

A Produção de Combustíveis de Microalgas no Brasil

Luiza Paula C. Lopes & Arnaldo S. Cabral

Os altos preços dos combustíveis fósseis, aliado a sua escassez, têm levado o mundo a refletir e procurar por fontes alternativas de combustíveis, dentre esses as microalgas. Essas não dependem de terras aráveis e não concorrem com alimentos. Este trabalho fornece um panorama geral sobre as pesquisas de microalgas desenvolvidas no Brasil. Embora existam projetos relacionados à produção de combustível de microalgas, este número poderia ser mais expressivo. Para aumentar o número de projetos relacionados a este tema, seria importante um olhar mais crítico dos órgãos de fomento do Governo Federal do Brasil, fornecendo subsídios para essa linha de pesquisa.

Palavras Chaves: *Biocombustíveis; Microalgas; Brasil.*

The high prices of fossil fuels combined with their scarcity led the world to reflect and look for alternative fuel sources, among which microalgae-based fuels. Microalgae do not depend on arable land and do not compete with food. This work provides an overview of the research on microalgae developed in Brazil. Although there are projects related to the production of microalgae-based fuels, this number could be more expressive. To increase the number of projects related to this topic, it would be important to be more critical regarding this subject than what has been done by the funding agencies of the Federal Government of Brazil, Providing funding for this line of research would be a good alternative.

Keywords: *Biofuels; microalgae; Brazil.*

Introdução

O aumento da população é uma das razões que tem levado a uma crescente demanda de energia no mundo. O consumo de petróleo é 105 vezes mais rápido do que a natureza pode criar¹. O petróleo, existente em depósitos sob o solo e no fundo do mar, torna-se cada vez mais raro, difícil de extrair e com custo elevado. Esses fatores farão com que os biocombustíveis tornem-se mais competitivos no mercado global de energia. Diante disso, existe uma tendência mundial para a busca de combustíveis mais limpos e novas fontes de energia que possuam baixa emissão de carbono como a energia solar, térmica, fotovoltaica, hidrelétrica, geotérmica, eólica e biocombustíveis.

Os biocombustíveis são combustíveis com origem em biomassa renovável, e podem substituir totalmente ou parcialmente os combustíveis derivados do petróleo, além disso, não contribuem para o acúmulo de gases de efeito estufa na atmosfera. Os gases gerados na sua queima são reabsorvidos no crescimento da safra seguinte, trazendo equilíbrio entre a emissão e a absorção de poluentes. Nesse sentido, a busca por combustíveis alternativos de fontes renováveis vem se tornando cada vez mais atrativa em escala mundial. Segundo dados da Empresa de Pesquisa Energética (EPE), (órgão ligado ao Ministério de Minas e Energia), do Ministério de Ciência e Tecnologia e da International Energy Agency, as fontes de energia de origem renovável hidráulica, biomassa, solar, eólica e geotérmica, somam uma participação de pouco mais de 14% da matriz energética mundial.

No Brasil, um bom exemplo do uso de biocombustíveis é o uso do etanol feito a partir da cana-de-açúcar, que hoje representa o principal biocombustível em substituição à gasolina. Há também o biodiesel, que é produzido a partir de óleos vegetais ou de gorduras animais, sendo adicionado ao diesel de petróleo em proporções variáveis.

Para a produção desses biocombustíveis, o Brasil utiliza principalmente a cana-de-açúcar para o etanol, e soja para o biodiesel. No entanto, outras fontes de biomassa já estão sendo pesquisadas para dar suporte ao desenvolvimento de novas fontes renováveis. Dentre essas, destacam-se algodão, mamona, palma-de-óleo (dendê), girassol amendoim². Recentemente, outro tipo de biomassa surge como uma nova fonte energética nos países desenvolvidos: as microalgas.

O cultivo de microalgas para fins energéticos ainda está na fase de pesquisa e desenvolvimento, e não está estabelecida a produção comercial de algas para biocombustíveis. No entanto, elas surgem como uma grande potência para a produção de biocombustíveis, pois uns de seus principais componentes da fração lipídica são os triglicerídeos e ácidos graxos livres. A composição e a quantidade de lipídeos dependem da espécie de microalgas, e das condições de crescimento a que essas são submetidas.

As vantagens para a produção de biocombustíveis, que utilizam como fonte as microalgas, são amplas quando comparadas a outros cultivos, como por exemplo, a cana-de-açúcar e a soja, pois as microalgas apresentam:

- Alta produtividade, uma vez que as algas dependem apenas de luz, nutrientes e gás carbônico para fazer a fotossíntese e consequentemente suas funções biológicas como reprodução e crescimento;
- Consumo de CO₂;
- Ausência de demanda adicional de água doce;
- As zonas áridas costeiras com águas subterrâneas salobras podem ser usadas para seu crescimento;
- Efeito positivo sobre a saúde humana e a dos animais.

Este trabalho tem por objetivo fornecer um panorama geral sobre as principais pesquisas de microalgas que estão sendo conduzidas no Brasil.

Visão Geral

Atualmente, as necessidades energéticas do planeta são baseadas em combustíveis fósseis. Por isso, existe uma tendência mundial pela busca de combustíveis mais limpos, e por novas fontes de energia que possuem baixa emissão de carbono. Essas fontes estão sendo avaliadas, e se encontram em diferentes fases de estudo e aplicação, cada um com suas próprias vantagens e problemas³.

Uma das poucas fontes com potencial para substituição dos combustíveis derivados do petróleo é a biomassa. Além de ser um recurso renovável, é o único material rico em carbono disponível no planeta, além dos fósseis⁴.

Biomassa pode ser conceituada sob o ponto de vista ecológico e energético. Do aspecto ecológico, é



considerada como: o montante de matéria viva numa área ou volume de habitat⁵. Do entendimento energético, pode ser definido como: todo recurso renovável oriundo de matéria orgânica (de origem animal ou vegetal) que pode ser utilizado para produção de energia⁶.

Associado ao uso da biomassa, surge, então, o conceito de combustíveis renováveis. Os biocombustíveis aparecem para responder à dependência energética em relação aos combustíveis fósseis, e ajudar a reduzir as emissões de gases com efeito estufa, sobretudo, no setor dos transportes. Esses têm sido apontados como uma solução verde para responder ao problema das alterações climáticas do mundo. No entanto, os impactos ambientais e alimentares, associados ao seu aproveitamento e produção, são controversos, tornando a sua utilização um assunto fortemente debatido⁷. As principais matérias-primas para sua produção são cana-de-açúcar, beterraba, sorgo, dendê, semente de girassol, mamona, milho, mandioca, soja, aguapé, copaiba, lenha, resíduos florestais, excrementos de animais, resíduos agrícolas, entre outras. Do processamento dessa matéria orgânica origina-se um óleo que depois de processado pode ser misturado aos derivados do petróleo (gasolina, diesel, etc.), ou utilizado puro⁸.

Cada vez mais, as produções de cana-de-açúcar, milho e trigo estão sendo convertidas para a fabricação de etanol e as produções de soja, girassol e óleo de palma em biocombustíveis. Nesse contexto, é necessário equilibrar as balanças. Se por um lado, os biocombustíveis representam uma forma mais limpa e barata de suprir às necessidades energéticas do mundo, por outro, as fortes repercussões ambientais e alimentares põem em check essa estratégia energética⁷.

Um aumento desenfreado da produção de biocombustíveis pode colocar em risco a biodiversidade. Se florestas tropicais são derrubadas para o seu espaço ser utilizado na produção de culturas energéticas, os biocombustíveis contribuirão, inclusivamente, para o aumento da emissão líquida de gases com efeitos de estufa.

No Brasil, esta situação não parece ser diferente, o aumento da área de cana-de-açúcar plantada duplicou nos últimos oito anos (Figura 1). Analisando a evolução da área de cana plantada no país, observa-se o aumento de 2% na área de cana colhida em relação a 2011/2012, atingindo 8,5 milhões de hectares⁷. Tais áreas são divididas em:

- Áreas reformadas: são aquelas recuperadas no ano anterior e estão disponíveis para colheita;
- Área em reforma: é aquela que não será colhida, pois se encontra em período de recuperação para o replantio da cana ou outros usos;
- Área de expansão: é a classe de lavouras de cana que pela primeira vez está disponível para colheita;
- Área de cana soca: cana que já passou por mais de um corte,⁷.

Embora exista muita discussão sobre os biocombustíveis, especialistas afirmam que sua utilização oferece uma série de vantagens, podendo inclusive ser um substituto de transição para o petróleo quando ele tiver esgotado, nomeadamente na área dos transportes. Na área de produção de eletricidade, a energia hidroelétrica, eólica e solar têm progressivamente avançado⁸.

As razões para o interesse pelos biocombustíveis são muitas e variam de um país para outro e ao longo do tempo, sendo as principais: diminuir a dependência externa de petróleo, por razões de segurança de suprimento ou impacto na balança de pagamentos; minimizar os efeitos das emissões veiculares na poluição local, principalmente, nas grandes cidades e controlar a concentração de gases de efeito estufa na atmosfera⁹.

Apesar de serem todos oriundos da biomassa, os biocombustíveis podem ser classificados, de acordo com sua origem. São, portanto, distribuídos em combustíveis de primeira, segunda e, mais recentemente, os combustíveis de terceira geração.

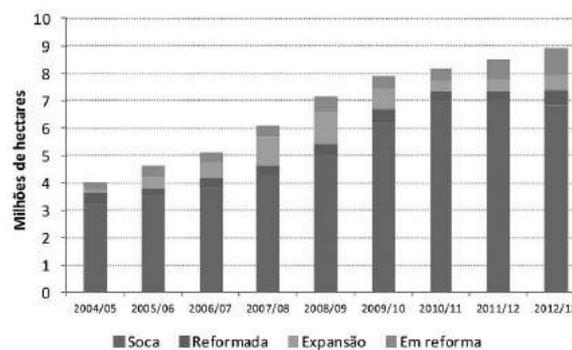


Figura 1- Evolução da área plantada de cana-de-açúcar no período de 2004 a 2013. Fonte: EPE a partir de INPE.



Os combustíveis de primeira geração são fabricados a partir de matérias vegetais produzidas pela agricultura como: trigo, milho, soja, girassol, cana-de-açúcar. Esses combustíveis entram em concorrência com culturas alimentícias. Os combustíveis de primeira geração mais comuns são o bioetanol, biodiesel e biogás, derivado do amido⁴.

Os combustíveis de segunda geração são produzidos a partir da lignocelulose, tais como resíduos florestais e industriais, ou seja, não são oriundos de gêneros alimentícios. Os combustíveis de segunda geração, ao contrário dos de primeira geração, não utilizam partes vegetais, pois neste caso, emprega-se o vegetal na íntegra para a produção de bioenergia⁴.

Os chamados combustíveis de terceira geração, também são derivados de espécies não comestíveis. Nesse caso, utilizam-se as cianobactérias, algas e as microalgas. A diferença com os demais biocombustíveis é que nesse existe a utilização da biotecnologia. São, desta forma, conhecidos como biocombustíveis avançados e utilizam técnicas de biologia molecular.

Em decorrência da sua origem, esses biocombustíveis geram questionamentos éticos, políticos, ambientais e econômicos como mostrado anteriormente. Desta forma, os combustíveis de segunda e terceira geração vêm ganhando cada vez mais espaço ao longo do tempo.

Desta forma, as microalgas surgem como uma possível solução para o problema energético do mundo sem, no entanto, concorrer por áreas que serviriam para a plantação de alimentos. Porém, a tecnologia do processo produtivo para a fabricação de biocombustíveis de terceira geração encontra-se em diferentes fases de desenvolvimento de tecnologia, dependendo do país em questão.

Panorama Nacional da Produção de Biocombustíveis Utilizando Microalgas

Segundo a Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP) o Brasil ocupa hoje uma posição privilegiada em relação ao resto do mundo. No Brasil, cerca de 45% da energia consumidas no Brasil e 18% dos combustíveis são provenientes de fontes renováveis. No resto do mundo, apenas 14% dessa energia são de fontes renováveis. Neste sentido, o Brasil tem se mostrado pioneiro no mercado mundial no uso de biocombustíveis (Figura 2).

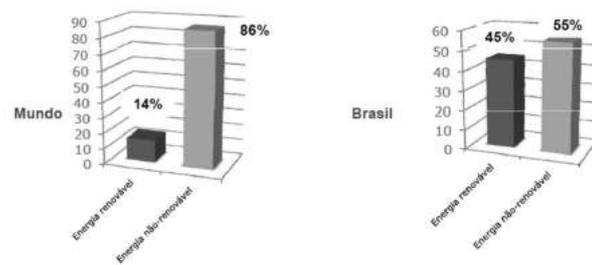


Figura 2- Comparação da matriz energética do Brasil, e do restante do mundo. Fonte EPE-Ministério de Minas e Energia.

O Brasil produz, em escala comercial, os biocombustíveis de primeira e de segunda geração, e pode-se dizer com segurança que o país possui o domínio dessa tecnologia. O etanol produzido através da cultura de cana-de-açúcar representa o principal biocombustível do Brasil em substituição à gasolina. Outras fontes de biomassa já estão sendo pesquisadas para dar suporte ao desenvolvimento de novas fontes renováveis para a produção de energia. Recentemente, outro tipo de Biomassa surge como uma nova fonte energética nos países desenvolvidos e em desenvolvimento: as microalgas.

Os estudos de microalgas no Brasil começaram de forma descentralizada em 2005 por alguns institutos de pesquisa e universidades. Relatos científicos deste período demonstram que os estudos com esses microrganismos tinham como principal foco a parte nutricional (utilização na alimentação humana ou no complemento de rações animais), econômicas e ecológicas^{10,11,e 12}.

Recentemente, os estudos estão mudando o foco e apontam as microalgas como potencial fonte para a produção de energia, principalmente, devido às condições climáticas do Brasil. CARIOCA¹³ SOUZA¹⁴ e MENEZES¹⁵ demonstram que as microalgas possuem um grande potencial para a produção de biocombustíveis, devido ao seu elevado teor de lipídios. RÓS¹⁶ cita que fontes de biodiesel utilizadas no Brasil, oriundas de gordura animal e vegetal podem ser inovadas com a utilização das microalgas e cianobactérias, especialmente, pela sua facilidade de cultivo.

Um estudo realizado por MENDES¹⁴ desenvolveu um trabalho taxonômico com as espécies nativas de



microalgas nas proximidades da cidade de Salvador, e avaliou a possibilidade destas serem utilizadas para suprir as espécies brasileiras para a produção de biodiesel.

Projetos Desenvolvidos sobre Microalgas no Brasil

O Brasil possui algumas iniciativas para o desenvolvimento de pesquisas sobre a produtividade e a potencialidade de utilização de microalgas para geração de biocombustíveis de terceira geração. Seguem abaixo as iniciativas mais promissoras que estão sendo desenvolvidas no país relacionadas a este tema.

No Estado do Paraná, especialmente na cidade de Londrina, existe um laboratório destinado ao estudo de microalgas. Os estudos tiveram seu início em 2009, como iniciativa da IAPAR (Instituto Agrônômico do Paraná).

O laboratório foi inaugurado em outubro de 2010, como resultado de parcerias entre IAPAR (Instituto Agrônômico do Paraná), COPEL (Companhia Paranaense de Energia), TECPAR (Instituto de Tecnologia do Paraná), UEL (Universidade Estadual de Londrina) e UEM (Universidade Estadual de Maringá)¹⁷. O projeto visa comercializar o biodiesel a preços competitivos no mercado. Espera-se retorno dos investimentos em torno de 5 a 10 anos¹⁷.

A equipe possui catalogada mais de 70 cepas nativas de microalgas para a produção de microalgas, e adquiriu oito espécies que foram catalogadas pela Universidade do Texas. Essas microalgas, tanto catalogadas, quanto importadas estão sendo avaliadas quando a sua produção de lipídeos¹⁸.

Além disso, está sendo estudada a possibilidade de incluir resíduos de origem agrícola, pecuária ou industrial como alternativa para minimizar os custos realizados com suplementação de nutrientes que as microalgas necessitam para a seu crescimento. Estão sendo avaliados resíduos líquidos de suíno biodigerido, podendo assim ser uma alternativa econômica para essa atividade e com sustentabilidade ambiental.

Existe hoje desenvolvida uma planta piloto para cultivo de microalgas. A planta piloto consiste de quatro tanques revestidos com vinil e interligados com capacidade de nove mil litros, com reciclagem do meio de cultivo. Neste sistema interligado e com agitação

contínua, será testado o crescimento das microalgas e seu potencial para a produção de biomassa para extração de óleo e outros compostos de interesse econômico.¹⁹

Diante da potencialidade do Brasil para a produção de microalgas, algumas empresas nacionais e multinacionais também realizam investimentos na estruturação de sistemas de produção de microalgas no Brasil

O grupo brasileiro JB, em parceria com a empresa SAT (See Algae Technology) da Áustria, visa produzir etanol e ração animal, a partir de microalgas cultivadas em uma planta piloto de microalgas instalada em Recife-PE. O projeto é baseado na tecnologia de prismas solares, desenvolvida pela SAT, capaz de concentrar a luz solar nos tanques de cultivo, por meio do uso de fibras ópticas²⁰.

A empresa parceira SAT, possui sua sede em Viena na Áustria e apresenta grande expertise nesse mercado. É detentora da patente para o desenvolvimento da fazenda de algas para produção de bioquímicos (cosméticos e suplementos alimentares), ração animal e combustível (bioetanol e biodiesel). Possui planta piloto na Áustria em funcionamento desde 2010.

O grupo JB, a mais de 40 anos, dedica-se ao cultivo da cana-de-açúcar e seus derivados, inaugurou no ano de 2012, na cidade de Vitória de Santo Antão, a primeira planta do Brasil de biodigestão da vinhaça para a recuperação do Gás Metano (CH₄), para geração de energia elétrica. Esta planta está instalada dentro da usina de etanol do grupo JB. A instalação da planta foi concluída em 2013²⁰.

O Brasil apresenta um excelente mercado para o desenvolvimento desta tecnologia, visto que possui mais de 400 usinas geradoras de etanol, além de ser favorecido pelo clima, em especial na região do Nordeste. Para este projeto, as algas utilizadas serão as mesmas utilizadas na Áustria, e serão também comercializados subprodutos para a indústria de suplementos alimentares e cosméticos²⁰.

A EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária) Agroenergia sediada em Brasília, Distrito Federal, também realiza pesquisa sobre microalgas, essas iniciativas tiveram seu início em 2012.

A instituição conta com parceiras da Embrapa Amazônia Oriental, Embrapa Pantanal, a Embrapa Suínos e Aves, Fundação Oswaldo Cruz (FIOCRUZ), Instituto Botânico de São Paulo, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRS) e Fundação Universidade do Rio Grande (FURG). Os pesquisadores pretendem



aproveitar resíduos das usinas sucroenergéticas para cultivar microalgas, gerando óleo para produção de biodiesel e biomassa residual que pode servir de matéria-prima para etanol, carotenóides e outros pigmentos de alto valor agregado²¹.

O projeto busca microalgas de alto rendimento na biodiversidade brasileira, especialmente na Amazônia e Pantanal. Estirpes serão isoladas, testadas e selecionadas quanto à capacidade de crescimento em meios à base de vinhaça e aerados com diferentes concentrações de gás carbônico (CO₂), dois resíduos abundantes de usinas de açúcar e etanol. A vinhaça é rica em Nitrogênio, Fósforo e Potássio (NPK) – nutrientes tão essenciais para as microalgas, quanto para as plantas. Além de agregar valor a esse resíduo, hoje empregado na fertirrigação de canaviais, as microalgas poderiam consumir o carbono liberado na produção de etanol, tornando-a ainda mais sustentável.

A abundância de nutrientes da vinhaça vem acompanhada de características menos favoráveis como acidez e pouca translucidez, o que pode comprometer a capacidade das microalgas fazerem fotossíntese. A equipe envolvida no projeto trabalhará no escalonamento da produção das cepas que se mostrarem mais promissoras nas bancadas. O desafio será encontrar o ponto ótimo entre o fornecimento de insumos, o crescimento das microalgas e a obtenção de óleo e biomassa.

A integração com uma indústria de biocombustível já estabelecida no país é um dos diferenciais desse projeto. Isso reforçaria a inserção das usinas sucroenergéticas e do cultivo de microalgas no conceito de biorrefinaria, que prevê o aproveitamento total da biomassa, minimizando a geração de resíduos.

Em busca de estirpes com alto rendimento, está prevista a caracterização genômica das linhagens promissoras, pois pesquisadores detectaram ser uma área ainda carente de resultados científicos. É preciso desenvolver cepas de microalgas adaptadas às diferentes condições climáticas do Brasil, que sejam resistentes a pragas e boas competidoras em sistemas de cultivos abertos²¹.

O projeto tem como principal foco a obtenção de uma nova fonte de óleo para a produção de biodiesel. No entanto, o projeto irá caracterizar a biomassa residual, buscando potencial para geração de produtos de alto

valor agregado, como carotenóides e outros pigmentos. Avaliarão ainda a possibilidade da microalga ser utilizada para produzir mais um biocombustível, o etanol celulósico. A ideia é que os biocombustíveis não sejam os únicos produtos responsáveis por “pagar” a produção das microalgas, mas que o custo seja dividido com outros itens²¹. Outra empresa brasileira que conduz pesquisas com microalgas é a Algae Biotecnologia Ltda. Esta empresa é a pioneira no desenvolvimento tecnológico de sistemas de cultivo de microalgas e cianobactérias no Brasil e na América Latina.

Segundo a empresa, o Brasil terá um atraso de cinco a dez anos na produção do biocombustível de microalgas. No entanto, a empresa aposta na produtividade de microalgas para dar sobrevida à empresa. Uma delas é o uso da biomassa de microalgas para nutrição animal, em substituição à farinha de peixe. O potencial de produção de biocombustíveis, de outros compostos de interesse industrial e sequestro de CO₂, a partir destes microrganismos, é imensurável, e por meio de um projeto estruturado de pesquisa, a Algae, em breve, disponibilizará processos e equipamentos para a sua utilização comercial.

Essa empresa possui uma planta piloto de cultivo de microalgas em parceria com a Universidade Federal de São Carlos (UFSCAR). Nesse modelo, a vinhaça, resíduo poluente derivado da destilação do etanol, é utilizada como base para o meio de cultivo.

Outra empresa que investe em pesquisas de microalgas é a estatal brasileira PETROBRAS (Petróleo Brasileiro SA). A empresa iniciou em 2006 os estudos em laboratório com microalgas. A Petrobras instalou uma planta de cultivo de microalgas próximo à cidade de Natal-RN e aposta no aproveitamento da água de produção de petróleo como fonte de nutrientes para as microalgas. Esse projeto é realizado em parceria com a Universidade Federal do Rio Grande do Norte-UFRN e tem foco na produção de biodiesel.

Hoje essa parceria possui seis tanques, com quatro mil litros cada, no Rio Grande do Norte, lugar que acredita ser mais propício à produção. É a chamada fase-piloto, que vem depois do laboratório e antes da demonstração, que deverá ser iniciada no fim deste ano. A empresa projeta a chegada do biocombustível ao mercado brasileiro até 2018.



Outro exemplo de empresas brasileiras que estão desenvolvendo estudo sobre microalgas, é a parceria entre a empresa brasileira BUNGE e a empresa americana SOLAZYME. As microalgas serão cultivadas em sistemas heterotróficos, utilizando a sacarose do caldo de cana-de-açúcar como fonte de carbono, com o objetivo de servir de matéria-prima para a produção de cosméticos, químicos renováveis e biocombustíveis²³. Até o momento, o Projeto já identificou dez espécies de microalgas, capazes de crescer em água de produção de petróleo. No entanto, o maior desafio para este estudo é a produção em larga escala, além de passar pela aprovação dos Biocombustíveis pela ANP, para serem comercializados.

No entanto, até o momento, essas pesquisas sobre microalgas se encontram em fase de Pesquisa e desenvolvimento, e não está estabelecida a produção comercial de algas para biocombustíveis. Como demonstrado acima, as pesquisas no Brasil, relacionadas à produtividade de microalgas para biocombustíveis, encontram-se em diferentes fases de desenvolvimento, e são desenvolvidas por empresas privadas e alguns órgãos federais.

Considerações Finais

Este trabalho aponta os principais projetos que estão sendo desenvolvidos no Brasil na área de microalgas. Embora existam alguns projetos, este número poderia ser mais expressivo.

Para aumentar o número de projetos relacionados à fabricação de biocombustíveis, utilizando microalgas, seria importante um olhar mais crítico dos órgãos de fomento do Governo Federal do Brasil, fornecendo subsídios para essa linha de pesquisa.

Parcerias estratégicas são de fundamental importância quando se trata de projetos, tanto de pequeno, quanto de grande porte. Nenhum órgão, empresa ou instituto de pesquisa, reúnem individualmente todos os conhecimentos necessários nas diferentes áreas de atuação de um projeto. Parceiros envolvidos, trabalhando com objetivos comuns, aumentam a chance dos projetos atingirem seus objetivos.

Para deslançar a pesquisa de microalgas no Brasil, é preciso, então, unir as empresas privadas nacionais e internacionais que possuem elevados valores de

investimento com a expertise da academia e demais parceiros. No entanto, é necessário dar maior agilidade do processo de entrega do produto final, pois a academia está acostumada a trabalhar com um tempo de entrega maior do que aqueles requeridos pelas empresas.

Embora o Brasil tenha se lançado na pesquisa e produção de biocombustíveis de terceira geração, com atraso, se comparado aos demais países como Estados Unidos, Japão e União Europeia, existem alguns projetos sendo desenvolvidos no Brasil que buscam desenvolver essa linha de pesquisa.

Esses projetos não são feitos de uma forma homogênea e se diferem, no que diz respeito a investimentos, parceiros, fontes de recursos disponíveis e grau de maturidade dos objetivos propostos.

O Brasil possui condições climáticas ideais para o cultivo de microalgas durante o ano todo, principalmente, nas regiões Norte e Nordeste, em função de apresentarem uma intensa radiação solar e temperaturas elevadas durante o ano. Entretanto, necessita de desenvolvimento de tecnologias para que o custo final do processo possa colocar o biodiesel de microalgas como forte concorrente do biodiesel de segunda geração.

No entanto, essas diferenças nas pesquisas e na sua aplicação, devem-se a vários fatores, como políticas públicas, iniciativa privada, grau de maturidade científica dos países e principalmente em função da tecnologia desenvolvidas por estes países durante o seu processo produtivo, e em função dos custos envolvidos.

Se o governo em conjunto com empresas privadas do Brasil tiver como prioridade a busca de novos biocombustíveis, para a substituição do petróleo, é possível que o Brasil, mesmo com algumas dificuldades iniciais, desenvolva tecnologia suficiente e domínio do processo produtivo para a produção de combustível de terceira geração, assim como foi desenvolvida a tecnologia para o desenvolvimento da tecnologia de produção de combustível de primeira e de segunda geração.

No entanto, sem o incentivo de políticas públicas específicas para este fim, ou seja, se as iniciativas partirem apenas das indústrias privadas, o Brasil ficará sempre a um ou dois passos atrás dos demais países não apenas nestas áreas, como nas demais.

Como apresentado, a busca por novos combustíveis alternativos, em substituição àqueles oriundos de



combustíveis fósseis, vem ganhando cada vez mais espaço nas pesquisas mundiais, incluindo o Brasil. No entanto, o Brasil, mesmo que alguns passos atrás, também vem desenvolvendo pesquisas nesta área.

Embora o Brasil tenha se lançado na produção de biocombustíveis de 3ª geração recentemente, o desenvolvimento de um sistema de produção de microalgas de baixo custo, adaptado à realidade regional, poderá garantir, ao país, papel de protagonismo no cenário mundial em médio prazo e longo prazo.

Referências

- Bischoff, K.P.; Gravois, K.A.; Eagan, T.E.; Hoy, J.W.; Kimbeng, C.A.; Laborde, C.M.; Hawkins, G.L. Registration of "L79-1002" sugarcane. *Journal of Plant Registrations*. **2008**, 2:211-217
- Alexander, A.G. 1988. Sugarcane as a source of biomass. In: Sansoucy, R.; Aarts, G. e Preston, T.R. (eds.). Sugarcane as feed. *FAO Expert Consultation, Proc.*, Santo Domingo, Dominican Republic, July. Roma: FAO Corporate Document Repository. **1986**, 11p.
- Alexander, A.G. The energy cane alternative. Amsterdam: Elsevier. **1985**, 509p.
- Soares, L. C. S. R. Destoxificação biológica do hidrolisado hemicelulósico de bagaço de cana-de-açúcar para utilização em processos fermentativos. 2012. 112 f. Dissertação (Mestrado em Ciências – Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia Industrial na Área de Microbiologia Aplicada) – Escola de Engenharia de Lorena da Universidade de São Paulo, Lorena, **2012**.
- Giamalva, M.J.; Clarke, S.J.; Stein, J.M. Sugarcane hybrids of biomass. *Biomass*. **1984**, 6:61-68.
- Samuels, G.; Alexander, A.G.; Rios, C.E.; Garcia, H. The production of energy cane in Puerto Rico: The Hatillo Project. *Journal of the American Society of Sugar Cane Technologists* 3: **1984**, 14-17.
- Santos, F.; Borém, A.; Caldas, C. 2012. Cana-de-açúcar: bioenergia, açúcar e etanol: tecnologias e perspectivas. – 2. ed. rev. e ampl. – Viçosa, MG: Os Editores, **2011**. 637p.
- Johnson, J.M-F.; Coleman, M.D.; Gesh, R.; Jaradat, A.; Mitchell, R.; Reicosky, D.; Wilhelm, W.W. Biomass-bioenergy crops in the United States: a changing paradigm. *The Americas Journal of Plant Science and Biotechnology*. **2007**, 1(1):1-28.
- Hill, J.; Nelson, E.; Tilman, D.; Polasky, S.; Tiffany, D. Environmental, economic, and energetic costs and benefits of biodiesel and ethanol biofuels. *Proceedings of the National Academy of Science*. **2006**, 103(43):11206-11210.
- Balbo, J.M.; Padovani Neto, A. Excedentes de energia elétrica e sobra de bagaço para diferentes concepções e sistemas de conversão e utilização de energia aplicáveis a indústria sucroalcooleira. *STAB, Açúcar, Álcool, e Subprodutos*. **1987**, 692:52-58.
- Campos, R.M. Valor econômico do bagaço. *Brasil Açúcar*. **1987**, 55(105):20-24.
- UFMG – Universidade Federal de Minas Gerais Guia de Prática de Análise Imediata de Combustíveis Sólidos. Curso de Engenharia Mecânica. **2014**.
- ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 8633: determinação do poder calorífico. Rio de Janeiro, **1984**. 36 p.
- Gonçalves, J.E. Avaliação energética e ambiental de bagaço de cana-de-açúcar produzidos com rejeitos de resíduos sólidos urbanos e madeira de *Eucalyptus grandis*. Botucatu, **2010**.
- Silva, M. B. e Morais, A. S. Avaliação Energética do Bagaço de Cana em Diferentes Níveis de Umidade e Graus de Compactação; XXVIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção/ A integração de cadeias produtivas com a abordagem da manufatura sustentável. Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 13 a 16 de outubro de **2008**, p. 3.
- Nogueira, M. A. F. S.; Garcia, M. S.; Gestão dos resíduos do setor industrial sucroenergético: estudo de caso de uma usina no município de Rio Brillhante, Mato Grosso do Sul. *Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental – RGET*, e-ISSN 2236 1170 – v. 17n. 17 Dez **2013**, p. 3275 – 3283.
- Balbo, J. M. A mundialização do etanol aumenta a oferta da bioeletricidade – Opiniões: Sucroenergético: cana, açúcar, etanol & bioeletricidade, nº 38. Divisão C – **2013**.

Luiza Paula C. Lopes^{1*} & Arnoldo S. Cabral²

¹Instituto SENAI de Inovação-Biomassa. Av. Afonso Pena, 1206, Bairro Amambai. Campo Grande/ MS

²Instituto Tecnológico de Aeronáutica - ITA, São José dos Campos, SP

*E-mail: llopes@ms.senai.br