

Análise de sustentabilidade: desde a transesterificação até onde?

*Patricia Ochoa Zapata*¹

RESUMO

Analisar e discutir o assunto do biodiesel em um país como o Brasil, que é visto como aquele que tem a maior porcentagem de energia renovável do mundo e economicamente é considerado o maior país produtor de biodiesel de soja, pode ser um tema trivial da porta para fora de uma usina de biodiesel. Em termos técnicos, para os mais otimistas, o biodiesel é o substituto do diesel de petróleo e o combustível mais benéfico para o meio ambiente; para outros simplesmente é moda, um *simplex* aditivo imposto pela dependência do caminho tecnológico do combustível fóssil, e para outros pensamentos mais radicais não é um “bio” combustível estes creditam que a verdadeira energia renovável esta baseada em células eletroquímicas ou energia solar. O biodiesel estabelecido dentro da matriz energética é sustentável, porque integra um foco de justiça social: melhorar a qualidade de vida do ser humano sendo exemplar com o cuidado da natureza. Do ponto de vista de eficiência energética e econômica: energia como pilar de crescimento e desenvolvimento da economia de um país, e do enfoque ambiental: sabe se que sem boas práticas ambientais degradamos o meio ambiente, não respeitamos ao ser humano destruindo seu presente e gerando um futuro insustentável. Considerando a teoria relativista se pode projetar uma análise de sustentabilidade desde diferentes pontos de vista, porém o ponto de vista do autor em relação ao biodiesel pretende discutir e focalizar uma análise do biodiesel sob a posição tecnológica de desenvolvimento sustentável, ligado aos conceitos de química verde e na busca de um meio ambiente mais equilibrado.

Palavras-Chaves: *Sustentabilidade, Biodiesel, óleo vegetal, glicerol, química verde.*

1 1. Engenheira Química da Universidade Nacional da Colômbia - UNALMED, Mestranda em Engenharia de Biocombustíveis e Petroquímica da Universidade Federal de Rio de Janeiro – UFRJ. Email: pochoa@eq.ufrj.br, paca.chess@gmail.com

INTRODUÇÃO

Desde o início do século 19 o uso de combustíveis fósseis vem gerando demanda de cada dose seus derivados, de acordo com as necessidades tecnológicas e fins lucrativos existentes em cada momento, ajudando, assim, a impulsionar e desenvolver um parque industrial capaz de ofertar energia e produtos.

Não é segredo para ninguém que os preços do petróleo, matéria-prima das refinarias, estão sem competição no presente e que ainda não se estabeleceu outro modelo produtivo capaz de fabricar produtos como: gasolina, diesel, óleo combustível leve, óleo combustível pesado, nafta, querosene, asfalto, gás liquefeitos e lubrificantes, que moldam nosso estilo de vida. A utilização altamente eficiente dos recursos fósseis como matéria-prima e para fins energéticos sempre foi baseada na tecnologia do petróleo. Com o uso cada dia mais intenso desses recursos, nossa sociedade vive um momento de reflexão em termos ambientais, alimentares e energéticos procurando mudar para o paradigma de um mundo mais sustentável. Dentre esses pontos de reflexão se tem como tendência reduzir as emissões dos gases de efeito estufa e procurar uma forma de garantir segurança energética.

De acordo com esse contexto, o início do século 21 tem-se caracterizado por um grande interesse na utilização de matérias-primas de fontes renováveis para geração de inúmeros produtos de proveito tecnológico, incluindo componentes químicos básicos essenciais, e que poderiam substituir aqueles produtos obtidos por meio de processos refino-petroquímicos.

A alternativa de fonte renovável está ganhando cada vez mais importância. Uma das barreiras mais difíceis de superar são os elevados custos da biomassa e a inviabilidade econômica dos processos produtivos nela baseados. Diferentemente do petróleo, a composição da biomassa não é homogênea, pois suas fontes são grãos, madeira, grama e resíduos biológicos contendo carbono, hidrogênio e oxigênio, além de constituintes bem menores formados principalmente por nitrogênio e enxofre. A ampla variedade na composição da biomassa é tanto uma vantagem como uma desvantagem. A vantagem é que se pode produzir um conjunto maior de classes de produtos do que as refinarias de petróleo, já que são alimentadas por amplas variedades de matérias-primas. A desvantagem é que um número bem maior de processos tecnológicos é necessário, além do que mui-

tos desses processos ainda se encontram em estágio de desenvolvimento. Adicionalmente, a conversão industrial sustentável de biomassa em produtos com alto valor agregado ainda necessita de uma reestruturação parcial ou mesmo completa da economia.

O ponto de partida dos projetos de pesquisa se concentra nas instalações “mono-produtoras” já existentes de conversão de biomassa, propostas inicialmente como empresas produtoras de biocombustíveis, para nossa discussão nas usinas de biodiesel, baseadas em óleo vegetal. As plantas de biodiesel não têm diversidade. As grandes quantidades de glicerol produzidas como subproduto em plantas de biodiesel oferecem várias oportunidades para ser utilizadas lucrativamente. Essas empresas de primeira geração, se não fosse pelos incentivos governamentais, não satisfariam as exigências de processos ótimos, sustentáveis e economicamente viáveis. Essa concepção tem que mudar, com o objetivo de formar uma base tecnológica viável e sustentável, para sistemas de multiprodutos modelados dentro do conceito de biorrefinaria do futuro, baseada em fontes renováveis que fornecerão não somente combustíveis, mas também alimentos, materiais e produtos químicos.

DESENVOLVIMENTO DE PLATAFORMAS SUSTENTÁVEIS EM USINAS DE BIODIESEL

Analisar e discutir o assunto do biodiesel em um país como o Brasil que é considerado como detentor da maior porcentagem de energia renovável do mundo e economicamente é tido como o maior país produtor de biodiesel de soja pode ser um tema tão trivial de portas para fora em uma usina de biodiesel. Em termos técnicos, para os mais otimistas o biodiesel é o substituto do diesel de petróleo e o combustível mais benéfico para com o meio ambiente; para um é simplesmente moda, para outras correntes de pensamento é mero aditivo imposto pela dependência do caminho tecnológico do combustível fóssil, para outras correntes de pensamento não é um “bio” combustível e acreditam que a verdadeira energia renovável esta baseada em células eletroquímicas ou energia solar. Em termos estratégicos, para alguns políticos é publicidade política de geração de riqueza; para os agricultores e operários trata-se da fonte de emprego rural, para alguns é apenas um dogma enganoso de destruição de nossa Amazônia, já

para os engenheiros consiste em nosso presente, futuro e oportunidade de pesquisa e desenvolvimento profissional.

Qualquer um dos termos pode ser aceito, pois Einstein em sua famosa frase considera que “Nada é absoluto, tudo é relativo”. Uma relatividade que se pode projetar desde diferentes pontos de vista, porém o autor pretende discutir e se focalizar uma análise do biodiesel sob a posição positivista de desenvolvimento sustentável, ligado aos conceitos de química verde e biorrefinaria.

Transesterificação do óleo vegetal

Para começar do ponto de vista da reação, o biodiesel ou quimicamente conhecido como ésteres de ácidos graxos, especialmente ésteres metílicos (FAME) e, em menor medida, os ésteres etílicos (FAEE) são produzidos por meio de uma reação de transesterificação de óleo vegetal ou gordura animal com um álcool primário, na presença de catalisador e temperatura elevada, gerando glicerol como subproduto. Somente esta definição simples de reação é chave para começar nossa análise de sustentabilidade. Em nível mundial o álcool primário por excelência do ponto de vista econômico é o metano. Em uma primeira instância, o metanol é obtido pela produção de gás de síntese que, por sua vez é obtido a partir do gás natural petroquímico submetido a um processo químico a alta temperatura, criando ainda uma dependência com a exploração e refino do petróleo. Mas graças à ligação dos princípios de química verde com sustentabilidade econômica e ecológica, podemos encontrar trabalhos científicos já estabelecidos de produção de metanol a partir de biomassa, por meio de rotas BTL (Biomass to Liquid) ou trabalhos de pesquisa menos elaborados de produção de metanol a partir de glicerol. Similarmente acontece com o uso de etanol como álcool primário somente poderia falar de uma rota de transesterificação para produção de ésteres etílicos economicamente viáveis, no caso Brasil, onde se tem um benefício pela liderança em projetos de geração de álcool de primeira e segunda geração a partir da cana de açúcar e de seu bagaço; neste país existem usinas de produção de biodiesel usando bioetanol, obtendo assim um processo fechado de Biocombustíveis usados como matéria prima “Este País é o primeiro do mundo a desenvolver a tecnologia do biodiesel, totalmente renovável” [11]. Em outros países o bioetanol é produzido em uma menor proporção usando outras biomassas

como milhas, a beterraba, mas seus processos produtivos ainda não são economicamente viáveis, e o metanol continua sendo mais barato que o etanol. Porém, estrategicamente, poderiam continuar as pesquisas em torno da produção de bioetanol, por exemplo, de material lignocelulósico nas plantas de extração de óleo de palma, por meio de processos fermentativos de segunda geração dos cachos da árvore.

Analisando o óleo vegetal como matéria prima, é necessário considerar, que dele depende o nível de rendimento do processo, a rota do processo e as características físico-químicas que o biodiesel final pode adotar. Por exemplo, se usamos óleo de dendê para produzir biodiesel, nosso biocombustível se caracterizará por ter boa estabilidade oxidativa, mas piores propriedades de fluxo em frio, similarmente usando o óleo de mamona nosso biodiesel apresentará uma alta viscosidade que inclusive pode não cumprir as regulações para ser usado como combustível alternativo em motores diesel. No caso da soja acontece um fenômeno contrário com o dendê, ele apresenta um melhor comportamento em climas frios mais uma pobre estabilidade oxidativa além de apresentar um alto índice de iodo. Para o óleo de girassol, o biodiesel apresenta um alto índice de insaponificáveis gerando um teor baixo de metil ésteres, e finalmente o óleo de pinhão manso possui um elevado índice de acidez [12]; todas estas mudanças nas características do óleo vegetal e do biodiesel são devido à relação na composição dos ácidos graxos livres da matéria prima utilizada, mas também tudo este comportamento também é um reto tecnológico para solucionar cada um dos gargalos do processo produtivo; criando assim um espaço para inovar.

Outro tema de discussão de sustentabilidade social ligado ao exposto anteriormente é o fato se usar óleo vegetal como matéria prima para a produção de biodiesel. No caso do Brasil e da Argentina o óleo vegetal usado é o óleo de soja; no caso dos países que se encontram na linha do equador, tais como a Indonésia, a Malásia e a Colômbia, o óleo usado como matéria prima é o óleo de palma “dendê”, e no caso da Europa é usado o óleo de Canola. Para muitos experts o foco principal é a competência alimentar, a rápida socialização do biodiesel, havendo levado à preocupação de que a produção de biodiesel poderia desviar a agricultura da produção de óleo vegetal como alimento, deixando a população com fome, mas investigações feitas tem demonstrado que essa competência só seria possível, tendo uma distribuição irracional da produção de óleo no mundo. Como argu-

mento negativo desta posição, os especialistas analisam o caso de óleo de soja empregado para biodiesel, que agora provem do superávit existente, o que quer dizer que a indústria de biocombustíveis ainda não usa nada do azeite destinado para o mercado alimentar como matéria prima para gerar biocombustíveis. Na medida em que o óleo de soja seja mais custoso, a produção de biodiesel diminui a pressão sobre o alimento de soja sólido [5]. Além disso, existe igualmente trabalho de pesquisa orientada a procurar novas fontes de biomassa não alimentar para a produção de biodiesel, como o caso da produção de microalgas e com algum desacerto de óleo de mamona e pinhão manso.

Neste ponto é necessário estabelecer que o desenvolvimento sustentável dos biocombustíveis tenha dependência direta com a localização geográfica e a agricultura de todos os países, como caso pontual a comparação da produção de biodiesel de palma. No caso da Colômbia, devido à sua localização geográfica (os países andinos estão localizados na zona tropical e tem solos propícios para produtos agrícolas de grande eficiência na produção de biocombustíveis, como a cana de açúcar, palma, mandioca, pinhão manso, entre outros [8]) a matéria prima usada no projeto de geração de biodiesel, é o óleo de palma, com condições privilegiadas de clima e solo, dando oportunidades aos agricultores de melhorar suas possibilidades de emprego, a qualidade de vida e valorizando a agricultura familiar, sem pretender aumentar as áreas de desmatamento. No caso do Brasil, existe uma séria discussão pelo plantio de palma, igualmente devido que a melhor locação situa se nos estados mais próximos ao equador, para ninguém é segredo que a execução de um projeto de biodiesel baseado em óleo de dendê implicaria o plantio de palma na Amazônia brasileira, isto deve ser analisado com uma estratégia de sustentabilidade ecológica devido aos impactos ambientais gerados pela expansão não controlada de um limite agrícola, elemento que deve ser tido em conta ao delimitar as áreas de cultivo, devido à importância dos efeitos na disponibilidade de recursos naturais impactando diretamente a estabilidade ecológica e indiretamente o desenvolvimento socioeconômico das comunidades rurais.

Como síntese desta primeira abordagem se pode considerar uma estratégia específica de desenvolvimento sustentável, com uma ligação direta de viabilidade econômica, justiça social, e sustentabilidade ecológica das matérias primas usada na produção de biodiesel.

Purificação do biodiesel

Na teoria o processo de produção de biodiesel geralmente segue três passos, em que cada grupo de ácido graxo (o óleo esta formado por triglicerídeos, compostos por cadeias de ácidos graxos) é retirado e convertido sequencialmente numa única molécula de ácido graxo de éster de alquilo (biodiesel), em que a reação (1) álcool mais TAG torna-se diglicéridos (DAG), mais éster de ácidos graxos de alquilo. Subsequentemente, a reação (2) produz monoglicéridos (MAG) e um éster de alquilo de ácido graxo. Finalmente, a reação (3) gera glicerol (G) e um terceiro éster de alquilo de ácido graxo. Assim, na conversão completa, um mol de TAG gera três moles de biodiesel. As reações de transesterificação são reversíveis e um excesso molar de álcool é tipicamente proporcionado para dirigir o mecanismo para os produtos desejados. Se for usado o metanol, inicialmente a mistura reacional é bifásica porque o metanol é moderadamente solúvel em triglicerídeos. A mistura do produto é também polar, formando uma camada bifásica (glicerol / álcool), que é separada da camada de biodiesel por sedimentação ou centrifugação, seguida por decantação. Muitos processos utilizados para lavar a fase de biodiesel com água para separar e remover os níveis de traços de álcool, glicerina e catalisador. A reação de transesterificacion é rápida, de custo baixo e de alto rendimento, utilizando um catalisador homogêneo alcalino, tal como hidróxido de sódio ou hidróxido de potássio ou metóxido.

Com base na informação anterior estabelecida para um processo produtivo economicamente viável é necessário evidenciar as diferentes circunstâncias que acontecem dentro de uma usina de biodiesel. Por exemplo, o fato de usar um catalisador homogêneo, considerando os princípios da química verde, isto é, considerado um processo não sustentável, na etapa da lavagem do biodiesel para a separação do biodiesel (não polar), do glicerol (polar) + álcool (polar) + catalisador (polar), é usado até um 8% da água, essa água deve receber um tratamento de efluente industrial adequado antes de ser vertido em um corpo hídrico. Do ponto de vista do tratamento de efluentes industriais, a carga orgânica deste tipo de usinas é muito alta e a caracterização do efluente é muito complexa, devido à presença de óleo, metanol e glicerol. Seria interessante dentro do contexto de biorrefinaria aproveitar as qualidades desta água para usar em outros processos, dentro da mesma usina ou em parceria com outras empresas, por exemplo, com empresas da

compostagem, onde são usados resíduos orgânicos fundamentados no conceito de produção sustentável, procurando sempre diminuir ao máximo a quantidade de rejeitos do processo e usando esses produtos como fontes de nutrientes para cultivos agrícolas ligadas ao reuso e reciclagem de resíduos. É a verdadeira reta no desenho de plantas de tratamento de águas com uma porcentagem de remoção alta incluindo tratamentos primário, secundário e incluso terciário para atender as especificações de vertimento estabelecidos pelo órgão ambiental. Neste ponto deve-se citar a importância de uma legislação ambiental [9] estrita, que atuaria como o elemento mais poderoso de pressão sobre os interesses econômicos para que as usinas de biocombustíveis e em geral as empresas químicas e petroquímicas aperfeiçoem seu processo de acordo com os princípios da química verde de uma forma mais limpa e mais consciente, tendo como missão ambiental a definição de sustentabilidade “Atender as necessidades da geração presente sem comprometer a capacidade das gerações futuras de suprir suas próprias necessidades”. Ainda que se tenha essa concepção de sustentabilidade como lei regulatória na constituição política de diferentes países no mundo, só por citar dois exemplos: Constituição Federal do Brasil (1988) em seu capítulo VI do meio ambiente estabelece em seu artigo 225 “Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações” [6] e a constituição política da Colômbia (1991) em seu título II capítulo III. Dos direitos coletivos e o ambiente estabelece em seu artigo 79 “ Todas as pessoas têm o direito de desfrutar de um ambiente saudável. A lei garante a participação da comunidade nas decisões que possam afetá-lo. É o dever do Estado de proteger a diversidade e a integridade do meio ambiente, conservação de áreas de importância ecológica especial e promover a educação para a consecução desses objetivos” [7]. É necessário definir-se não só uma solução parcial no papel político, como também uma solução total de incentivos em ciência e tecnologia como ferramenta de pesquisa que desenvolva novos processos ambientalmente sustentáveis, com a ideia de oferecer as mesmas ou incluso melhores vantagens desde o ponto de vista econômico e aperfeiçoar, assim, os processos industriais.

Outro ponto que se deve discutir é a formação de componentes menores. No processo de produção de biodiesel a umidade deve ser evitada por-

que o catalisador alcalino pode hidrolisar o biodiesel, resultando na formação de ácidos graxos livres ou ésteres de ácidos graxos de sais de sódio ou de potássio (sabão). Alguns componentes podem estar presentes no óleo bruto e depois da conversão ao biodiesel. Outros componentes podem estar presentes devido à conversão incompleta, e transformação do biodiesel. Dentre esses componentes é necessário citar alguns componentes menores, como monoglicerídeos saturados (MAG) ou esteroglicosídeos livres (FStGs). Estes materiais possuem elevados pontos de fusão e solubilidades muito baixas, permitindo-lhes formar resíduos sólidos quando o biodiesel é mantido por algum tempo, em clima frio. Esta última citação é de muito cuidado, eles poderiam ser considerados como rejeitos do processo se não se tem garantia de um direcionamento adequado destes resíduos sólidos. Em muitas empresas de produção de biodiesel e nas mesmas empresas de distribuição, se tem formação destes sedimentos nos tanques de armazenamento, aqui contextualizando uma biorrefinaria como um metabolismo celular, estes “resíduos” da usina poderiam ser usados como a matéria prima para outras empresas, procurando estabelecer um enfoque de sustentabilidade econômico, social e ambiental. É importante estabelecer que para que esse metabolismo celular seja uma realidade, a engenharia de projeto e grupos de pesquisa devem estabelecer processos com esses produtos (monoglicerídeos – diglicerídeos – triglicerídeos - esteroglicosídeos) com um valor agregado alto. Uma quantidade considerável de monoglicerídeos e diglicerídeos é valiosa como emulsificante em diversas aplicações técnicas e na indústria de alimentos, igualmente os esteróis e as vitaminas têm aplicações como aditivos alimentares, na medicina e na cosmética. O objetivo de algumas pesquisas pretende um tratamento adequado destes resíduos que forneça produtos químicos de alto valor, baseado no princípio de evitar a produção do resíduo, isto é melhor do que tratá-lo ou “limpá-lo” após sua geração. Ou do ponto de vista da química verde, eliminar a formação destes produtos por meio de pesquisas enfocadas em aspectos físicos de cristalização e solidificação ou desde um ponto de vista cinético de inibição da reação de hidrólise a baixas temperaturas.

Como síntese desta abordagem as usinas de biodiesel deverão atender os princípios de química verde e sustentabilidade para iniciar uma série de inovações, permitindo que essas usinas usem mais produtivamente vários “resíduos” como insumos, matérias primas ou fontes de energia- de forma

a compensar os gastos feitos para preservar e conservar o meio ambiente, transformando, assim, as usinas de biodiesel “monoprodutoras” em biorrefinarias “multiprodutoras” mais competitivas.

Operações *upstream- downstream*

Por outro lado, também se devem considerar as operações *upstream* e *dowstream* do processo de produção de biodiesel, se deve analisar tanto o processo de plantio, extração e refino do óleo (*upstream*) com a purificação do glicerol (*dowstream*). Desde o foco da biorrefinaria se poderia desenvolver um polo “*upstream*” conhecido como oleoquímico e um polo “*dowstream*” conhecido como gliceroquímico.

Tecnicamente o óleo é submetido a várias etapas - preparação da matéria-prima, extração e refino, que vão garantir a qualidade do produto final que poderá ser vendido como alimento ou como matéria prima para a produção de biodiesel. Na etapa de preparação da matéria prima está incluída a limpeza ou descascamento, moagem, condicionamento, cozimento e extrusão. Posterior a isto o óleo deve ser extraído da semente, dependendo do tipo de óleo este pode ser extraído por prensagem “extração mecânica”, como no caso do óleo de dendê ou por “extração química” com solvente, como no caso da soja. E, finalmente, uma etapa de refino do óleo, que implica em um conjunto de operações unitárias para as etapas de degomagem, neutralização, branqueamento e desodorização [8].

No processo de extração no caso de ser usado uma extração com solvente, normalmente hexano, implica em um processo “marrom” devido a que não se evita o uso de solventes orgânicos, isto se faz necessário nos casos em que o teor de óleo na semente extraído é baixo. No processo de refino se deve considerar o uso de insumos químicos como ácidos ou bases na etapa de neutralização e degomagem, aqui nesta etapa também se deve citar o uso de “terras de branqueou” argilas compostas principalmente de bentonita, as quais são obtidas como resíduos do processo de filtração do óleo vegetal. Seria interessante fornecer um uso potencial para estas terras, as quais apresentam características similares as argilas usadas para a fabricação da lama base aceite nas operações de perfuração de petróleo.

Ademais como subproduto da refinação do óleo se obtém na coluna de destilação, ácidos graxos livres os quais são convertidos nas usinas de

biodiesel convencional em mais biodiesel por meio de reação de esterificação usando mais álcool e ácido sulfúrico como catalisador e extensos tempos de reação ou por reação de reesterificação “glicerólise” que envolve a adição de glicerol e cloruro de estanho como catalisador, aquecendo-os à temperatura elevada. O glicerol reage com os FFAs para formar mono e diglicerídeos, os quais são posteriormente misturados com os triglicerídeos que irão a reagir com o metanol no processo de transesterificação. As desvantagens da Glicerólise é a temperatura elevada, uso de um sistema a vácuo, catalisadores homogêneos, efluentes residuais, além de que a reação é relativamente lenta (5-6 horas). Tudo isto apresenta um processo de produção “marrom” que evidencia problemas de catálise, eficiência energética, economia de átomos e prevenção de resíduos. Considerando tudo isto deve se reconhecer que os ácidos graxos são um importante bloco de construção para as biorrefinarias futuras. Um foco de pesquisa interessante teria como objetivo desenhar e analisar processos de produção “verde” para o uso dos ácidos graxos, para gerar produtos de alto valor tais como lubrificantes ou surfactantes, criando assim toda uma cadeia de desenvolvimento oleoquímico.

Este polo oleoquímico pode ser desenvolvido por dois caminhos, um primeiro de conversão química, onde o biodiesel é produzido por transesterificação de óleos com álcool para produzir metil ésteres e glicerol. Os novos projetos de pesquisa trabalham em processos catalíticos para encontrar um catalisador que possa acelerar a velocidade da reação de transesterificação e facilitar o processamento downstream, com atenção à produção de glicerol, que seja livre de material inorgânico. O glicerol poderá ser separado com uma pureza mais elevada, especialmente em relação a sais. Aqui é necessário evidenciar que o processo de purificação do glicerol até uma pureza de 99,1%, é um processo rigoroso que exige altas temperaturas e vácuo, além de ser um processo caro, com uso de diferentes insumos químicos y que economicamente só pode ser sustentável obtendo um produto grau farmacêutico (USP: United States Pharmacopeial). Desde o ponto de vista de sustentabilidade ecológica se deve considerar a formação de rejeitos, conhecidos como sais glicerinosas, que apresentam uma alta concentração de glicerol e que ainda não tem um uso adequado como subproduto do processo de purificação. Também a água, que atua no sistema de vácuo como vapor, atua como efluentes residuais, obtendo um

fluxo de água com uma carga orgânica muito alta e que deve ser tratado antes de ser vertido em uma fonte hídrica. Como consequência, o glicerol estará disponível como matéria-prima para seguir conversões com um gasto menor do processo convencional de biodiesel sim e só assim se cria a consciência nas usinas de biodiesel para a importância de inovar e otimizar todos seus processos.

Outro futuro potencial é visto na extração de componentes menores na etapa prévia à transesterificação, na coprodução de mono e diglicerídeos. Vários tipos de mono e diglicerídeos são valiosos como emulsionantes em diversas aplicações técnicas e na indústria de alimentos. Os óleos vegetais utilizados como matéria-prima para o processo de biodiesel costumam conter componentes secundários, como a vitamina E, esta pode ser aplicada em vários produtos cosméticos devido ao seu efeito antioxidante e pode gerar valor para o negócio de uma usina de biodiesel. Um segundo caminho tem como foco a conversão termoquímica, onde os recentes desenvolvimentos dos processos pirocatalíticos de conversão de gorduras aos hidrocarbonetos são baseados em catalisadores inorgânicos como zeólitas especiais. O tempo de vida do catalisador é tipicamente curto e catalisadores, assim como seus custos de substituição, em geral, desempenham um papel importante para o negócio. De acordo com as novas descobertas, tipos especiais de carvão ativado exibem vidas úteis mais longas, são menos sensíveis à coqueificação e ainda são menos caros quando comparados com as zeólitas. A aplicação futura pode ser vista na utilização de múltiplas matérias-primas de biomassa. O processo proporciona uma mistura de hidrocarbonetos semelhantes a diesel fóssil, dependendo da matéria-prima e os parâmetros do processo. É também concebível que os outros complexos de matérias-primas químicas, por exemplo, bio-óleos de lignocelulose, possam ser convertidos em produtos químicos valiosos. Nas usinas de produção de biodiesel e produção de oleoquímicos a partir de óleos vegetais, se poderiam obter mono e, diglicerídeos que servem como emulsionantes em diferentes aplicações técnicas, bem como na indústria alimentícia. Além disso, se considerarmos o subproduto da reação de transesterificação após a purificação, o glicerol farmacêutico, teremos uma matéria-prima que abrirá uma nova janela de oportunidades para o polo gliceroquímico, produzindo antioxidantes, etanol, ácido succínico, propeno, propanodiol, entre outros.

Juridicamente todas essas abordagens de produção verde e projetos inovadores podem encontrar amparo na Lei n. 10.973, de 2 de dezembro de 2004 [10], a qual dispõe sobre incentivos à inovação e à pesquisa científica e tecnológica no ambiente produtivo, com vistas à capacitação e ao alcance da autonomia tecnológica e ao desenvolvimento industrial do país, nos termos dos artigos 218 e 219 da Constituição da República Federativa do Brasil². Estabelecendo no artigo 2º o financiamento de ações que visem a estimular e promover o desenvolvimento da ciência, da tecnologia e da inovação.

Alem disso considerando os critérios de sustentabilidade e suas características o processo de plantio, extração e refino do óleo vegetal incorpora uma dimensão ambiental em projetos e estratégias de crescimento social no meio rural, procurando melhorar as condições de vida de populações carentes de justiça social e evitando o êxodo dos agricultores por meio do cultivo do óleo de soja, palma ou colza nas zonas afastadas. É assim como os agricultores responsáveis pela produção dos alimentos que chegam à mesa dos brasileiros, agora adotam outro rol de destacar se na colheita, produção e venda do óleo vegetal “polo oleoquímico” dando origem a esta importante fonte de energia renovável: o biodiesel.

Neste polo “oleoquímico” interatuam as estratégias de desenvolvimento sustentável, baseada em uma viabilidade econômica e justiça social para todo o “negócio do biodiesel” começando desde a mão de obra do agricultor até o extractor-produtor e consumidor final, estabelecendo, assim, uma sustentabilidade espacial de equilíbrio entre o rural e o urbano. Além disso, a aceitação social e sustentabilidade ecológica de um “negócio sustentável”. No Brasil este “negócio sustentável” foi estabelecido pelo Programa Brasileiro de Produção e Uso de Biodiesel (PNPB) criado

2 Art. 218. O Estado promoverá e incentivará o desenvolvimento científico, a pesquisa e a capacitação tecnológicas.

§ 1º - A pesquisa científica básica receberá tratamento prioritário do Estado, tendo em vista o bem público e o progresso das ciências.

§ 2º - A pesquisa tecnológica voltará-se-á preponderantemente para a solução dos problemas brasileiros e para o desenvolvimento do sistema produtivo nacional e regional.

§ 3º - O Estado apoiará a formação de recursos humanos nas áreas de ciência, pesquisa e tecnologia, e concederá aos que delas se ocupem meios e condições especiais de trabalho.

§ 4º - A lei apoiará e estimulará as empresas que invistam em pesquisa, criação de tecnologia adequada ao País, formação e aperfeiçoamento de seus recursos humanos e que pratiquem sistemas de remuneração que assegurem ao empregado, desvinculada do salário, participação nos ganhos econômicos resultantes da produtividade de seu trabalho.

§ 5º - É facultado aos Estados e ao Distrito Federal vincular parcela de sua receita orçamentária a entidades públicas de fomento ao ensino e à pesquisa científica e tecnológica.

Art. 219. O mercado interno integra o patrimônio nacional e será incentivado de modo a viabilizar o desenvolvimento cultural e sócio-econômico, o bem-estar da população e a autonomia tecnológica do País, nos termos de lei federal.

pelo Governo Federal em janeiro de 2005, por meio da Lei n. 11.097, o programa surgiu com a finalidade de estimular a produção e uso do biodiesel de forma sustentável, com enfoque na inclusão social e no desenvolvimento regional, via geração de emprego e renda. O PNPB prevê, entre outras vantagens, a redução de tributos federais sobre a produção de biodiesel, desde que as empresas produtoras incluam, em seus projetos, a agricultura familiar, obtendo, assim, o Selo Combustível Social, um instrumento de incentivo ao setor produtivo e que tem contribuído para o desenvolvimento do programa. O resultado, após vários anos, é que, praticamente, todos os projetos no mercado contam com a participação dos agricultores familiares [3].

Em quanto o processo do glicerol, enfrenta mais uma situação de desenvolvimento e sustentabilidade tecnológica, no aspecto de inovação de novos produtos de alto valor agregado que usam como matéria prima o glicerol, com o fim de estabelecer e ajudar à sustentabilidade econômico do biodiesel como fonte de energia renovável.

Continuando com essa linha de sustentabilidade, e considerando o Brasil como exemplo de estratégia de inovação e desenvolvimento econômico; por meio da implementação do Pacto Nacional da indústria Química [1], o qual foi estabelecido pela Associação Brasileira da Indústria Química- ABIQUIM- que estabelece como emblema missionário o de promover o aumento da competitividade e o desenvolvimento sustentável da indústria química instalada no Brasil. ABIQUIM divulgou, no dia 4 de Dezembro de 2009, em São Paulo, o Pacto Nacional da Indústria Química, que pode ser definido em uma só palavra “Sustentabilidade”. Uma plataforma de desenvolvimento sustentável que sempre está ligada ao crescimento e que atua como um sistema onde interatuam três paradigmas: crescimento econômico, inclusão social e conservação ambiental. A indústria química que programar seu projeto de expansão por meio do pacto Nacional pode organizar e encontrar o caminho de sustentabilidade de seu setor: Produtos e Processos sustentáveis. Incentivos à inovação e ao desenvolvimento científico e tecnológico são estratégicos para a transição a modelos de produção mais sustentáveis. O Pacto Nacional lista os compromissos do setor com o desenvolvimento do País como fortalecimento das cadeias produtivas, o aumento da aplicação de recursos em inovação e desenvolvimento tecnológico, a elevação dos níveis de

produtividade e a promoção da sustentabilidade; e propõe a adoção de uma série de medidas pelo governo, como a garantia de disponibilidade de matéria-prima, a desoneração da cadeia produtiva e a isonomia tributária. Finalmente o Pacto Nacional se estabelece como pilar fundamental para o desenvolvimento de uma indústria química de base renovável com a constituição da química verde e o papel de liderança do Brasil, a proposta deste tópico é de investir para potencializar a contribuição de setores para os quais o país tem uma vocação natural.

Em resumo qualquer que seja o tipo de biomassa empregada, as correntes de processo têm que ser otimizadas nas usinas de biodiesel para os produtos de conversão em todas as fases da cadeia produtiva, como armazenamento, logística, conversões químicas, e processamento, procurando sempre Produtos e Processos sustentáveis.

CONCLUSÃO

Como síntese final é necessária compreender que só temos um planeta para viver. Porém em nossa terra os problemas ambientais cada dia avançam; por pequenos que sejam os efeitos eles se vão acumulando. Estes pequenos efeitos podem ser tão simples como os gerados em uma usina de biodiesel, que apesar de ser isolados podem se tornar grandes problemas para uma comunidade e, ao longo do tempo, para toda uma sociedade. Assim, se de uma forma sinérgica procurarmos uma solução por meio de “inovação tecnológica”, aplicação dos princípios de química verde e biorrefinaria, obteremos como resultado global uma minimização dos problemas ambientais. Quando esta alternativa for bem dirigida e estudada poderá ser apresentada como o meio para resolver as problemáticas sociais, econômicas e ambientais, em vez de gerar novos problemas. “Não é possível separar riqueza e progresso; no entanto, é preciso conciliar ambos em uma existência pacífica com o meio ambiente” O biodiesel é sustentável por que preserva a saúde humana e o meio ambiente, faz uso racional dos recursos naturais e da energia renovável e por que estabelece sistemas econômicos e políticos que procuram uma justiça social. Uma usina de biodiesel atuando como um negócio economicamente sustentável, não pode ser insustentável dentro da matriz de energia renovável sustentável.

REFERÊNCIA

1. ABIQUIM. Pacto Nacional da industria Quimica. Disponível em: http://abiquim.org.br/pacto/Pacto_Nacional_Abiquim.pdf. Acesso em: 27 abril 2013.
2. ARTUR S. MORET. Análise da sustentabilidade do biodiesel com uso da Análise de Custos Completos. Espaço Energia - Número 11, Outubro 2009.
3. Biodiesel: Produção de oleaginosas da agricultura familiar incrementa aquisição por usinas. Disponível em: <http://www2.planalto.gov.br/imprensa/noticias-de-governo/biodiesel-producao-de-oleaginosas-da-agricultura-familiar-incrementa-acquisicao-por-usinas>. Acesso em: 27 abril 2013.
4. CARLOS EDUARDO F. YOUNG. Biocombustibles como estrategia de desarrollo: ¿Rumbo hacia la sustentabilidad o hacia una nueva periferia?. Revista da Universidade Bolivariana Volume 7, Nº 21, 2008.
5. CHARLES W. SCHMIDT. Biodiesel: Cultivando Combustibles Alternativos. Artigo original em Environmental Health Perspectives • VOLUME115 | NÚMERO 2 | Fevereiro 2007.
6. Constituição Federal do Brasil 1988. Disponível em: <http://www2.planalto.gov.br/presidencia/a-constituicao-federal>. Acesso em: 27 abril.2013.
7. Contitución Política de Colombia. Disponível em: http://www.encolombia.com/derecho/Constitucion_Colombia/Contenido.htm. Acesso em: 27 abril 2013.
8. HELENA CÁRDENAS D. La Sustentabilidad en el Uso de Biocombustibles: Un Reto de Análisis, Decisiones y Equilibrio. Agosto / 2007.
9. INOVAÇÃO E CRESCIMENTO: UMA ABORDAGEM EVOLUCIONISTA. Disponível em: http://www.bdt.d.ufes.br/tesdesimplificado/tde_arquivos/10/TDE-2006-08-23T151904Z-71/Publico/claudiaCAPItULO%20I.pdf. Acesso em: 12 fev.2013.
10. Lei nº 10.973, de 2 de dezembro de 2004. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2004-2006/2004/Lei/L10.973.htm. Acesso em: 27 abril 2013.
11. MAGDA EVA S. DE F. WEHRMANN, JOÃO NILDO DE S. VIANNA & LAURA M. G. DUARTE. Biodiesel de soja: Política energética, contribuição das oleaginosas e sustentabilidade. Professores e pesquisadores do Centro de Desenvolvimento Sustentável da Universidade de Brasília (CDS/UnB). Disponível em: www.anppas.org.br. Acesso em: 12 fev.2013.
12. TARCIZIO GOES. Biodiesel e sua Sustentabilidade. Disponível em: http://www.embrapa.br/imprensa/artigos/2010/Trabalho_biodiesel_11_de_janeiro_de_2010-versao_final.pdf. Acesso em: 12 fev.2013.
13. MAGALY FONSECA MEDRANO. Avaliação da sustentabilidade do biodiesel de soja no Brasil. Disponível em: <http://repositorio.bce.unb.br/handle/10482/1984>. Acesso em: 12 fev.2013.