

USO DE ALGAS NA PRODUÇÃO DE BIOCOMBUSTÍVEIS

Yna Oliveira Alves da Cruz, Bel. (Faculdade Boa Viagem) ynaoacruz@gmail.com
Larissa Maria Soares de Farias, Bel. (Faculdade Boa Viagem) larissa.farias92@gmail.com
Lorena Joanne de Lira e Silva, Bel. (Faculdade Boa Viagem) loranne_03@hotmail.com
Priscyla Lima de Andrade, Me. (Faculdade Boa Viagem) pandrade3@fbv.edu.br

Resumo

Diante de uma possível situação de escassez de biocombustíveis fósseis, gerou um interesse maior de recorrer a outros tipos de matéria prima para a produção destes. Dentre estes, está o uso das algas, cuja produção é de tamanha relevância ambiental, pois são de alto desempenho e não emitem poluentes, quanto ao econômico, pois possuem um baixo custo para a produção de biocombustíveis. A relevância social é devido à poluição da água, do solo e do ar pela queima de biocombustíveis fósseis, degradação esta que ameaça a saúde da população e a qualidade de vida fica comprometida, porém, com o uso das algas na produção tais danos seriam reduzidos. Já o político, engloba todas estas relevâncias, pois todos estes são interesses governamentais, embora o econômico seja o mais relevante, pois com este tipo de produção atrairia atenção de outros países, a fim de investir, gerando um giro no capital nacional, entre outras vantagens. O tema foi escolhido com o intuito de abordar a utilização de recursos renováveis na vida cotidiana da população.

Palavras-Chaves: biocombustíveis fósseis, algas, recursos renováveis.

1. Introdução

Nos últimos tempos, a procura por medidas alternativas para suprir o uso e reduzir os impactos causados por biocombustíveis fósseis têm aumentado gradativamente e ganhado relevância no contexto da humanidade.

A procura pelo uso de algas para suprir as necessidades da sociedade é antigo e razoavelmente estudado e explorado (DIOGO, 2012).

De acordo com Lira *et al* (2012, p.390),

a primeira menção ao uso de algas para a produção de biocombustíveis ocorreu em 1950, no Massachusetts Institute of Technology (MIT). Entre 1980 a 1995, o Departamento de Energia dos Estados Unidos (United States Department of Energy) e o Laboratório Nacional de Energias Renováveis (National Renewable Energy Laboratory - NREL) desenvolveram o Algae Species Program (ASP), considerado um marco referente ao assunto.

Essa procura por recursos limpos tem sido um dos maiores desafios atuais, pois há a preocupação de garantir as necessidades energéticas futuras. Os impactos ambientais e o

crescimento gradativo do preço dos combustíveis têm alertado as empresas para a procura de recursos renováveis, e para o desenvolvimento de tecnologias verdes que dêem suporte as indústrias e as necessidades do mercado mundial (ANTUNES, 2010).

Qual a viabilidade do uso de algas na produção de biocombustíveis? Neste trabalho, o intuito foi verificar a viabilidade do uso de algas na produção de biocombustíveis e calcular a viabilidade econômica do uso de algas na produção de biocombustíveis;

2. Fundamentação teórica

2.1 Algas: conceito geral

As algas fazem parte de vários grupos de seres aquáticos e são distinguidas pela pigmentação, ciclo de vida e estrutura celular. São organismos clorofilados capazes de realizar fotossíntese. Podem ser divididas em dois grupos: macroalgas e microalgas. As macroalgas marinhas são mais fáceis de serem encontradas e vistas, por conta de seu tamanho. Já as microalgas só são microscopicamente visíveis. Estas podem ter dois tipos de estrutura celular: procarióticas e eucarióticas (HOMIAK, 2014).

Devido às descobertas de relevância ecológica, alimentícia, médica e socioeconômica tem crescido o interesse sobre o uso das algas e suas aplicações. Elas que dão início a cadeia alimentar para organismos heterotróficos que vivem em águas salgadas ou doce. Assim diante de sua diversidade, desempenham funções tanto para manter o equilíbrio da concentração de gás carbônico (CO₂) na atmosfera quanto dão origem a plantas, assim iniciando um ciclo biológico (VIEIRA, 2006).

De acordo com Vidotti (2004, p.140),

As comunidades de algas são controladas por muitos fatores ambientais, bióticos e abióticos, os quais podem, por sua vez, ser afetados por espécies químicas estranhas ao meio (contaminantes), produzindo mudanças na estrutura e no funcionamento da comunidade. As algas podem sofrer efeitos diretos, em curto tempo, e também, efeitos indiretos, sendo estes resultados dos efeitos diretos sobre outros organismos no meio.

2.1.1 Tipos de cultivo

A produção de microalgas é dada em relação à fonte de energia utilizada e ao método adotado. Como a maioria das microalgas cresce através da fotossíntese, convertendo energia solar em energia química, seu cultivo pode ser classificado em três tipos: heterotrófico, mixotrófico e autotrófico (DIOGO, 2012).

- Cultivo heterotrófico: as microalgas têm capacidade de absorver vários compostos orgânicos, tais quais: glicose, glicerol, acetato, frutose, lactose e outros, com isso aumentam-se a produtividade de biomassa e reduz a dependência de luz, o que promove um aumento na quantidade e no acúmulo de lipídios (VIEIRA, 2013 e DERNER, 2006).
- Cultivo mixotrófico: de acordo com Diogo (2012, p.27), “as microalgas conseguem simultaneamente realizar a fotossíntese e consumir carbono inorgânico e orgânico, o que permite aumentar a sua produtividade”.
- Cultivo autotrófico: é o mais comum na produção de microalgas, principalmente quando em grande escala, sendo a fonte única o carbono inorgânico. Este pode ser encontrado em várias formas. Elas utilizam a energia da luz para fixar o carbono a partir do CO₂ (VIEIRA, 2013).

O cultivo de microalgas se sobressai com relação ao de outras espécies, devido ao elevado nível de crescimento em meios simples, podendo duplicar sua biomassa em 24 horas, devido a um eficiente sistema de fotossíntese (VIEIRA, 2013).

Ele pode ser cultivado em diversos tipos de áreas, como as desérticas e em variados solos, como os degradados, pois possuem alta produtividade em biomassa seca. Seu meio de crescimento deve conter todos os elementos inorgânicos presentes nas células das algas, tais como, o fósforo, o ferro, o silício, dentre outros, gerando diversas colheitas ao longo do ano. As técnicas mais comuns e conhecidas são as lagoas fotossintéticas (ou raceway ponds) e os fotobiorreatores tubulares fechados (ANTUNES, 2010).

2.1.2.1 Os raceway ponds

Desde os anos 50, esse sistema é utilizado no cultivo de microalgas. Seus tanques, que formam um loop fechado usualmente são compostos por canais de recirculação independentes, os quais geralmente medem 20-30 cm de profundidade (ANTUNES, 2010). Esta técnica comparada aos fotobiorreatores é mais econômica com relação aos custos, construção e manutenção. Eles podem ser construídos em uma única ou em várias unidades, são confeccionadas em concreto, fibra de vidro, policarbonato, com fundo de terra ou revestido com material plástico. Suas unidades são operadas em conjunto, sendo a agitação constante das culturas provida por pás giratórias ou injeção de ar. No entanto, apresenta algumas desvantagens, como evaporação e perda de CO₂ e contaminação por microrganismos que se alimentam de algas, entre outros (HOMIAK, 2014).

Figura 1 – Produção de microalgas através de lagoas abertas



Fonte: Gazzoni (2012)

2.1.2.2 Fotobiorreatores

São matrizes de tubos transparentes, confeccionados de vidro, plásticos, acrílico ou poli(Tereftalato de Etileno) – PET, os quais são alinhados e montados em postos. Estes são coletores solares e medem, em média, 10 cm de diâmetro. O cultivo através destes, seguem parâmetros que favorecem o crescimento das espécies, o absentismo de contaminação, além de criar condições convenientes de luminosidade para a produção de microalgas. Dentre outras vantagens está a economia no consumo de água, pois este é pouco, ocupam espaço menor devido a sua organização estrutural ser estendida verticalmente, contudo, produzindo em grande escala sem prejudicar o ambiente do cultivo (HOMIAK, 2014).

De acordo com Homiak (2014, p.71),

Os fotobiorreatores devem ser construídos para serem resistentes contra os efeitos ambientais (chuva, vento, sol, insetos etc.), de acordo com o microclima local e apresentar sistema de refrigeração. Ainda, devem apresentar agitação constante para que as algas permaneçam suspensas maximizando o aproveitamento luminoso. Reatores bem projetados podem garantir um sistema bem equilibrado e cultivar algas com baixo risco de efeitos externos indesejados.

Figuras 2 e 3 – Fotobiorreatores em funcionamento



Fontes: Mariano (2011)

2.1.3 Cultivo de macroalgas

As macroalgas geralmente são cultivadas em bancos naturais, como baías e estuários, pois ocorre um aporte de água fluvial, embora sejam difíceis de serem cultivadas em locais com alto índice de turbidez. Porém, já conhecendo sua biologia e a quantidade e qualidade sazonal dos ficocolóides - polissacarídeos coloidais extraídos de algas- precisa-se obedecer uns requisitos para que a coleta seja feita de forma adequada, assim evitando possíveis destruições do meio. O cultivo dá-se através de etapas, nas quais inicia na sua coleta nos bancos, depois fixação em redes horizontais onde exista variação da maré e luminosidade adequada, pois o excesso desta pode causar fotoinibição (DIOGO, 2012).

Figura 4 – Cultivo de macroalgas



Fonte: Kiffer (2013)

2.1.5 Crescimento das algas

É definido como um aumento na quantidade de matéria viva, e determinados parâmetros de crescimento são utilizados no cultivo das microalgas, os quais se destacam a densidade celular máxima alcançada, a velocidade de crescimento e o tempo de cultivo (DERNER, 2006). A introdução de um grupo viável em condições adequadas e nutrientes suficientes pode acelerar o crescimento destas (DIOGO, 2012).

2.1.6 Colheita e processamento da biomassa proveniente das algas

A colheita da biomassa se dá pela extração da alga do meio de cultura que se encontra. Para melhor eficiência, é viável a escolha de linhagens de fácil colheita e a utilização do método mais apropriado para qual tipo de alga. O método de colheita das macroalgas irá de acordo com o ambiente em que estas cresceram que pode ser em substratos sólidos ou flutuação livre em água. No crescimento em substratos sólidos é necessário cortar as algas o que gera um pequeno consumo de energia. No crescimento por flutuação simples a colheita pode ser feita pelo incremento de líquido no tanque, gerando uma poupança de energia. Nos dias atuais as colheitas são mais rápidas comparadas à antigamente, pois se utilizam cortadores rotativos com possível bomba de vácuo acoplada, coletando em grande quantidade. Elas são feitas em zonas escolhidas, permitindo a colheita em diferentes fases de crescimento. No término de cada período de colheita as redes utilizadas são limpas com água doce, secas e armazenadas para a próxima estação. As macroalgas coletadas são transportadas para solo firme, e secadas ao sol.

Figura 5 – Colheita de macroalgas, em redes, crescidas por flutuação livre em água



Fonte: Mata (2011)

A colheita das microalgas dá-se pela concentração da suspensão diluída de sua biomassa até a obtenção de uma pasta espessa. A colheita é dificultada devido às pequenas dimensões da biomassa. Para executar este processo dependerá do tamanho, das propriedades de tensão da alga e da sua linhagem (DIOGO, 2012).

Figura 6 e 7 – Biomassa de microalgas



Fonte: Mariano (2013)

De acordo com Antunes (2010) e Diogo (2012), os processos mais comuns são a sedimentação do campo gravitacional, a floculação, a centrifugação e a filtração.

Quadro 1 - Características dos tipos de colheita

Sedimentação	Consiste na concentração da biomassa pela precipitação das células. Apesar de ser um processo mais lento e o produto final conter alto nível de água, ele é mais econômico e simples.
Floculação	Consiste na adição de agentes químicos para induzir a associação das células através da neutralização, inversão das cargas elétricas das paredes celulares ou pela formação de ligações entre as mesmas. Este processo proporciona o aumento de tamanho das partículas, embora possa haver uma possível alteração do produto final devido ao uso desses agentes químicos.
Centrifugação	O processo não é energeticamente eficiente, pois depende das características de sedimentação das células, além do tempo de centrifuga, da temperatura e profundidade da decantação. Porém, para a maioria das microalgas é um processo eficaz, pois há concentração da biomassa.
Filtração	Este processo pode funcionar sob pressão ou à vácuo. Apesar de possuir concentração elevada de biomassa, é limitado a microalgas coloniais ou filamentosas, além de ser um processo vagaroso.

Fonte: elaboração própria com base em Diogo (2012)

2.1.7 Extração dos óleos

A ruptura das células se faz necessária para uma melhor eficácia da extração do óleo contido no interior delas. Sendo assim, se dá pelo uso de solventes orgânicos como clorofórmio e metanol, entre outros, que são caros, tóxicos e inflamáveis. Este processo pode ser realizado

de cinco formas diferentes, sendo elas: prensagem, extração por solventes, extração fluída supercrítica, extração enzimática e choque osmótico. E pode ser desenvolvido tanto em um laboratório quanto em uma indústria (HOMIAK, 2014).

Segundo Defanti (2010) e Lira (2012),

- Prensagem: é o método mais comum por ser mais econômico, no qual 75% do óleo podem ser extraídos.
- Extração por solventes: utiliza-se o método com uso do solvente hexano, cujo óleo das microalgas é extraído usando produtos químicos como benzeno e o éter etílico. Esse solvente é relativamente barato, apesar de ser um produto não renovável e tóxico. A combinação desse método com a prensagem extrai até 95% do óleo das algas, cuja prensa extrai o óleo e em seguida o que sobra é misturado ao solvente, filtrado e limpo eliminando resíduos químicos.
- Extração fluída supercrítica: extrai até 100% do óleo das algas. Quando a substância é prensada e aquecida, o dióxido de carbono age como um fluido supercrítico mudando a composição tanto para líquido quanto para gás. Após atingir esse ponto, o dióxido de carbono é misturado às algas, em seguida quando combinado, transforma totalmente a alga em óleo.
- Extração enzimática: quando aplicada sincronicamente com processos puramente mecânicos, fornece resultados promissores principalmente para aumentar o rendimento de obtenção de óleo. Esse processo facilita o fracionamento do óleo, pois utiliza enzimas para deteriorar a parede celular da microalga.
- Choque osmótico: ocorre uma redução inesperada da pressão osmótica causando a ruptura das paredes das células das microalgas em solução, liberando seus componentes celulares, tais como o óleo.
- Extração mecânica: Este processo garante a integridade química dos componentes contidos nas células, minimizando a contaminação por fontes externas. Ele submete a biomassa de microalgas à alta pressão, procedimento necessário para que ocorra a ruptura da parede celular e conseqüentemente liberação do óleo intracelular.

Figura 8 – Extração de óleos de microalgas



Fonte: Natureza (2011)

2.2 Abordagem sobre Biocombustíveis

Segundo Silva (2012, p.183),

São combustíveis produzidos através da biomassa (matéria orgânica), isto é, de fontes renováveis – produtos vegetais ou compostos de origem animal. As fontes mais conhecidas no mundo são cana-de-açúcar, milho, soja, semente de girassol, madeira e celulose. A partir destas fontes é possível produzir biocombustíveis, como álcool, etanol e biodiesel. Os biocombustíveis são biodegradáveis - por isso provocam menor impacto a natureza.

Os mesmos são subdivididos em primeira, segunda e terceira geração. De acordo com Figueiredo (2009, p.3), os biocombustíveis de primeira geração “são combustíveis produzidos a partir de açúcares, amido, óleos vegetais ou gorduras animais, através de tecnologias já provadas e estabelecidas”. Essas tecnologias são simples e implantadas nas indústrias através do processo de fermentação e prensagem. Já os de segunda geração, consistem em um tipo de biomassa lignocelulósica originada através de resíduos vegetais e do processamento da madeira. Esta é uma alternativa de custo reduzido, a qual não recorre a produção de alimentos e possui um grande potencial para produção de biocombustíveis, emitindo menos gases de efeito estufa (VIEIRA, 2013). E, finalmente, os de terceira geração Segundo Vieira (2013, p.21), são conhecidos por buscarem alternativas na obtenção de energia mais “limpa”, a custos competitivos. E, Mota (2013) acrescenta que de acordo com a espécie a ser cultivada é possível obter medicamentos, alimentos e cosméticos, além dos próprios biocombustíveis.

2.2.4. Tipos de biocombustíveis

Dentre os biocombustíveis produzidos através de algas, destacam-se o bioetanol e o biodiesel.

2.2.4.1 Bioetanol

De acordo com Antunes (2010, p.8), “o etanol pode ser obtido a partir das algas através da conversão do amido e da celulose. Uma vez que são ricas em polissacarídeos e possuem paredes celulares finas, as algas são a fonte ideal para o bioetanol de segunda geração”. Ainda segundo este autor, dentre as espécies de microalgas mais promissoras para produção deste tipo de biocombustível estão o Sargassum, a Glacilaria, Pymnesium parvum e Euglena gracilis. A biomassa das algas possui três componentes essenciais que são os hidratos de carbono, as proteínas e lipídios. O processo de produção do etanol baseia-se na fermentação dos açúcares e envolve várias etapas, tais como, sacarificação do amido, fermentação da biomassa em decomposição e separação do etanol.

2.2.4.2 Biodiesel

Silva (2012, p.185) define: “é combustível composto de monoalquilésteres de ácidos graxos de cadeia longa, derivados de óleos vegetais ou de gorduras animais”. Porém a matéria-prima biológica não alimentar é utilizada na produção de segunda geração. Ele pode ser usado na forma pura ou misturado ao diesel em qualquer concentração. O processo de produção de biodiesel se dá através da transesterificação ou utilizando tecnologias de “biomass-to-liquid” (BTL). Dentre os tipos de microalgas viáveis para este tipo de processo estão as Botryococcus braunii, Chlorella SP, Cryptocodinium cohnii, entre outras (ANTUNES, 2010). A molécula de óleo vegetal é um triglicérido o qual é formada por três moléculas de ácidos graxos ligadas a uma molécula de glicerina. Este processo separa a glicerina do óleo vegetal, a qual deixa o óleo mais denso e viscoso, portanto com sua remoção o produto final adquirido é mais fino e menos viscoso (SILVA, 2012).

3. Metodologia

3.1. Tipo de pesquisa

A pesquisa realizada caracteriza-se como uma pesquisa exploratória. De acordo com o Prodanov (2013), o início da pesquisa tem como objetivo buscar informações referentes ao assunto que se deseja aprofundar, delimitando e definindo o tema pesquisado.

3.2. Instrumentos de coleta de dados

O procedimento técnico adotado para este trabalho foi a pesquisa bibliográfica. Esta coloca o pesquisador em contato com os materiais já elaborados do tema. Porém, é preciso estar atento para a veracidade das fontes selecionadas. A busca pode ser feita em revistas, livros, artigos, teses, entre outros (PRODANOV, 2013).

3.3. Análise dos dados

O estudo do uso de algas na produção de biocombustíveis recorreu a vários materiais já publicados, de diferentes fontes, para colher informações substanciais que pudessem ser aproveitadas no desenvolvimento da sua viabilidade. Esses recursos contribuíram para o alcance dos objetivos e resposta da problemática deste estudo.

4. Resultados e discussões

4.1. Viabilidade econômica do uso de algas na produção de biocombustíveis

Nos dias atuais o consumo mundial de energia vem crescendo gradativamente comparado aos últimos anos. Para Homiak (2014, p.67),

“o consumo anual médio de energia per capita no mundo em 1998 era de 1,6 toneladas de óleo, mas há uma enorme diferença entre o consumo em países industrializados onde vivem 25% da população mundial e os países em desenvolvimento bem como países pobres com os 75% restantes. Somente nos Estados Unidos, o consumo é de 35% da energia mundial e o esgotamento das fontes de energia fóssil, não é um problema imediato, pois ainda existem reservas por pelo menos trinta ou quarenta anos, o problema é a poluição causada pelo seu uso na biosfera”.

A produção dos biocombustíveis e sua queima além de causar poluição têm causado problemas no setor alimentício, pois tem reduzido a produção de alimentos no mundo. Em busca de um lucro maior, agricultores têm recorrido a produção de milho, soja, canola e cana-de-açúcar para produzir biocombustível. Contudo, há um maior consumo de água, gasto de energia e utilização maior de terra, o que promove o desmatamento e dano a biodiversidade. Por isso é possível a elevação dos preços e diminuição da variedade de produtos agrícolas (SILVA, 2012). As vantagens do uso de microalgas na produção de biocombustíveis caracterizam-se pelo seu crescimento rápido e alta produtividade chegando até 300 vezes maior à produção de vegetais e ocupando um espaço até 100 vezes menor. Pretende-se com sua produção em larga escala, obter a redução da poluição ambiental, consequentemente reduzindo o efeito estufa e emissão de gases poluentes. Além de ser uma fonte renovável a alga não compete no setor alimentício (HOMIAK, 2014).

5. Conclusão

Atualmente, a sociedade como um todo, se encontra em estado de alerta com o desperdício de recursos naturais e com a exacerbação de emissão de poluentes, causado pelo uso de combustíveis fósseis, entre outros. Tal poluição, por exemplo, contribui para o aumento do aquecimento global, resultando em consequências futuras, como derretimento das calotas polares, extinção de espécies, entre outros. Portanto, uma forma de amenizar tal problema,

seria a utilização de biocombustíveis produzidos por matéria prima de origem biológica, as algas. A importância destas está distribuída por vários setores socioeconômicos.

Através deste estudo, foi verificada a importância da alga como sendo fonte de matéria prima, de alto potencial econômico, para a produção de diversos tipos de biocombustíveis, resultando em uma futura viabilidade econômica à nível mundial. Portanto, a utilização destes biocombustíveis de origem biológica é um tema que se faz presente por diversos setores socioeconômico e preserva o meio ambiente.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANTUNES, R.; SILVA, I. C. Utilização de algas para a produção de biocombustíveis. Disponível em:

<<http://www.marcaspatentes.pt/files/collections/ptPT/1/300/302/>

Utiliza%C3%A7%C3%A3o%20de%20algas%20para%20a%20produ%C3%A7%C3%A3o%20de%20biocombust%C3%ADveis.pdf>. Acesso em: 12 nov. 2014.

DEFANTI, Leonardo S.; SIQUEIRA, Nathalia S.; LINHARES, Paolla C.. Produção de biocombustíveis a partir de algas fotossintetizantes. **Divulgação do Projeto Universidade Petrobras e If Fluminense**, Rio de Janeiro, v. 1, p.11-21, 2010.

DERNER, Roberto Bianchini. **Efeito de fontes de carbono no crescimento e na composição química das microalgas chaetoceros muelleri e Thalassiosira fluviatilis, com ênfase no teor de ácidos graxos poliinsaturados**. 2006. 126 f. Monografia (Especialização) - Curso de Ciências dos Alimentos, Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal de Porto Alegre, Florianópolis, 2006.

DIOGO, Elsa Maria dos Santos. **Utilização de Algas na Produção de Bioetanol**. 2012. 90 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Tecnologia Química, Instituto Politécnico de Tomar. Tomar, Pt, 2012.

FIGUEIREDO, Cristina Brunet de; FARIAS FILHO, José Rodrigues de. Os impactos sociais dos biocombustíveis. Disponível em:

<http://www.excelenciaemgestao.org/Portals/2/documents/cneg5/anais/T8_0151_07_98.pdf>. Acesso em: 19 nov. 2014.

GAZZONI, Décio Luiz. Os desafios do biodiesel de algas. Disponível em: <

<http://www.gazzoni.eng.br/pagina40.htm>>. Acesso em: 20 nov. 2014.

HOMIAK, Juliana Aparecida; MORESCO, Carina. Produção de biodiesel utilizando microalgas. **Sabios: revista de saúde e biologia**, Campo Mourão, v. 9, n. 2, p.65-74, 27 ago. 2014.

KIFFER, Danielle. Pesquisa avalia potencial de cultivo de algas exóticas. Disponível em: <

http://www.faperj.br/boletim_interna.phtml?obj_id=9386>. Acesso em: 19 nov. 2014.

LIRA, Rafael de Araújo et al. As microalgas como alternativa à produção de biocombustíveis. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 20, n. 5, p.389-403, out. 2012.

MARIANO, André. Fotobiorreator em funcionamento. Disponível em: <

<http://npdeas.blogspot.com.br/2011/08/fotobiorreator-em-funcionamento.html>>. Acesso em: 20 nov. 2014.

MARIANO, Vera Lucia Bellin. Cultivo de microalgas em fotobiorreatores. Disponível em:

<<http://microalgasprofessoravera.blogspot.com.br/2013/06/biomassa-coelastrum.html>>. Acesso em: 22 nov. 2014.

MATA, Maurício Roque da. Cultivo piloto da macroalga *kappaphycus alvarezii* para proporcionar alternativa econômica a populações tradicionais de paraty (RJ). Disponível em: <

<http://cardumebrasil.blogspot.com.br/2011/04/rj-cultivo-piloto-de-kappaphycus-em.html>>. Acesso em: 22 nov. 2014.

MOTA, Claudio J. A.; MONTEIRO, Robson S.. Química e Sustentabilidade: Novas Fronteiras em Biocombustíveis. **Química Nova**, Rio de Janeiro, v. 36, n. 10, p.1483-1490, set. 2013.

NATUREZA, Globo. Pesquisadores isolam genes de alga responsáveis por formar petróleo: eles modificaram uma levedura para que ela também produzisse óleo. Estudo pode ser importante para produção de biocombustível. Disponível em: < <http://g1.globo.com/natureza/noticia/2011/07/pesquisadores-isolam-genes-de-alga-responsaveis-por-formar-petroleo.html>>. Acesso em: 21 nov. 2014.

PRODANOV, Cleber Cristiano; FREITAS, Ernani Cesar de. **Metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico**. 2. ed. Novo Hamburgo: Feevale, 2013.

SILVA, Kélsia Limoeiro da; CHAGAS, Kelvin Carvalho das; CRUZ, Marianne Carvalho Pinheiro da. Produção de biocombustíveis a partir de resíduos vegetais. Disponível em: <

<http://essentiaeditora.iff.edu.br/index.php/BolsistaDeValor/article/view/2415/1303>>. Acesso em: 25 nov. 2014.

SOUZA, Girlene Santos de; SANTOS Anacleto Ranulfo dos; Dias, Viviane Borges. **Metodologia da pesquisa científica: a construção do conhecimento e do pensamento científico no processo de aprendizagem**. Porto Alegre: Animal, 2013.

VIDOTTI, Eliane Cristina; ROLLEMBERG, Maria do Carmo E. Algas: da economia nos ambientes aquáticos à bioremediação e à química analítica. **Química Nova**, v. 27, n. 1, p.139-145, 2004.

VIEIRA, Isabela Barboza. **Abordagem das microalgas no ensino de ciências no município de Aracaju- SE**. 2006. 32 f. TCC (Graduação) - Curso de Ciências Biológicas, Departamento de Biologia, Universidade Federal de Sergipe, Aracaju, 2006.

VIEIRA, Tamires de Queiroz. **Uso de resíduos líquidos no cultivo da microalga *Chlorella sp* com potencial para a produção de biocombustíveis**. 2013. 62 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, 2013.