produtos. Novamente, dentro do setor de combustíveis, a grande necessidade de recursos para a pesquisa neste setor poderá ser suprida pelo investimento governamental.

Dado isso, chegamos ao terceiro ponto de Kim<sup>8</sup> (2005), que mostra como é feito a administração da oferta e demanda dos projetos de P & D. Com base nisso, pode-se elaborar que apesar da alta oferta de pesquisa em certos países desenvolvidos, não é verificado inovações no mercado, mesmo com uma demanda de mercado.

Entre os biocombustíveis, isto é traduzido pelo baixo custo de produção do óleo diesel e outros subprodutos do petróleo. Estes projetos de P & D de combustíveis vegetais, ainda que muito avançados, ainda não chegaram a ser mais competitivos que os produzidos à base de petróleo, mesmo com a alta volatilidade do preço deste (AZEREDO, 2012).

Estas aptidões produtivas, de investimento e de inovação, são as palavras chave, para que haja uma sinergia e posterior maximização dos recursos do país.

---

<sup>8</sup> Essa discussão poderá ser mais bem compreendida em KIM (2005), que dissecou esse assunto apontando as razões que levam o mecanismo de mercado e pesquisa se encontrarem.

Portanto, não basta apenas que haja uma pesquisa desenvolvida e vontade política (governamental), além desses dois parâmetros, é imprescindível que haja um bom gerenciamento de todos os recursos disponíveis.

### 3 O PROCESSO NAS BIOTECNOLOGIAS: O CASO DAS MICROALGAS NO BIODIESEL

#### 3.1 HISTÓRIA DO BIODIESEL

A história do biodiesel se inicia com a ideia inicial do motor diesel, inventado por Rudolph Diesel, que em 1895 desenvolveu um motor que funcionasse com vários tipos de óleos vegetais. Com isso, houve um avanço em relação aos motores que eram utilizados à época, motores a vapor (MIT, 2004). Com esse avanço, pôde ser expandido o uso de motor a outras fronteiras, pois diminuiu os limites de seu uso pelo tamanho físico e também pela facilidade de movimentação. Porém devido ao baixo custo do óleo à base de petróleo, este se popularizou (CRUZ; ARNS, 2005).

Pode-se verificar então que o diesel à base de vegetais não é um produto totalmente novo, mas já um bem idealizado, desde o momento da invenção do motor à óleo diesel. Por isso o biodiesel pode ser considerado anterior ao próprio diesel fóssil. Segundo Defanti; Siqueira e Linhares biodiesel é:

É um combustível renovável, biodegradável e ambientalmente correto, e sucedâneo ao óleo diesel mineral, constituído de uma mistura de ésteres metílicos ou etílicos de ácidos graxos, obtido da reação de transesterificação de qualquer triglicerídeo com um álcool de cadeia curta, metanol ou etanol, respectivamente (PARENTE, 2003 apud TEIXEIRA, 2008, p. 9).

Com o óleo desenvolvido pelas companhias petrolíferas foi possível sua maior popularização, e a inclusão de seu nome no óleo desenvolvido. Porém, seu uso afastou o desenvolvimento de motores que usassem outros tipos de óleos com origens que não fossem de petróleo, já que a ideia inicial de Diesel era um motor com tolerância à combustíveis com qualquer origem, usando-se assim de óleos vegetais a animais, sejam eles de mamona ou de gordura de porco (CRUZ; ARNS, 2005).

Em agosto de 1937, Charles George Chavanne, patenteia o processo de produção de óleo a partir de óleo vegetal (transformando-os em ésteres metílicos e etílicos de ácidos graxos de cadeia longa). Esta patente, chamada de "*Procédé de transformation d'huiles végétales en vue de leur utilisation comme carburants*" é considerado um marco do biodiesel, pois foram ali inseridos os primeiros passos do

processo de produção atualmente conhecidos. Juntamente com outro artigo de Chavanne, publicado posteriormente, a transesterificação do óleo de palma africana (dendê) com metanol ou etanol na presença de ácido sulfúrico como catalisador, foram os mais antigos conhecidos processos evidenciados (DABDOUB; BRONZEL; RAMPIN, 2009).

A partir de 1938, já é possível a locomoção física, por esse novo método de combustão interna, que chega a ter uso comercial, na linha de ônibus de Louvain à Bruxelas na Bélgica. Ainda que fosse muito interessante, somente na década de 80 é que foi referenciado este tipo de produto como Biodiesel (DABDOUB; BRONZEL; RAMPIN, 2009).

Durante a década de 70 com a crise do petróleo, foram iniciadas várias tentativas de utilização de óleos vegetais, dadas as alterações nos preços mundiais do óleo fóssil (CRUZ; ARNS, 2005).

Com a criação do Proálcool no Brasil em 75, houve uma intensa mudança nas políticas governamentais do mercado de combustíveis, com a inclusão do álcool (etanol de cana-de-açúcar) dentro de uma política de incentivos estatais (VEIGA FILHO; RAMOS, 2006). Esta política apoiada não só pela crise do petróleo, mas também pela queda dos preços internacionais do açúcar de cana-de-açúcar, foi a primeira grande política de mudança estrutural de matriz energética mundial.

No entanto, somente em 1988, Wang batizaria o produto de Biodiesel e que assim ficaria definido (DABDOUB; BRONZEL; RAMPIN, 2009). Data também dessa época, retomadas de pesquisa nesta área, dada outra variação dos preços, constatada pela Guerra do Golfo, causada pela invasão do Iraque ao Kuwait, dois grandes produtores de petróleo.

No Brasil, a primeira patente de biodiesel foi registrada em 1980. Sob o nome “Processo de produção de combustíveis a partir de frutos ou sementes de oleaginosas”, a patente PI- 8007957 demonstra de forma semelhante ao que foi produzida por Chavanne que, era possível a formação de óleo combustível a partir de óleo de amêndoas de babaçu. A transesterificação foi descrita, tendo sido usado o hidróxido de sódio (ou potássio) como catalisador alcalino e de ácidos sulfídrico e clorídrico. Micro-ondas foram utilizados para acelerar o processo, otimizando o seu processo. Além disso, seria produzido neste processo, além do biodiesel, uma fração mais pesada molecularmente, que se convencionou chamar de bioquerosene

substituto do querosene à base de petróleo (DABDOUB; BRONZEL; RAMPIN, 2009).

Concomitantemente ao Proálcool<sup>9</sup>, houve a elaboração pela Comissão Nacional de Energia, através da Resolução n.º 007 datada de 22 de outubro de 1980 o Pró – Óleo que viria a ser um projeto de substituição do óleo diesel fóssil pelo diesel a base de elementos animais e vegetais. Porém não houve viabilidade econômica, nem desenvolvimento posterior, dada a variação negativa dos preços dos derivados de petróleo no decorrer da década de 80 (AZEREDO, 2012).

Ainda que o processo seja antigo e que a literatura sobre assunto seja vasta, há a discussão sobre o quão foi avançado neste assunto e se são considerados desprezíveis, mesmo com os avanços técnicos sobre a transesterificação evoluírem. Pois ainda podemos verificar uma limitação para que haja viabilidade econômica neste processo de produção.

Considera-se então que o limitante para o processo seja efetivamente o fator econômico, já que há problemas nas quantidades de entrada e saída de materiais, ou seja, há bastante excedente de resíduos dentro do processo. Dito diferentemente, há um problema de absorção de materiais, sendo ainda produzidos muitos materiais não aproveitáveis no processo (DABDOUB; BRONZEL; RAMPIN, 2009). À exemplo, podemos citar a água produzida para a lavagem de ésteres (contaminante químico), que é feita na proporção de 1:3 (para cada 1 litro de biodiesel é usado 3 litros de água), sendo que no processo convencional a água é usada em temperatura mais elevada, o que ainda traz os custos de aquecimento (ARAÚJO, 2012).

### 3.2 A INSERÇÃO DAS MICROALGAS COMO INSUMO PRODUTIVO

Microalgas têm sido consideradas como uma das matérias-primas mais promissoras para a produção de biodiesel, devido ao processo de produção rápido (24h), grande quantidade de óleo (entre 20 e 50% normalmente, podendo chegar a 80%), capacidade de adaptação ao ambiente, além de não ocupar áreas de cultivo.

---

<sup>9</sup> Programa brasileiro de incentivo a produção de álcool como combustível, em substituição à gasolina (VEIGA FILHO; RAMOS, 2006).

Porém, apresenta como desvantagem o alto custo do biodiesel produzido por microalga frente ao biodiesel obtido por matérias-primas convencionais, como óleo de soja, de milho e de palma (AZEREDO, 2012), como poderá ser verificado mais à frente.

Entre as alternativas para a redução do custo final do biodiesel pode-se citar a utilização de fontes de carbono baratas (amido de mandioca e caldo de cana) para a produção de microalgas de alto teor de óleo (LI et al., 2010), para que se aumente a produtividade da microalga proporcionando mais carbono para que haja uma maior taxa de fotossíntese. Inovação que foi introduzida a partir de mudanças *in loco* para a catálise do sistema e que teria uma vantagem brasileira dada à produção de cana-de-açúcar e consequente grande quantidade no mercado nacional. Esta inovação não está incorporada diretamente em outras técnicas, como por exemplo, a produção de biodiesel de soja, foi feita a partir da observação empírica laboratorial do processo de produção do biodiesel de microalgas.

A rota convencional de produção de biodiesel a partir de microalgas inclui a extração de lipídios da biomassa de microalgas seguida pela conversão em éster metílico de ácido graxo (biodiesel, conhecido ainda como FAME – fatty acid methyl ester) e glicerol (LI et al., 2010). Essa conversão de biomassa para biodiesel, e entre esses processos a extração dos lipídeos, é o que está em foco de desenvolvimento, levando a melhoramentos e aperfeiçoamentos constantes, ou seja, aprendizado, dado que não tem variação na rotina de fato. A introdução de um novo catalisador do processo, à base de cana-de-açúcar, é uma solução que vêm de encontro às alternativas brasileiras e tem sido explorada pelas pesquisas nacionais.

No âmbito internacional, após o choque de petróleo na década de 70, foram várias as alternativas pesquisadas pelas ciências, agora com maior investimento estatal, para a descoberta de novas tecnologias de matrizes energéticas. Inclui-se então o biodiesel à base de microalgas.

Entre elas, em 1978, pelo então presidente estadunidense Jimmy Carter, o Programa de Espécies Aquáticas, dirigido pelo Laboratório Nacional de Energia Renovável estudou mais de três mil tipos de algas e chegou à conclusão que devido à sua alta produtividade, e se produzida em grande escala, poderia ser usada na produção de combustível e na calefação residencial (DEFANTI; SIQUEIRA; LINHARES, 2010).

Esses estudos preliminares estadunidense foram os precursores iniciais deste novo ciclo de desenvolvimento, que se evidenciam no núcleo do NPDEAS, sendo produzidas inovações dentro das rotinas já existentes e incorporadas ao processo. Assim, houve uma imitação<sup>10</sup> de um processo já existente, porém depois de identificado pontos de estrangulamento, houve adaptações que redesenharam o processo, mas mantendo a lógica central.

Deve-se aqui definir que as microalgas se distinguem das macroalgas, que em nada têm de potencial para a produção de biodiesel. Ainda que haja estudos recentes que apontam o potencial para a produção de álcool a partir de macroalgas (AZEREDO, 2012). Assim as macroalgas, que também são usadas na alimentação, por exemplo, no preparo de sushis, não competiriam diretamente na produção, por terem escalas diferenciadas. Também se inclui aqui, outra definição, pois ainda que as cianobactérias sejam de reinos diferentes (pertencem ao Reino Monera) aos dos outros tipos de algas (que pertencem ao Reino Protista) elas são incluídas nos estudos das algas por terem as mesmas propriedades.

Porém, os processos de produção entre algas, são muito semelhantes, buscando-se assim, uma adaptação da tecnologia existente para uma escala maior, já que, a quantidade demandada para a produção atual são muito menores que para a projetada como insumo de biodiesel.

Dentro das microalgas temos quatro classes principais. A **Classe Cyanophyceae**, que são as algas azuis ou cianobactérias, são mais parecidas com as bactérias, porém como dito anteriormente são classificadas juntos à algas, por sua similaridade (AZEREDO, 2012). Dentre sua espécie mais conhecida, podemos citar a *Spirulina*, usada como alimento humano e animal.

A **Classe Bacillariophyceae** são organismos unicelulares que também podem ser encontrados em colônias. São as mais adaptáveis, podendo ser encontrados em águas salgadas e doces, e em mares com temperaturas diversas, desde a região polar, como tropical. Algumas espécies são usadas como alimentos para moluscos, como as ostras (AZEREDO, 2012).

A **Classe Chlorophyceae** são as classes que mais se adaptaram à vida urbana, tendo coloração esverdeada. Dentro dessa classe, está a *Dunaliella*, que é

---

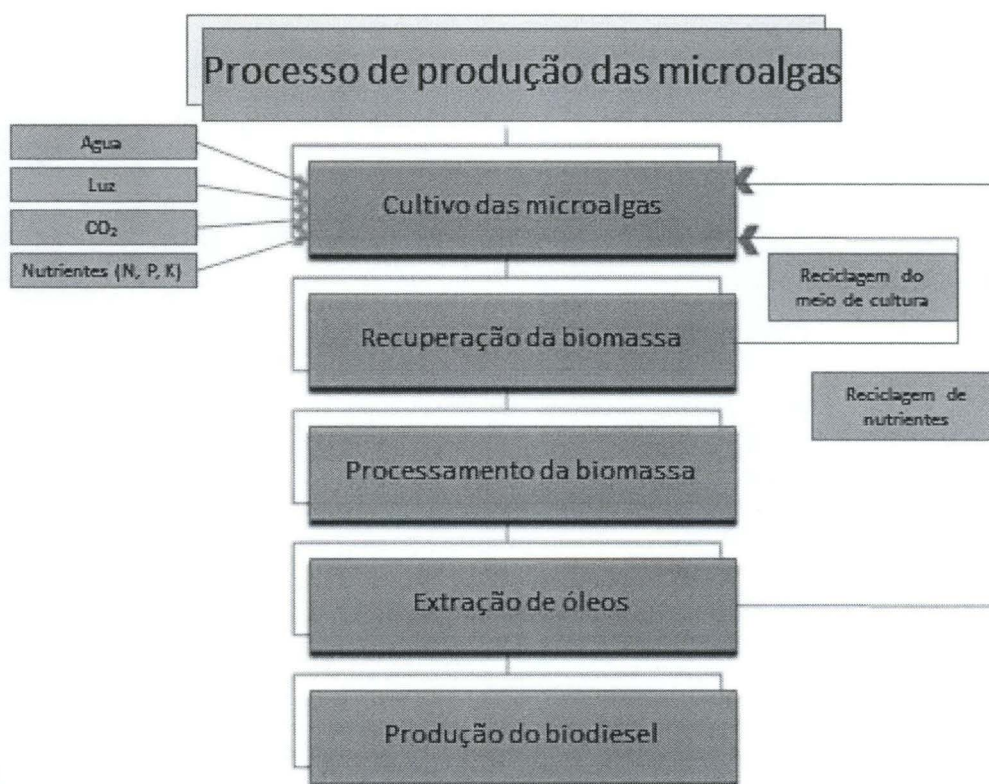
<sup>10</sup> Em seu livro-texto, Nelson e Winter (2005) classificam tais processos como controle, cópias e imitações, mas como não há um acesso direto do processo copiado, entende-se como imitação na definição dos mesmos.

produzida em larga escala desde a década de 60, tendo portanto um processo de cultivo já bem conhecido, mas que se encontra somente em ambiente salino (AZEREDO, 2012).

Por terem as maiores quantidades de ácidos graxos poli-insaturados (substância transformada de gordura em éter, substância que pode dar origem ao Biodiesel) dentre as suas espécies, a **Classe Chrysophyceae** pode ser considerada a mais indicada para a produção de biodiesel (AZEREDO, 2012) e é a utilizada dentro do NPDEAS.

### 3.3 ENTRE A TEORIA E A PRÁTICA: APLICAÇÃO

Para um melhor entendimento do desenvolvimento do processo produtivo da produção do biodiesel a base de microalgas, convém se aprofundar no funcionamento de como se articula as fases de produção, que pode ser visualizado pelo esquema abaixo.



Fonte: NPDEAS

Nota: Elaboração própria

### 3.3.1 Cultivo das microalgas

Este processo inicia-se com o cultivo das microalgas, de onde existem três tipos de programas de produção diferentes para a produção da biomassa, os sistemas autotróficos (utilizando luz solar e  $\text{CO}_2$ ), heterotróficos (utiliza-se compostos orgânicos e  $\text{CO}_2$ ) e mixotróficos (que utiliza de forma separada os dois processos anteriores), onde cada um é mais adequado para cada tipo de cultura, bem como a disponibilidade de outros fatores de produção, como trabalho, água, terra e energia (AZEREDO, 2012).

A cultura de microalgas é sensível a várias condições, como exemplo a temperatura, a contaminação de outros micro-organismos e a luz solar, tendo que manter sobre condições muito específicas para que haja uma maior produtividade por hectare produzido (NPDEAS, 2013).

A produção heterotrófica é baseada em algas que não necessitam de luz solar para seu desenvolvimento, portanto podem ser produzidas em tanques fechados e necessitam de um substrato orgânico. Consequentemente, não há a necessidade de uma grande área de superfície (AZEREDO, 2012). Para se desenvolver é necessária uma fonte de carbono (normalmente é usado a glicose) e sua produção é feita em biorreatores ou fermentadores.

Sua vantagem principal é que biorreatores e fermentadores são bem conhecidos e tecnicamente não desafiadores, dada o nível de avanço que já chegaram. Para determinadas espécies, foram apresentadas produtividades de 1,5 a 2 vezes mais que na produção autotrófica. Porém, seus investimentos fixos são altos, bem como os custos de produção o torna um produto muito mais custoso que os demais em produção. Somente com os custos do substrato orgânico e a eletricidade proveniente para sua produção, chega-se à proporção de 75% (AZEREDO, 2012). Seu custo de produção chega à US\$ 2,40, sendo ainda inadequado para o mercado atual (AZEREDO, 2012), enquanto que, segundo estimativas recentes, os custos de produção do biodiesel de soja, dendê (palma africana) e mamona são respectivamente R\$ 3,25, R\$ 4,66 e R\$ 5,78 (SANTANA, 2008).

Por sua vez, dentro da produção autotrófica, há outras três possibilidades de produção, que são a produção aberta, fechada e híbrida (AZEREDO, 2012).

Os abertos que podem ser intensivos ou extensivos são lagoas que podem ter vários tamanhos e formatos. Sendo as mais comuns, as lagoas abertas simples, são as mais conhecidas tendo a lagoa australiana Hutt (conhecida pela sua cor rosada em consequência da microalga *Dunaliella*) como uma das maiores já em produção. Por ser o mais difundido, conhecido e o que melhor se condiciona ao contexto brasileiro, por não exigir tanto investimento em insumo e capital, a abordagem mais comum na literatura é da produção autotrófica, com ênfase nas lagoas abertas (AZEREDO, 2012).

Figura 1: Lagoa aberta extensiva (Lagoa Hutt)



Fonte: ABC

Seu formato deve ser o mais raso possível, mas não extremo, pois há perda de nutrientes e  $\text{CO}_2$  para a atmosfera, o que acarreta em perda de produtividade, com uma profundidade de 30 a 100 centímetros dependendo da variedade produzida (AZEREDO, 2012). Também em um ambiente de menor volume, há uma maior variabilidade termal, bem como evaporação da água. Nesta mesma linha, uma grande área é necessária, pois com maior área superficial, haverá maior incidência solar, que aumentará a produtividade. Portanto, uma grande área e com baixo custo

são necessários para que haja viabilidade econômica (AZEVEDO, 2010). Um caso interessante, seria a produção em zonas semiáridas, como a região do nordeste brasileiro, que têm altas incidências de luz solar, regiões extensas, planas e com um custo abaixo dos padrões do restante do país.

A produção autotrófica fechada é a usada dentro NPDEAS, que se adequa plenamente à configuração do tipo tubular, ainda que existam outros designs como em colunas e em placas<sup>11</sup>, não entraremos na discussão desses últimos.

Figura 2: Primeiro fotobiorreator construído (NPDEAS)



Fonte: NPDEAS

Nesta construção, iniciada em 2007 e terminada em meados de 2010 (NPDEAS, 2013), é uma adaptação de fotobiorreatores construídos na década de 50 pela Arthur D. Little Company junto ao Massachusetts Institute of Technology (MIT). Atualmente, as maiores plantas de produção em biorreatores estão na Alemanha (em Klötze) e no Havaí (de propriedade da Mera Pharmaceuticals) (NPDEAS, 2013).

Na construção viabilizada pelo NPDEAS, houve a alteração do diâmetro dos dutos de plástico transparente, para que houvesse um maior aproveitamento da luz solar. Assim, atingem-se todos os dutos com intensidade semelhante e maximizando a incidência solar, dado que na região de Curitiba (local da planta) a incidência de sol é baixa no inverno, bem como, há baixa temperatura, limitando-se a fotossíntese (NPDEAS, 2013).

Nesse caso, a fotossíntese tem como delimitador o  $O_2$ , portanto a saída do mesmo é imprescindível para que haja maior produtividade da microalga. E também

<sup>11</sup> Neste ponto, nos ateremos apenas às estruturas tubulares, pois é a mais utilizada, dentro do sistema autotrófico (AZEREDO, 2012), bem como, é o sistema utilizado dentro do NPDEAS.

uma boa alimentação do CO<sub>2</sub>, para que seja produzido o maior volume de lipídeos possível.

Este tipo de adaptação revela a capacidade tecnológica pelo aproveitamento de competências no emprego de investimentos escassos, retirando-se assim todas as oportunidades, que esse baixo investimento lhe permite. Nesse contexto, podemos facilmente incluir a capacidade de absorção, nos entregue por Linsu Kim (2005), assimilando o conhecimento já existente dos processos de produção de microalgas conhecidos e incorporando técnicas da cultura e contextos climáticos locais para a adaptação do processo ao local.

### **3.3.2 Recuperação da biomassa**

O atual processo empregado pelo NPDEAS para a produção da biomassa (ou recuperação da biomassa), responsável pelo biodiesel, compreende a floculação e filtração do material resultante do fotobiorreator. Tanto o processo de floculação, como o de filtração, é de certo modo, mais rústico e manual, não se empregando tanta energia, porém é mais oneroso (NPDEAS, 2013). A floculação consiste em adição de materiais floclulantes e por meio de pás giratórias, movimentar o material oriundo do biorreator e por agregação de partículas conseguir manter um material mais viscoso (AZEREDO, 2012).

Logo após, esse material mais viscoso será filtrado para que todo o excesso de água seja retirado. Forma-se assim, uma grande massa verde próximo a um lodo, que detém cerca de 80% de umidade. Convém-se frisar que somente para alguns tipos de microalgas é que esse processo pode ser empregado, pois devido a diversidade de algas, muitas detenham uma circunferência muito ínfima, não será filtrada corretamente, mesmo com floclulantes mais fortes (NPDEAS, 2013).

Essa etapa está em processo de alteração, pois foi incorporado ao NPDEAS, uma máquina centrifugadora que acelerará essa demanda. Esta máquina doada pelo Grupo Nilko dará um ganho de produtividade, provocada por uma mudança técnica, na forma descrita por Giovanni Dosi (2005).

Essa mudança técnica empreendida por Dosi, pode ser facilmente verificado dentro dessa etapa, pois com a mudança no processo, dos atuais flocluladores e

filtros manuais para uma centrífugadora, haverá ganhos expressivos nos custos de produção e menor onerosidade neste processo. Ainda, uma adaptação ou desenvolvimento na máquina de centrifugação poderá ocasionar ainda maiores ganhos que podem viabilizar a produção comercial.

### **3.3.3 Processamento da biomassa**

Como na etapa de recuperação de biomassa, ainda há 80% de umidade, no próximo passo o processamento da biomassa será a purificação deste lodo resultante.

Entre os tipos de desidratação disponíveis estão a secagem ao sol, secagem em baixa pressão, secagem por pulverização, tambor de secagem, liofilização, e secagem em leito fluidizado. Entre esses processos de desidratação, os mesmos se diferem pelo custo e pela perda de material produtivo. O mais utilizado em plantas piloto é o tambor de secagem, mas ainda não contém nenhuma menção de um processo eficiente em nível industrial (AZEREDO, 2012).

Dentro do NPDEAS, a partir dessa etapa não há ainda uma produção em escala piloto, apenas testes laboratoriais. Mas ainda nesta etapa de testes, foram constatados que o processo de tambor de secagem aquecidos a vapor são uma alternativa que demonstra um grau aceitável de perda e um custo relativamente mais baixo que os outros processos conhecidos (NPDEAS, 2013).

Nelson e Winter (2005) citam que dentro da rotina temos limitações operacionais, ainda que haja uma vasta gama de processos que possam ser usados. Certo disso, podemos inferir que ainda que haja muitas técnicas de desidratação disponíveis, as características técnicas da biomassa não nos permitem utilizar em plenitude os processos atuais disponíveis. Porém o processo de tambor de secagem oferece o melhor (senão único) custo nas condições atuais, inerentes também ao atual nível de conhecimento técnico adquirido.

### **3.3.4 Extração de óleos**

Partindo-se para a próxima etapa da produção, boa parte do desafio de produção do biodiesel de microalgas está em como extrair o material lipídico, que é um éster (material com poder combustível) formado por ácido graxo e álcool. Essa extração é dificultada pela parede celular e o tamanho celular das microalgas, sendo que uma melhor técnica de rompimento celular proporcionaria maior produtividade na produção (AZEREDO, 2012). Dada as atuais condições, os processos atuais não rendem de forma que seja viável, pois a extração com uma grande quantidade de biomassa, ainda não tem um nível satisfatório de óleo em escala comercial. O custo desta etapa gira em torno de 20% à 30% do custo de todo o processo, sendo um dos maiores empecilhos para a viabilidade comercial (AZEVEDO, 2010).

Aumentando essa capacidade de extração, poderia se evitar as variações na composição do biodiesel, dada que, a variedade de espécies usadas na sua produção podem causar variação na composição do óleo. De forma similar, pode-se dizer que, nesta fase do processo, a otimização poderia causar uma melhor e maior padronização na composição de biodiesel produzido pelas mais diversas variedades de microalgas existentes (NPDEAS, 2013).

Existem inúmeras possibilidades de extração dos lipídeos da biomassa pura, entre eles estão o ultrassom, microondas, homogeneizadores, bead beater, extração com co-solventes orgânicos e extração com fluído supercrítico (AZEREDO, 2012). Porém a produtividade delas ainda é precária, frente aos métodos utilizados em plantas terrestres.

Uma das soluções de longo prazo, seria a melhora genética das algas para que houvesse um menor custo de quebra da parede celular (AZEREDO, 2012). Ou o desenvolvimento de outro processo mais eficiente. O que remeteria a idéia da mudança técnica, novamente de Dosi. Nela consta que o processo de mudança tecnológica pode ser empreendido, dada uma expectativa de vantagem econômica futura (DOSI, 2005), já que ao se passar essa barreira técnica, grande parte dos empecilhos para o avanço comercial não vão mais existir.

O NPDEAS não definiu uma técnica de extração atualmente, mas constam trabalhos específicos já publicados pela própria instituição sobre as vantagens de cada uma (NPDEAS, 2013). Novamente, o desenvolvimento de novas trajetórias tecnológicas, na visão de Dosi, sejam eles mudança pelo paradigma (o desenvolvimento genético) ou a mudança da trajetória tecnológica dos métodos já

conhecidos, aqui identificados, podem levar a uma melhora técnica substantiva nesta etapa. Sobretudo porque esta etapa é a mais crítica do processo de produção do biodiesel de microalgas.

### 3.3.5 Produção do biodiesel

Por fim, para a transesterificação, que é a grosso modo a efetiva transformação para o biodiesel, também contém vários métodos de processos disponíveis. A transesterificação nada mais é do que a decomposição de um éster mais complexo (no caso da biomassa oriunda de microalga, um triacilglicerol<sup>12</sup>) em um mais simples, com a ajuda de álcool e um catalisador que pode ser ácido ou básico, o que pode ser definido pelo material utilizado (AZEREDO, 2012). No caso do biodiesel, esse processo será usado sucessivamente, até que forme uma molécula simples de éster<sup>13</sup>. Como o etanol é um produto conhecidamente abundante no Brasil, seu uso não estaria condicionado a grandes investimentos, dado que sua quantidade no processo não é expressiva.

Essa etapa, conta com o conhecimento mais consolidado de todo o processo, pelo fato de processos similares de outros óleos vegetais poderem ser utilizados no processo de microalgas (AZEREDO, 2012).

O aprendizado tecnológico de Linsu Kim (2005) nos apresenta que os estímulos às pesquisas, juntamente com nossas aptidões técnicas já desenvolvidas são os culminantes para que haja desenvolvimento dessa etapa processual. Não obstante, falta o terceiro ponto de Kim, a correta administração da oferta e demanda dos projetos de P & D.

Dito diferentemente, pode-se lembrar já há um processo desenvolvido de transesterificação, estimulado e usado em outros biocombustíveis (como de mamona e o de soja), podendo haver modificações para microalgas. Também há aptidões, por exemplo o uso de etanol na transesterificação, produto abundante em nosso mercado. Por fim, há a falta da administração da oferta e demanda de P & D,

---

<sup>12</sup> Os Triacilgliceróis são lipídios formados pela ligação de 3 moléculas de ácidos graxos com o glicerol, um triálcool de 3 carbonos, através de ligações do tipo éster (DBM UFPB, 2013).

<sup>13</sup> Neste processo, será transformado o triacilglicerol em um diacilglicerol, haverá então a produção deste para um monoacilglicerol, que após isso será transformado em glicerol.

pois não há uma política específica para o biodiesel de microalgas, tendo priorização à outros insumos como os já citados soja, palma africana e mamona, que demandariam área de cultivo muito maior que a microalga.

As pesquisas apontadas pela literatura mostram que a composição química do óleo produzido a partir de microalgas está dentro do estabelecido pelas normas internacionais (AZEREDO, 2012). Neste caso, o biodiesel estaria apto a ser comercializado, assim como o é pela Oil Fox, que é a única produtora da América Latina a conseguir alcançar a viabilidade comercial do biodiesel a base de microalgas.

## 4 CONCLUSÃO

Ao longo deste trabalho pode-se verificar que a mudança técnica, o aprendizado e a inovação são primordiais no desenvolvimento de uma técnica para produção de um novo combustível. Ainda que este processo já tenha sido pesquisado, a falta de avanços e de uma pesquisa que leve em consideração os traços regionais, podem ser relevantes.

Constata-se que mesmo em uma zona subtropical, que não beneficiaria o desenvolvimento de uma planta aquática, que necessita de forte luz solar para sua fotossíntese, conseguiu-se resultados satisfatórios.

O trabalho efetuado pelo NPDEAS vai de encontro a uma série de necessidades verificadas no mercado mundial de combustíveis. Sendo a alta emissão de poluentes um dos maiores problemas ambientais atuais, o desenvolvimento de um combustível que tenha como seu insumo principal a necessidade de gás carbônico para seu cultivo, pode ser considerado uma ótima notícia.

Também é importante lembrar que microalgas são utilizadas dentro do processo de tratamento de efluentes domésticos pelas companhias de saneamento. Ou seja, este insumo pode ser também fornecido por essas companhias, o que poderia reduzir os custos de produção.

Ainda mais, verificando-se que após análise do processo de produção, poderíamos focalizar regiões de vasta incidência de luz solar e com alta quantidade do fator terra disponível (como assim o é a região do sertão nordestino) como uma grande oportunidade de desenvolvimento desse produto.

Pelo seu caráter de produção aquático e que não requer áreas com aptidão agrícola, a produção de microalgas não compete com terra voltada para a alimentação. Essa crítica é comumente feita dentro do debate acerca do álcool de cana-de-açúcar, que desequilibraria tanto a oferta de açúcar, quanto tiraria parte de terra agriculturável para a produção de alimentos.

Pode-se dizer que o fato de não necessitar de terras produtivas e, lembrando, de forte incidência solar faz com que a Região Nordeste do Brasil, seja

uma forte candidata a receber esses investimentos para produzir esse não tão novo biodiesel.

Esta região, reconhecida como uma das mais carentes do país, pode se beneficiar da obtenção de uma cultura agrícola que poderá se integrar facilmente à sociedade. Ainda mais, poderia ser um fator dinamizador da economia local, favorecendo o desenvolvimento econômico da região como um todo.

Pelo estado avançado de desenvolvimento dos estudos realizados pelo NPDEAS e também pelos estudos iniciais já realizados para os resíduos do processo, que poderá ser utilizado como biogás, há uma grande expectativa que este combustível possa alcançar competitividade comercial. Haveria desta forma, uma minimização dos ainda altos custos de produção deste tipo de biodiesel.

As últimas análises pesquisadas demonstram que o custo estimado mais otimista para a produção de biodiesel de microalgas giram em torno de R\$ 3,79/litro livre de impostos (AZEREDO, 2012). Ainda bem acima do diesel vendido comercialmente e também do preço do biodiesel de soja, o mais utilizado no Brasil atualmente. Porém com o desenvolvimento e investimento na pesquisa sobre as microalgas, há boas perspectivas para que haja um decréscimo neste valor de custo.

## REFERÊNCIAS

ABC. **Planet Ocean**. Disponível em: <<http://loffit.abc.es/2013/06/07/planet-ocean/presentation-powerpoint-4/>>. Acesso em: 03/08/2013.

AFPES. **España desarrolla biopetróleo en base a algas**. Disponível em: <<http://www.youtube.com/watch?v=ulf3tD5Tqxc>>. Acesso em: 25/11/2013.

ARAÚJO, O. A. S. **Equilíbrio de fases dos sistemas CO<sub>2</sub> + Biodiesel + Etanol e CO<sub>2</sub> + Glicerol + Etanol a altas pressões**. 78 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2012.

AZEREDO, V. B. S. de. **Produção de biodiesel a partir do cultivo de microalgas: estimativa de custos e perspectivas para o Brasil**. 171 f. Dissertação (Mestrado em Planejamento Energético) - Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2012. Disponível em: <[http://www.ppe.ufrj.br/ppe/production/tesis/vinicius\\_barbosa.pdf](http://www.ppe.ufrj.br/ppe/production/tesis/vinicius_barbosa.pdf)>. Acesso em: 29/11/2013.

AZEVEDO, A. M. M. **Análise top-down e bottom-up de um programa de inovação tecnológica na área de energia: o Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel (PNPB)**. 331 f. Tese (Doutorado em Política Científica e Tecnológica) – Departamento de Política Científica e Tecnológica, Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 2010. Disponível em: <<http://www.bibliotecadigital.unicamp.br/zeus/auth.php?back=http://www.bibliotecadigital.unicamp.br/document/?code=000779315&go=x&code=x&unit=x>>. Acesso em: 29/11/2013.

BIODIESEL Brasil. Disponível em: <<http://biodieselbrasil.com.br>>. Acesso em: 25/11/2013.

BUENO, Z. Anotações sobre a consolidação do mercado de videocassete no Brasil. **Revista de Economía Política de las Tecnologías de la Información y Comunicación**. São Cristóvão, v.11 n.3, p. 1-22, 2009.

CHECCHIA, P. R. **Uma introdução à abordagem evolucionista em economia: em busca de alternativas teóricas à ortodoxia**. 43 f. Monografia (Bacharelado em Economia) – Instituto de Economia, Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 2003. Disponível em:

<<http://www.bibliotecadigital.unicamp.br/document/?down=000294681>>. Acesso em: 29/11/2013.

CRUZ, J. C. F.; ARNS, S. E. **Biodiesel: uma proposta econômica, social e ambientalmente correta.** Sober, Maringá, 2005. Disponível em: <<http://www.sober.org.br/palestra/5/292.pdf>>. Acesso em: 20/11/2013.

DABDOUB, M. J.; BRONZEL, J. L.; RAMPIN, M. A. Biodiesel: visão crítica do status atual e perspectivas na academia e na indústria. **Química Nova**, São Paulo, v. 32, n. 3, p. 776-792, 07 abril 2009. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/qn/v32n3/a21v32n3.pdf>>. Acesso em: 29/11/2013.

DBM UFPB. **Lipídios.** Disponível em: <[http://www.dbm.ufpb.br/DBM\\_bioquimica\\_monitoria.htm](http://www.dbm.ufpb.br/DBM_bioquimica_monitoria.htm)>. Acesso em: 20/11/2013.

DEFANTI, L. S.; SIQUEIRA, N. S.; LINHARES, P. C. Produção de biocombustíveis a partir de algas fotossintetizantes. **Bolsista de Valor: Revista de divulgação do Projeto Universidade Petrobras e IF Fluminense**, Rio de Janeiro, v. 1, p. 11-21, 2010. Disponível em: <<http://essentiaeditora.iff.edu.br/index.php/BolsistaDeValor/article/view/1786/963>>. Acesso em: 30/11/2013.

DOSI, G. **Mudança técnica e transformação industrial: a teoria e uma aplicação à indústria dos semicondutores.** 1.ed. Campinas: UNICAMP, 2006.

ETZKOVITZ, H. Hélice tríplice: metáfora dos anos 90 descreve bem o mais sustentável modelo de sistema de inovação. **Conhecimento & Inovação**, Campinas, v. 6, n. 1, 2010. Disponível em <[http://inovacao.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1984-43952010000100002&lng=en&nrm=iso](http://inovacao.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1984-43952010000100002&lng=en&nrm=iso)>. Acesso em: 06/08/2013. Entrevista concedida a Luciano Valente.

GOES, T.; ARAÚJO, M. de; MARRA, R. **Biodiesel e sua sustentabilidade.** 19 f. Disponível em: <[http://www.embrapa.br/imprensa/artigos/2010/Trabalho\\_biodiesel\\_11\\_de\\_janeiro\\_d\\_e\\_2010-versao\\_final.pdf](http://www.embrapa.br/imprensa/artigos/2010/Trabalho_biodiesel_11_de_janeiro_d_e_2010-versao_final.pdf)>. Acesso em: 28/11/2013.

GOLDEMBERG, J.; NIGRO, F. E. B.; COELHO, S. T. Bioenergia no Estado de São Paulo: situação atual, perspectivas, barreiras e propostas. **Imprensa oficial do estado de São Paulo**, São Paulo, p. 152, 2008. Disponível em: <[http://www.iea.sp.gov.br/out/bioenergia/textos/bio\\_05\\_2008.pdf](http://www.iea.sp.gov.br/out/bioenergia/textos/bio_05_2008.pdf)> Acesso em: 27/11/2013.

GORDON, W. J. Fair use as market failure: a structural and economic analysis of the "Betamax" case and its predecessors. **Columbia Law Review**, New York, v. 82, n. 8, Dec., 1982, p. 1600-1657, 1982. Disponível em: <<http://www.jstor.org/stable/1122296>>. Acesso em: 25/12/2013.

KIM, L. **Da imitação à inovação: a dinâmica do aprendizado tecnológico da Coreia**. 1.ed. Campinas: UNICAMP, 2005.

KIM, L.; NELSON, R. (org.) **Tecnologia, aprendizado e inovação: as experiências das economias de industrialização recente**. 1.ed. Campinas: UNICAMP, 2005.

LI, P. et al. In situ biodiesel production from fast-growing and high oil content *Chlorella pyrenoidosa* in rice straw hydrolysate. **Journal of Biomedicine and Biotechnology**, Shanghai, v. 2011, 22 dezembro 2010. Disponível em: <<http://www.hindawi.com/journals/bmri/2011/141207/>>. Acesso em: 30/11/2013.

MARTINS, L. A. P. **A teoria da progressão dos animais de Lamarck**. 433 f. Dissertação (Mestrado em Genética) – Setor, Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 1993. Disponível em: <<http://www.bibliotecadigital.unicamp.br/zeus/auth.php?back=http://www.bibliotecadigital.unicamp.br/document/?code=vtls000062788&go=x&code=x&unit=x>>. Acesso em: 28/11/2013.

MIT. **Inventor of the week, Rudolph Diesel**. Disponível em: <<http://web.mit.edu/invent/iow/diesel.html>>. Acesso em: 25/11/2013.

NELSON, R.; WINTER, S. **Uma teoria evolucionária da mudança econômica**. 1.ed. Campinas: UNICAMP, 2005.

NPDEAS. Disponível em: <<http://npdeas.blogspot.com.br>>. Acesso em: 24/11/2013.

OIL FOX. **Biodiesel de Algas**. Disponível em: <<http://www.youtube.com/watch?v=QyBqYRQIBJI>>. Acesso em: 25/11/2013.

OIL Fox. Disponível em: <<http://www.oilfox.com.ar>>. Acesso em: 24/11/2013.

REYNO, F.; PIOLLI, A. A corrente econômica que veio da biologia evolutiva. **ComCiência**, Campinas, n.107, 2009. Disponível em:

<[http://comciencia.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1519-76542009000300005&lng=en&nrm=iso](http://comciencia.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1519-76542009000300005&lng=en&nrm=iso)>. Acesso em: 24/11/2013.

RISSARDI JÚNIOR, D. J.; SHIKIDA, P. F. A.; DAHMER, V. de S. Inovação, tecnologia e concorrência: uma revisita ao pensamento neoschumpeteriano. **Economia & Tecnologia**, Curitiba, v. 16, p. 117-130, Janeiro/Março de 2009. Disponível em: <<http://ojs.c3sl.ufpr.br/ojs2/index.php/ret/article/view/27308/18196>>. Acesso em: 28/11/2013.

RONDINA NETO, A. **Políticas públicas e inovação em nanotecnologia e biotecnologia no Brasil**. 48 f. Monografia (Curso de Ciências Econômicas) – Centro de Estudos Sociais Aplicados, Universidade Estadual de Londrina. Londrina, 2010. Disponível em: <<http://anais.unicentro.br/xixeaic/pdf/1148.pdf>>. Acesso em: 30/11/2013.

ROSALEM, V.; SILVA, E.; SANTOS, A. **Arranjos produtivos locais e a inovação tecnológica: uma análise sob a ótica da economia de custos de transação**. Resende, Simpósio de excelência em gestão e tecnologia. Disponível em: <[http://www.aedb.br/seget/artigos08/46\\_ARRANJOS%20PRODUTIVOS%20LOCAIS%20E%20A%20INOVACAO%20TECNOLOGICA.pdf](http://www.aedb.br/seget/artigos08/46_ARRANJOS%20PRODUTIVOS%20LOCAIS%20E%20A%20INOVACAO%20TECNOLOGICA.pdf)>. Acesso em: 25/11/2013.

SANTANA, G. C. de S. **Simulação e análise de custos na produção de biodiesel a partir de óleos vegetais**. 160 f. Tese (Doutorado em Engenharia Química) – Faculdade de Engenharia Química, Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 2008. Disponível em: <<http://www.bibliotecadigital.unicamp.br/zeus/auth.php?back=http://www.bibliotecadigital.unicamp.br/document/?code=vtls000448229&go=x&code=x&unit=x>>. Acesso em: 29/11/2013.

SILVA, A. M. Da imitação à inovação: a dinâmica do aprendizado tecnológico da Coreia. **Revista de Economia Política**, São Paulo, v. 26, n. 4, dezembro de 2006. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0101-31572006000400012&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-31572006000400012&lng=en&nrm=iso)>. Acesso em: 24/11/2013.

STOKES, D. **O quadrante de Pasteur: a ciência básica e a inovação tecnológica**. 1.ed. Campinas: UNICAMP, 2005.

VEIGA FILHO, A. de A.; RAMOS, P. Proálcool e evidências de concentração na produção e processamento de cana-de-açúcar. **Informações Econômicas**, São Paulo, v. 36, n. 7, jul. 2006, p. 48-61, 2006. Disponível em: <[ftp://ftp.sp.gov.br/ftpiea/publicacoes/tec4-0706.pdf](http://ftp.sp.gov.br/ftpiea/publicacoes/tec4-0706.pdf)>. Acesso em: 30/11/2013.