

## DIFERENTES MÉTODOS DE EXTRAÇÃO DO MATERIAL LIPÍDICO PRESENTE NO CHORUME: UM POSSÍVEL CAMINHO PARA PRODUÇÃO DE BIODIESEL

Tamara Miranda de Moura<sup>1</sup>; Miguel Martins dos Santos Neto<sup>2</sup>; Daniele da Silva Oliveira<sup>3</sup>; Anne Gabriella Dias Santos<sup>4</sup>; Luiz Di Souza<sup>5</sup>.

<sup>1</sup> Universidade Estadual do Rio Grande do Norte (UERN) - [tamaramiranda.uern@gmail.com](mailto:tamaramiranda.uern@gmail.com)

<sup>2</sup> Universidade Estadual do Rio Grande do Norte (UERN) - [miguelmartins378@gmail.com](mailto:miguelmartins378@gmail.com)

<sup>3</sup> Universidade Estadual do Rio Grande do Norte (UERN) - [danielequimica@hotmail.com](mailto:danielequimica@hotmail.com)

<sup>4</sup> Universidade Estadual do Rio Grande do Norte (UERN) - [gabriella.uern@gmail.com](mailto:gabriella.uern@gmail.com)

<sup>5</sup> Universidade Estadual do Rio Grande do Norte (UERN) - [souzaluzdi@gmail.com](mailto:souzaluzdi@gmail.com)

### RESUMO

Óleos provenientes de reaproveitamento como o lodo de esgoto e os óleos e gorduras residuais tem potencial para a produção de biocombustível devido a sua disponibilidade imediata e seu baixo custo. Uma nova alternativa que vêm sendo estudada é o percolado (chorume) que é um líquido escuro, de cheiro forte, gerado pela degradação física, química e microbiológica proveniente dos Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) dos aterros sanitários. Atualmente o processo de tratamento do chorume tem sofrido diversos estudos, sendo a produção de biodiesel de esgoto uma inovação mundial, e que necessita de aprofundamento. Nesse trabalho objetivou-se avaliar os diferentes métodos de extração que sejam mais eficiente na recuperação do material lipídico (ML) presente no chorume, e assim realizar um estudo sobre a viabilidade e características físico-químicas do material lipídico obtido para uma futura aplicação na produção de biodiesel. Para obtenção do material lipídico (ML) foram realizadas a extrações por métodos que se diferenciavam pela técnica empregada (a frio, centrífuga, ultrassom e Bligh & Dyer) como também por diferentes solventes de padrão P.A (hexano, etanol e clorofórmio). Realizaram-se caracterizações físico-químicas no chorume bruto e no ML. Os resultados da extração do ML por diferentes métodos comprovou uma boa viabilidade, podendo ser vista como uma saída para problemática de reaproveitamento, pois contém quantidade apreciativa de teor de óleos e graxas, que podem ser destinados como matéria prima para produção de biodiesel por possuir características físico-químicas propícias.

Palavras-chave: Energia Renovável, Biodiesel, Percolado, Viabilidade.

### 1. INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, a busca por combustíveis renováveis mostrou um crescimento rápido e global, motivado principalmente por políticas energéticas [REDDY, 2014] Esse processo se deve pela necessidade que os países sentiram de diminuir a dependência e o consumo dos combustíveis fósseis, tal como aumentar a

diversificação das matrizes energéticas e consequentemente reduzir as implicações geradas ao meio ambiente, como a destruição da camada de ozônio e o aquecimento global [BARROS; MAIA; SOUZA, 2013; OLIVEIRA, 2012].

A partir de então, passou-se a estudar a produção de fontes alternativas de energia, entre elas está a produção do Biodiesel

[CORTEZ, LORA e GOMEZ, 2008; LEUNG, 2010].

O biodiesel tratando quimicamente é um éster monoalquílico de ácidos graxos de cadeia longa, derivados de lipídeos de ocorrência natural e pode ser produzido, juntamente com a glicerina, pela reação de triacilgliceróis (ou triglicerídeos) com álcool como etanol (éster etílico) ou metanol (éster metílico), na presença de um catalisador ácido ou básico, que pode ser homogêneo ou heterogêneo [LEIVA-CANDIA, 2014, RAMOS et al., 2003; JANAUN, e ELLIS, 2010 LEÓN, 2014; AZEREDO, 2014]. Este pode ser produzido por uma imersa variedade de matérias-primas, desde óleos vegetais, gorduras de origem animal, bem como óleos provenientes de reaproveitamento como o lodo de esgoto e os óleos e gorduras residuais. [GIRISHA et al., 2014, GRACE, 2010; AZEREDO, 2014].

Uma nova alternativa que vêm sendo estudada é o percolado (chorume) que é um líquido escuro, de cheiro forte, gerado pela degradação física, química e microbiológica proveniente dos Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) dos aterros sanitários. Que se destaca pela disponibilidade imediata e seu baixo custo, isto, devido à imensa quantidade de resíduos sólidos urbanos produzidos diariamente, como exemplo, na cidade de Mossoró-RN, a produção é de

aproximadamente 150 toneladas dia<sup>-1</sup>, resultando em valor per capita de 0,62 kg habitante<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>, que segundo Coelho [2013] geram a produção de chorume de 50 L/h. [ABRELPE, 2012; COELHO, 2013; BARROS, 2013; BARROS et al., 2015; SANEPAV, 2012].

Trata-se de uma pesquisa ampla, pois busca uma possível solução para duas grandes problemáticas: a questão energética e ambiental, já que o manuseio correto dos resíduos é uma importante estratégia de preservação do meio ambiente, como também a promoção e proteção da saúde, visto que estes resíduos podem comprometer a qualidade do solo, da água e do ar, por serem fontes de compostos orgânicos xenobióticos, macrocomponentes inorgânicos e metais potencialmente tóxicos, entre outros. [MORAIS et al., 2006; RAGHAB, MEGUID e HEGAZI, 2013; GIUSTI, 2009; MENEZES, 2015]. Sendo uma saída ambientalmente correta e economicamente viável.

Atualmente o processo de tratamento do chorume tem sofrido diversos estudos, nessa busca por alternativas têm se falado em diversas vertentes, desde biogás produzido nos aterros sanitários, créditos de carbono, como também o uso para agricultura ou indústrias onde o lodo sedimentado pode ser utilizado para fertilização, e a água pode ser

encaminhada ao reuso [SOUSA, 2015]. Porém, segundo Oliveira [2004] a produção de biodiesel de esgoto é uma inovação mundial, e que necessita de aprofundamento.

Portanto, nesse trabalho objetivou-se avaliar os diferentes métodos de extração que sejam mais eficiente na recuperação do material lipídico (ML) presente no chorume, e assim realizar um estudo sobre a viabilidade e características físico-químicas do material lipídico obtido para uma futura aplicação na produção de biodiesel.

## 2. METODOLOGIA

### 2.1. Obtenção do Chorume

O chorume foi cedido pela empresa SANEPAV- situado às margens da BR-110 sentido Mossoró - Areia Branca/RN, sem nenhum tipo de tratamento, precaução necessária para que estes não interferissem nos resultados.

### 2.2. Obtenção do Material Lipídico (ML)

Para obtenção do material lipídico (ML) seguiu os procedimentos propostos por Barros [2015] com adaptações, sendo realizada a extração por métodos que se diferenciavam pela técnica empregada (a frio, centrífuga, ultrasson e Bligh & Dyer) como também por diferentes solventes de padrão P.A (hexano, etanol e clorofórmio). O

procedimento detalhado de cada método é descrito a seguir.

#### 2.2.1. Método de extração a frio com hexano e etanol

Foram pesadas 100 g do chorume puro. Esta massa foi colocada em um becker de 500 mL e em seguida adicionou-se 300 mL de solvente hexano. Agitou-se manualmente por aproximadamente 5 minutos e deixou-se em repouso por 24 horas em temperatura ambiente. Após esse intervalo, a parte líquida composta por solvente e ML, foram expostas em estufa a uma temperatura de 70 °C, durante 120 horas, para eliminação da água e solvente residuais, obtendo apenas o ML. O mesmo procedimento foi feito com o solvente etanol.

#### 2.2.2. Método de extração Bligh & Dyer

Foram pesadas 25 g da amostra do chorume puro em um bécker de 400 mL. Em seguida foram adicionados os solventes: 62,5 mL de clorofórmio, 125 mL de etanol e 25 mL de água destilada, sendo agitada por 30 minutos por um agitador mecânico.

#### 2.2.3. Método de extração com hexano e auxílio da centrífuga

Foram pesadas 10 g da amostra e adicionado 30 mL de solvente (hexano) em seguida deixou-se sob agitação mecânica por 20 minutos. Após esse tempo o material ficou

em repouso por 5 minutos e em seguida foi agitado novamente por 5 minutos. Logo após, acondicionou-se a amostra em um tubo de ensaio apropriado e centrifugou-se por 5 minutos a uma rotação de 1300 rpm. No processo da centrifugação, removeu-se a parte líquida da amostra, em seguida foram expostas em estufa a uma temperatura de 70 °C, durante 48 horas, para eliminação da água e solvente residuais, obtendo-se apenas o ML.

#### 2.2.4. Método de extração com auxílio de banho de ultrassom

Em um erlenmeyer pesou-se 3 g da amostra, em seguida adicionou 100 mL de hexano e submeteu a mistura ao ultrassom por 120 minutos. Posteriormente, as amostras foram transferidas para estufa, a uma temperatura de 70 °C, durante 48 horas, para eliminar a água e solvente residuais, obtendo apenas o ML.

### **2.3. Caracterização físico-química**

Foram realizadas as análises físico-químicas no chorume bruto (pH, TOG, índice de acidez e alcalinidade) e no material lipídico (índice de acidez, ácidos graxos livres, saponificação e iodo) com a finalidade de caracterizá-los, podendo identificar suas particularidades, facilitando assim o desenvolvimento da pesquisa. O procedimento detalhado de cada análise é descrito a seguir.

#### 2.3.1. Índice de acidez – (IA)

Pesou-se em um erlenmeyer de 125 mL dois gramas da amostra, adicionou 25 mL da solução éter e álcool etílico (2:1) e submeteu a agitação magnética, em seguida acrescentou duas gotas de fenolftaleína e titulou com a solução de hidróxido de sódio até a cor levemente rosa persistir por cerca de 10 segundos.

#### 2.3.2. Índice de ácidos graxos livres – (IAGL)

Pesou-se 5 g da amostra em um erlenmeyer 250 mL, em seguida adiciona-se 50 mL da solução álcool etílico 95%, posteriormente submete a aquecimento até ocorrer a ebulição, após adicionar-se 3 gotas de fenolftaleína, e titula-se com NaOH, até a coloração rósea persistir por 15 segundos.

#### 2.3.3. Índice de saponificação – (IS)

Pesou-se em um erlenmeyer 2 g da amostra, em seguida adicionou se 20 mL da solução alcoólica de hidróxido de potássio 4%, posteriormente adaptou o erlenmeyer no sistema de refluxo, e deixou fervendo durante 30 minutos, após esse período foi retirado do sistema e adicionado 2 gotas de indicador fenolftaleína e titulou-se com HCl até desaparece a cor rósea.

#### 2.3.4. Índice de Iodo – (II)

Pesou-se 1 g da amostra em um erlenmeyer de 500 ou 250 mL, adicionou-se 10 mL de clorofórmio P.A., após adicionou 25 mL de solução wjjs e agitou-se cuidadosamente e em seguida deixou em repouso por 30 minutos no escuro a temperatura ambiente, após esse tempo adicionou 10 mL de solução de iodeto de potássio a 15% e 100 mL da água destilada (previamente fervida e resfriada) e procedeu com a titulação com o tiosulfato de sódio 0,1N, sobre agitação constante até uma fraca coloração amarela, após adicionou 1 ou 2 mL de solução amido onde adquiriu uma cloração azul, continuou-se a titulação até que a cor azul desapareça.

#### 2.3.5. pH

Realizou-se a calibração do aparelho com as soluções tampões, indicadas pelo fabricante, dentro da faixa desejada (7-4). Após colocou aproximadamente 30 mL da amostra em um bécker. Após imergiu o eletrodo na amostra e aguardou a leitura do equipamento, anotou-se o valor registrado e em seguida lavou-se com água destilada o eletrodo.

#### 2.3.6. Teor total de óleos e graxas – TOG

Colocou-se 100 mL da amostra em um funil de decantação, em seguida adicionou-se 10 mL de hexano e agitou manualmente para

separação de óleos e graxas, após a decantação observou-se a formação de duas fases, na qual a fase superior que continha o hexano junto com as graxas e óleos foi posto em um bécker (previamente pesado) e colocado na estufa a 60 °C para secagem, após esse realizou se a pesagem.

#### 2.3.7. Alcalinidade

Primeiramente foi diluído o chorume a 20%, para facilitar a leitura. Após isso foi medido 100 mL da amostra já diluída com uma pipeta volumétrica e adicionada em um erlenmeyer de 250 mL, em seguida colocou se 3 gotas da solução indicadora de fenolftaleína 1% , (como ficou rósea) titulou-se com a ácido sulfúrico 0,02N até desaparecer a coloração. Após adiciona-se 3 gotas da solução indicadora metilorange e continue a titulação até o ponto de viragem.

### **3. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

#### **3.1. Caracterização do chorume**

A composição físico-química do percolado (chorume) é muito variável devido a diversas condições, desde as ambientais, do tempo de disposição, do armazenamento, à próprias características do despejo que o chorume foi produzido.

Esse material tem as seguintes características físico-químicas como demonstrado na Tabela 1.

Tabela 1: Caracterização do Chorume.

Análises	Resultados
TOG	3,9 ppm
pH	8,81
IA	0,98 mg KOH/g
Alcalinidade	260 ppm

O chorume apresenta uma carga orgânica relativamente elevada, onde se pode verificar a presença de óleos e graxas. O resultado do TOG comprova que no chorume líquido, há existência de uma quantidade significativa de material lipídico que esta sem destino e que com a reutilização pode alcançar grandes possibilidades, podendo se tornar alternativas eficazes para a produção de biodiesel.

A alcalinidade representa a capacidade que um sistema aquoso tem para neutralizar ácidos sem perturbar de forma extrema as atividades biológicas que nele decorrem e que elevados resultados estão associados com processos de decomposição da material orgânica ainda presente [MORAES, 2008]. Neste caso o resultado obtido de 260 ppm mostra um valor relativamente baixo, quando comparado ao resultado obtido por Menezes [2015] de 5500 ppm, onde o mesmo afirma que valores altos de alcalinidade é característica de um percolado jovem. Neste

caso, o valor obtido é extremamente baixo o que indica que o percolado é mais antigo, ou seja, está na fase metanogênica [GIORDANO, 2011]. O pH, está correlacionado com alcalinidade, pois é relativo a concentração do ácido carbônico e seus sais (carbonatos e bicarbonatos), desta forma o resultado está dentro do esperado [GIORDANO, 2011]. Como também pode ser explicada pela ocorrência dos mecanismos de degradação microbiológicos envolvidos na degradação dos resíduos orgânicos, oxidação de carboidratos e gorduras no início do processo e, hidrólise de proteínas na sequência. [NETO, 2006 e GIORDANO, 2011].

O índice de acidez, demonstra um valor muito baixo o que se relaciona com o resultado obtido na verificação da alcalinidade e do pH, podendo constatar as condições que melhor se deve trabalhar esse material, tendo em vista que um alto índice de acidez pode dificultar o processo da reação de síntese, pela escolha incorreta do catalisador [BARROS, 2015].

### 3.2. Viabilidade dos métodos de extração

Nessa etapa, foi analisada a viabilidade dos métodos de extração já mencionados a cima, com o intuito de se conhecer as condições ideais para extrair o material lipídico (ML). Esses usaram diferentes

solventes polares e apolares, tal como misturas de solventes também com auxílio de equipamentos [BARROS, 2015].

Os resultados obtidos demonstram uma viabilidade de 2 g a cada 100 mL do chorume bruto, ou seja, em percentagem o valor igualitário de 2%, valores superiores aos que é encontrados na literatura em materiais úmidos que não passa de 1,2%. [BARROS, et al., 2015] como demonstrado na Tabela 2.

Tabela 2: Viabilidade da extração do material lipídico presente no chorume.

Método de Extração	% de extração
A frio com Hexano	2,0%
A frio com Etanol	1,9%
Bligh & Dyer	2,1%
A frio Hexano com auxílio centrifuga	2,5%
Extração com auxílio ultrassom	2,2%

Observando os percentuais de extração obtidos em cada um dos métodos, ainda que com eficiências próximas, é notável que os procedimentos que utilizaram hexano obtiveram melhores percentuais, estando o método a frio com auxílio centrifuga em destaque de melhor resultado. Porém ao se analisar pelo custo-benefício o método a frio com hexano é o mais viável, pois mesmo não tendo a maior percentagem de viabilidade é um método que dinamiza o procedimento, já

que diminuir os custos, como exemplo o fato de quer o mesmo não há a necessidade de utilizar outro equipamentos de auxílio para se obter o material lipídico, e no caso de uma síntese *in situ* que é um processo simplificado de produção que descartar uma das etapas do processo, a extração do óleo, e assim resulta em uma redução significativa no custo final [Pinto, 2015].

Assim o percolado (chorume) têm muitas vantagens, pois existe uma elevada produção diária por pessoa de aproximadamente 200 litros de esgoto e que neste existe em média 10 g de óleos e graxas, sem concorrência de outras redes comerciais como, por exemplo, o sistema alimentício, por se tratar de um resíduo [BARROS, 2015]. Outra questão que se destaca é o baixo custo quando comparado aos óleos vegetais que são responsáveis por 70-85% do custo total na produção do biodiesel o que influencia diretamente no valor comercial [KARGBO, 2010, SANTOS, 2010 e PINTO, 2015].

Com esses dados, e sabendo que na cidade de Mossoró, como já mencionado produz uma quantidade de Resíduo Sólido Urbano (RSU) de aproximadamente 150 toneladas/dia. Este número indica que uma grande quantidade de material lipídico está armazenada em aterros, podendo se calcular que diariamente produziria em material

lipídico na cidade de Mossoró de 2 toneladas/dia.

Desta forma é extremamente viável quando se pensa no país inteiro, nos grandes centros, pois trata-se de um resíduo que ainda vem se buscando saídas e que não se encontrou nenhum tratamento que permita seu reuso e que se tenha uma viabilidade tanto econômica como socioambiental.

### 3.3. Caracterização do material lipídico

O material lipídico obtido nos diferentes métodos de extração é um sólido, de cor escura (preta), com odor característico, a aparência variar de um sólido seco a uma pasta grossa. Essas características podem variar de acordo com a técnica de extração utilizada e a temperatura em que o ML é armazenado.

Foram realizadas as análises de índice de acidez, ácidos graxos livres, saponificação e iodo, nos ML obtidos nos métodos Hexano(a frio) e Etanol (a frio), os resultados obtendo encontram-se na Tabela 3.

Tabela 3: Caracterização do Material Lipídico (ML).

Análises	Hexano	Etanol	Unidades
IA	0,24	0,47	mg KOH/g
IAGL	0,96	4,72	mg KOH/g
IS	122,62	131,48	mg KOH/g
II	1,23	2,12	gI <sub>2</sub> /100g

O índice de acidez é uma das propriedades mais relevantes para se escolher a matéria prima, de acordo com Santos [2013] o valor para o índice de acidez deve ser menor que 5 mg KOH/g do óleo ou gordura, nesse material tanto para o método com hexano e etanol obtêm-se valores menores, e que se correlacionam com a caracterização prévia do material bruto, onde acidez era extremamente baixa. O índice de saponificação é definido como a quantidade em mg de hidróxido de potássio necessária para saponificar totalmente 1 g de óleo ou gordura, esse valor obtido indica indiretamente a quantidade em peso de ácidos graxos, obtidos após saponificação, pois é inversamente proporcional ao peso molecular médios dos ácidos graxos presentes na matéria prima [ALMEIDA, 2011; PINTO, 2012].

Já o índice de iodo está relacionado com o total de insaturações presentes no material lipídico, ou seja, quanto maior mais susceptível a degradação é o material [SANTOS, 2010; MOURA, 2015]. Segundo Giordano [2011], encontra-se na composição da matéria orgânica do chorume ácidos graxos como ácido linoleico, ácido oleico, ácido esteárico, ácido araquídico, ácido palmítico e entre outros, sendo assim formado por compostos insaturados. No entanto o resultado obtido é relativamente baixo, evidenciando assim que as concentrações



desses ácidos graxos estão em menor quantidade, o que se afirma pelo resultado encontrado na análise de ácido graxo livres.

Desse modo, todos os resultados se correlacionam onde é possível verificar que o material lipídico obtido tem características fieis ao chorume, sua fonte primária, onde tecnicamente possui características que viabilizam a produção do biodiesel como baixa acidez e ácido graxos livres. O baixo índice de iodo demonstra que o número de insaturações presentes não terá apenas efeito nos valores de densidade e de viscosidade do biodiesel, mas também na estabilidade oxidativa, sendo tecnicamente melhor por ser um valor relativamente baixo não ultrapassando o limite de 120 g I<sub>2</sub>/100 g determinado pela norma EN 14214 [LÔBO, FERREIRA, CRUZ, 2009].

Como se trata de um resíduo, que contém um percentual baixo, porém significativo de óleos e graxas que são possíveis de ser reaproveitados através da extração por diferentes métodos, esse material se afirma como uma ótima matéria prima para produção de biodiesel sendo um possível caminho de inovação e sustentabilidade.

#### 4. CONCLUSÕES

Os resultados da extração do material lipídico por diferentes métodos comprovou uma boa viabilidade, podendo ser vista como

uma saída para problemática de reaproveitamento, pois contém quantidade apreciável de teor de óleos e graxas, que podem ser destinados para produção de biodiesel. Este ML apresenta característica propícia para esta produção, pois apresenta baixo valor de acidez e ácidos graxos livres.

Dessa forma é necessário desenvolver uma forma viável para a utilização deste ML como matéria prima para a produção de biodiesel, como alternativa, para o reaproveitamento deste resíduo de forma economicamente sustentável.

#### 5. AGRADECIMENTOS

Agradecemos a universidade Estadual do Rio Grande do Norte (UERN), ao Laboratório de Catálise, Ambiente e Materiais – LACAM e a empresa SANEPAV por ter cedido o material.

#### 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRELPE - Associação brasileira de empresas de limpeza pública e resíduos especiais. **Panorama of solid waste in Brazil 2012 Anexos**. São Paulo: Associated Companies ABRELPE, 36p. 2012.

ALMEIDA, J. K. P.; NUNES, G. P.; TEIXEIRA, C. C. M.; RODRIGUES, D. P.; Mello, J. R. **Caracterizações físico-químicas de óleos vegetais utilizados para produção**

**de biodiesel com metodologias alternativas simples.** XXXI Encontro Nacional de Engenharia de Produção – Belo Horizonte – MG, 2011.

AZEREDO, W. A.; **Otimização da produção de biodiesel metílico a partir de óleos de frituras residuais.** 2014, 113p. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Goiás, Instituto de Química.

BARROS, H.S.; MAIA, C.E.M.; SOUZA, L.Z. **Extração do óleo presente na espuma de esgoto para uso na produção de biodiesel.** Revista Química: Ciência, Tecnologia e Sociedade, v. 2, p. 42-48, 2013.

BARROS, H. S.; SOUZA L. V.; SANTOS A. P. B.; SOUZA L. D.; SANTOS, A. G. D. **Extração do material lipídico presente na espuma e no lodo de esgoto sanitário através de diferentes métodos.** HOLOS, [S.l.], v. 6, p. 137-145, 2015-a.

BARROS, H.S. **Uso de resíduos sólidos de uma estação de tratamento de esgoto – ete, para a produção de biodiesel via catalise ácida *in situ*.** 2015, 109p. Dissertação de Mestrado em Ciências Naturais- UERN – Mossoró.

COELHO, D. C. L. **Atributos químicos de um argissolo e produção de capim elefante decorrentes da aplicação de percolado de aterro sanitário.** 2013, 100p. Dissertação de Mestrado- UFERSA- Mossoró.

CORTEZ, L. A. B.; LORA, E. E. S.; GOMEZ, E. O. **Biomassa para energia.** Campinas: Editora da UNICAMP, 2008.

GIORDANO, G.; BARBOSA FILHO, O.; CARVALHO, R. J. **Processos físico-químicos para tratamento do chorume de aterros de resíduos sólidos urbanos.** Rio de Janeiro: COAMB / FEN / UERJ / 2011.

GIRISHA, S.T. et al. **Lipid extraction for biodiesel production from municipal sewage water sludge.** European Journal of Experimental Biology, v. 4, n. 1 p. 242-249, 2014.

GIUSTI, L. **A review of waste management practices and their impact on human health.** Waste Management, v. 29, p. 2227-2239, 2009.

GRACE at al, **A multi-criteria approach to screening alternatives for converting sewage sludge to biodiesel.** Journal of Loss Prevention in the Process Industries 23, p. 412 e 420, 2010.

JANAUN, J.; ELLIS, N. **Perspectives on biodiesel as a sustainable fuel.** Renewable Sustainable Energy Review., v. 14, p. 1312–1320, 2010.

KARGBO, D.M. **Biodiesel production from municipal sewage sludges.** Energy & Fuels. v. 24. p. 2791-2794, 2010.

LEIVA-CANDIA, D. E., et al. **The potential for agro-industrial waste utilization using oleaginous yeast for the production of biodiesel.** Fuel 123 p. 33-42, 2014.

LEON, I. A. A.; **Estudo da produção de biomassa e lipídios no cultivo de *Neochoris oleoabundans* sob diferentes condições de estresse nutricional e físico.** 2014, 107p. Tese de Doutorado Faculdade de Ciências Farmacêuticas da Universidade de São Paulo Programa de Pós Graduação em Tecnologia Bioquímica- farmacêutica.

LEUNG, D. Y. C.; WU, X.; LEUNG, M. K. H. **A review on biodiesel production using catalyzed transesterification.** Applied Energy., v. 87, p. 1083 – 1095, 2010.

MENEZES, J. C. S. S. Et al. **Tratamento do chorume de aterro de resíduos sólidos urbanos utilizando um coagulante à base**

**de Tanino, tratamento biológico e ozonização.** Revista de Engenharia Civil IMED, 2(2): 37-42, 2015.

MORAES, P. B. – **ST 502- Tratamento biológico de efluentes líquidos e ST 503- Tratamento físico-químico de efluentes líquidos – UNICAMP, 2008.**

MORAIS, J. L. de; SIRTORI, C. and PERALTA-ZAMORA, Patricio G.; **Tratamento de chorume de aterro sanitário por fotocatalise heterogênea integrada a processo biológico convencional.** Química Nova, vol.29, n.1, p. 20-23, 2006.

MOURA, T. M. de; **Obtenção e caracterização de biodiesel e ecodiesel de girassol,** p. 577-587 . In: Anais do V Encontro Regional de Química & IV Encontro Nacional de Química. São Paulo: Blucher, 2015.

LÔBO, I. P.; FERREIRA, S. L. C.; CRUZ, R. S. da. **Biodiesel: parâmetros de qualidade e métodos analíticos.** Quim. Nova, Vol. 32, No. 6, 1596-1608, 2009.

NETO, P.R.C. e REY, M. **alterações das características químicas de chorume gerado em aterro sanitário.** Sociedade Brasileira de Química ( SBQ), Curitiba- PR, 2006.

OLIVEIRA, D. S.; FONSECA, X. D. S. FARIAS, P. N.; BEZERRA, V. S.; PINTO, C. H. C.; SOUZA, L. D.; SANTOS A. G. D.; MATIAS, L. G. O. **Obtenção do biodiesel através da transesterificação do óleo de Moringa Oleífera Lam.** Holos, v. 1, p. 14-24, 2012.

OLIVEIRA, L. B. **Potencial de aproveitamento energético de lixo e de biodiesel de insumos residuais no Brasil.** 2004, 237 p. Tese de Doutorado Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE.

PINTO, F.G.H. S. et al. **Uso da espuma de esgoto como matéria prima para produção de biodiesel usando a técnica de micro-ondas,** p. 862-871 . In: Anais do V Encontro Regional de Química & IV Encontro Nacional de Química, São Paulo: Blucher, 2015.

RAGHAB, S. M.; MEGUID A. M. A.; HEGAZI, H.A. **Treatment of leachate from municipal solid waste landfill.** HBRCJ 9(2):187–192, 2013.

RAMOS, L. P.; DOMINGOS, A. K.; KUCEK, K. T.; WILHELM, H. M. **Biodiesel: Um projeto de sustentabilidade econômica e sócio-ambiental para o Brasil.**

Biotecnologia: Ciência e Desenvolvimento, 2003.

REDDY, H. K., et al. **Subcritical water extraction of lipids from wet algae for biodiesel production.** Fuel 133 (2014): 73-81.

SANEPAV, Saneamento Ambiental LTDA. 2012. Disponível em <<http://www.sanepav.com.br/>>. Acesso em: 10 fev. 2014.

SANTOS A.G.D. **Valiação da estabilidade térmica e oxidativa do biodiesel de algodão, girassol, dendê e sebo bovino.** 2010, 192p. Dissertação de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Química da Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

SOUSA, M. C. de; Et al.; **Processos de tratamento do chorume e reaproveitamento: Uma revisão,** p. 655-664. In: Anais do V Encontro Regional de Química & IV Encontro Nacional de Química São Paulo: Blucher, 2015.