

# UTILIZAÇÃO DO BAGAÇO DE CANA-DE-AÇÚCAR COMO ADSORVENTE NA REDUÇÃO DA ACIDEZ DE ÓLEO RESIDUAL PARA PRODUÇÃO DE BIODIESEL

## USE OF SUGAR CANE BAGASSE ADSORBENT HOW TO REDUCE THE ACIDITY OF RESIDUAL OIL FOR BIODIESEL PRODUCTION

Carlos de Jesus de Oliveira<sup>1,2</sup>  
Carolina Sayury Miyashiro<sup>2</sup>  
Lara Talita Schneider<sup>2</sup>  
Gabriela Bonassa<sup>2</sup>  
Paulo André Cremonez<sup>3</sup>  
Joel Gustavo Teleken<sup>4</sup>

**Resumo:** A busca por novas alternativas renováveis de combustíveis visando a substituição dos combustíveis derivados do petróleo tem crescido muito nos últimos anos. Fato justificado devido as metas de diminuição da dependência dos combustíveis fósseis bem como os impactos ambientais, proporcionado pelo uso de tal combustível derivado dos hidrocarbonetos. Entre tais alternativas podemos citar o biodiesel. Este biocombustível vem apresentando inúmeras vantagens ambientais quando comparado ao diesel petroquímico. Nesse mesmo contexto, a reutilização de óleos residuais do processo de fritura vêm sendo uma alternativa visando a redução dos custos de produção do biodiesel. Porém, tais matérias-primas podem apresentar altos índices de acidez sendo um grave problema na conversão dos triglicerídeos em ésteres (biodiesel). Buscando uma alternativa viável para essa problemática propõe-se a avaliação do método de adsorção em pequena escala tendo como material adsorvente o bagaço da cana-de-açúcar, almejando uma possível redução do índice de acidez do óleo residual. Dessa maneira, o referido estudo partiu de um delineamento estatístico composto central rotacional (DCCR) com três condições variáveis de tratamento sendo elas: a massa de adsorvente, a temperatura e agitação, em cinco níveis. Resultados apontaram em uma diminuição do índice de acidez superior a 50 % evidenciado no tratamento 9.

**Palavras-chave:** Adsorção; Biodiesel; Índice de Acidez; Qualidade do óleo; Pré-tratamento.

**Abstract:** The search for new alternative renewable fuels aiming at the replacement of petroleum-based fuels has grown a lot in recent years. Between such alternatives, include biodiesel. Because it has numerous environmental advantages when compared to petrochemical diesel. In this same context, reuse of waste oil from the frying process has been an alternative to reduce production costs. However, this raw material may exhibit high levels of acidity. Seeking a viable alternative for this problem is proposed to evaluate the adsorption method on a small scale with adsorbent material the sugarcane bagasse to reduce the residual oil acidity index. In this way this study came from a rotational statistical design (DCCR) with three varying conditions of treatment being they: the adsorbent mass, temperature and agitation, in five levels. Resulting in a decrease of acid value exceeding 50% evidenced in treatment 9.

**Keywords:** Adsorption; Biodiesel; Acidity index; Oil quality; Pre-treatment.

## 1 INTRODUÇÃO

Atualmente a população mundial passa por mudanças sociais e comitadamente vem aumentando o consumo de alimentos fritos, devido a facilidade e rapidez no preparo do mesmo. Porém, tais ações vêm contribuindo para o aumento de materiais graxos residuais. Segundo Torres et al. (2013), estes resíduos são descartados regularmente nas tubulações,

---

<sup>1</sup> Universidade Federal do Paraná – UFPR-Setor Palotina, Curso de Tecnologia em Biocombustíveis, Rua Pioneiro, n. 2153, CEP: 85950-000, Bairro Jardim Dallas, Palotina, PR.

<sup>2</sup> Autor correspondente. E-mail: carlosdo96@gmail.com

<sup>3</sup> Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE, Campus de Cascavel, Mestrado em Engenharia de Energia na Agricultura, Rua Universitária, n. 2069, CEP: 85819-110, Bairro Jardim Universitário, Cascavel, PR.

<sup>4</sup> Universidade Federal do Paraná – Setor Palotina, Departamento de Engenharias e Exatas.

ocasionando problemas para as plantas de esgotos bem como no tratamento das águas residuais geradas.

De acordo com o Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento, a relação consumo e produção de óleo de soja para os próximos anos será em torno de 78,08 %. Sendo 49 % desse percentual dirigido ao consumo interno e 27 % para a produção de biodiesel.

Segundo a Abiove, elevou-se o volume de óleo de soja destinado a produção de biodiesel gerando expectativas positivas para uma possível previsão de expansão nesse volume nos próximos anos. Desse modo, da produção prevista de óleo de soja para 2012, estima-se que 2,0 bilhões de toneladas de óleo foi destinada para a produção de biodiesel (Brasil Projeções do Agronegócio, 2011).

Conforme Wazilewski et al. (2013), para ser uma alternativa viável à cadeia de biocombustível, uma matéria-prima deve ter um balanço energético positivo, apresentar benefícios ambientais, ser economicamente competitiva além de proporcionar uma produção em larga escala, sem interferir na cadeia de abastecimento alimentar.

Dessa forma, o uso de matérias-primas alternativas, baratas e não alimentícias são preferíveis (ARYEEA, et al. 2011). Entre tais alternativas pode-se citar o uso dos óleos residuais (ORs) proveniente do processo de fritura de alimentos, pois a utilização de tais resíduos podem acarretar em uma diminuição dos custos de produção do biodiesel, devido ao fato dessa matéria-prima ser de 2,5-3,0 vezes mais barata quando comparada aos óleos vegetais tradicionais usado na síntese de biodiesel (Demirbas, 2009). Segundo Martinez-guerra et. al (2014), em alguns casos esses resíduos estão disponíveis gratuitamente, reduzindo assim o custo de produção geral do biocombustível, levando em consideração que a matéria-prima para a produção de biodiesel representa entre 70% e 85% do custo global da etapa produtiva (Kansedo et al, 2009). Em conformidade com Araújo et al. (2013), os principais entraves para a inserção do biodiesel no mercado são: o seu elevado custo de produção e disponibilidade de matérias-primas. Portanto, a utilização destes resíduos visando a síntese de biodiesel é uma alternativa promissora, uma vez que combina os aspectos econômicos, devido ao baixo custo dessa matéria-prima além da preservação ambiental, pois, ao utilizar tais resíduos evita a contaminação de água e lençóis freáticos. Uma vez que, ao ser descartado incorretamente no esgoto, os óleos residuais encarecem o tratamento dos resíduos em até 45 % (Fernandes, 2008). De acordo como mesmo autor, a presença de óleos nos rios cria uma barreira que dificulta a entrada de luz e a oxigenação da água, comprometendo assim, a base da cadeia alimentar aquática além de contribuindo para a ocorrência de enchentes. Desta forma, a utilização dos ORs, contribui para redução do custo de produção de um combustível menos poluente quando comparado ao diesel petroquímico (ARAÚJO et al., 2013).

Todavia, no processo de fritura o óleo passa por várias reações que levam à formação de compostos indesejáveis, tais como polímeros e ácidos graxos livres, entre outros. Isso coloca vários desafios na transesterificação do óleo de cozinha usado, onde na maioria das vezes necessitam de uma etapa adicional de pré-tratamento visando a remoção destas impurezas (ARAÚJO et al., 2013). No entanto, segundo o mesmo autor, estudos têm mostrado uma diminuição de até 45% do custo direto de produção do biodiesel tendo como matéria-prima óleos residuais, mesmo com os custos adicionais de pré-tratamento. Dessa maneira, um dos tratamentos que pode ser utilizado para os óleos residuais com elevada acidez pode ser através do processo de adsorção.

A adsorção é um fenômeno físico-químico onde um componente em uma fase gasosa ou líquida é transferido para a superfície de uma fase sólida. Consequentemente, os componentes que se unem à superfície são chamados adsorvatos, enquanto que a fase sólida que retém o adsorvato é chamada adsorvente (Masel, 1996). Por outro lado, segundo o mesmo autor, a remoção das moléculas aderida na superfície do adsorvente chama-se dessorção. Em conformidade com Zola (2007), apesar dos termos a adsorção química e a adsorção física

possuírem conceitos distintos, ambos os mecanismos de adsorção não são completamente independentes.

De acordo com o mesmo autor, a distinção se as interações do adsorvato com o adsorvente é física ou química ainda não está esclarecida e, muitas vezes, ambos os processos podem ser descritos como os princípios de adsorção física. Este, por sua vez, é explicado em termos das forças entre os átomos do adsorvato com o sólido adsorvente. Forças essas estudadas teoricamente há muito tempo, porém, estudos esses idealizados e sem uma descrição completa até a atualidade, o que se tem-se de concreto apresentado é apenas um modelo de adsorção proposto em termo das forças de interação aceito na literatura por levar em conta os dois mecanismos. As forças que levam à adsorção incluem as forças de dispersão atrativas e as forças de curto alcance repulsivas.

Além do mais, dependendo da natureza dos elementos presentes no processo, podem existir forças eletrostáticas (coulombianas) (ZOLA, 2007). A cinética do processo de adsorção é controlada pelas etapas de transferências de massa e difusão para parte interna da estrutura da partícula, sendo tais etapas determinantes para a velocidade da adsorção. Pois a transferência de massa ocorre nos primeiros minutos do processo, por outro lado a difusão interna da partícula pode ocorrer dentro várias horas (MODESTO, 2003).

Por conseguinte a escolha do material adsorvente se faz muito importante devido a variação de suas características físico-químicas. Segundo Vasques (2011), a variedade de sólidos porosos no adsorvente oferece a possibilidade de separação e purificação do meio. Dessa maneira, a classificação, o tamanho e estrutura dos poros, também são características importantes para que ocorra maior acesso das moléculas de adsorvato ao interior do adsorvente.

Em conformidade com Andini (2008), no processo de adsorção, as moléculas que possuem um peso relativamente alto são bem adsorvidas, em contra partida, as moléculas com elevada polaridade e densidade baixa, apresentam-se adsorção em menores proporções.

De acordo com Gurses et al. (2005), as técnicas de adsorção sólido-líquido têm sido extensivamente estudadas nos últimos anos, principalmente no tratamento visando a remoção de produtos orgânicos, processo esse no qual geralmente utiliza-se o carvão ativado como material adsorvente. Porém o mesmo apresenta um elevado custo, além de apresentar dificuldade na sua regeneração para possíveis reutilizações. De acordo com Da Silva e Neto (2012), a escolha do material adsorvente com elevada área superficial, disponibilidade em larga escala e de baixo custo, são os primeiros passos para uma adsorção eficaz.

Devido a isso, aumentaram as buscas por novos materiais adsorventes economicamente viáveis e renováveis, entre eles podemos citar os materiais lignocelulósicos como o bagaço da cana-de-açúcar. Pois esses materiais são um dos adsorventes mais comuns atualmente, uma vez que são matérias-primas disponíveis em grandes quantidades isso em consequência desses resíduos serem caracterizados como um subproduto das industriais sucroenergéticas.

Dessa maneira, o bagaço da cana como material adsorventes é uma opção atraente pois podem acarretar em uma benéfica solução visando a redução dos resíduos agrícolas gerados, uma vez que os mesmos podem ser convertidos em adsorventes baratos substituindo as resinas sintéticas tradicionais (PEREIRA, GURGEL & GIL, 2010).

No Brasil são produzidos diversos produtos e subprodutos agroindustriais diariamente. Entretanto, a disposição final desses resíduos gerados neste setor transformou-se em um sério problema ambiental. Devido a isso, recentemente recursos naturais, como bagaço de cana-de-açúcar (celulose) e casca de arroz têm motivado pesquisas, com o intuito de utilizar tais materiais como possíveis adsorventes de metais tóxicos e tratamentos de subprodutos (FLECK et al., 2013). Em conformidade com Gusmão et al. (2014), o bagaço de cana-de-açúcar é um resíduo proveniente do processo de moagem de cana, composta geralmente de 20-25 % de lignina, 25-30 % de polioses, 40-50 % de celulose onde, os componentes de menores

percentuais são extrativos e cinzas.

Em consoante com Filho (2008), as eficiências das características enzimáticas da cana-de-açúcar atuam diretamente no processo de adsorção são devido aos fatores relacionados com os substratos nos quais correspondem a porosidade e cristalinidade das fibras de celulose, teor de lignina e hemicelulose presentes no bagaço da cana-de-açúcar.

Desse modo, com a existência desses polímeros naturais, o bagaço é caracterizado com um composto rico em grupos de hidroxilas fenólicas, grupos os quais podem ser quimicamente modificados visando produzir materiais adsorventes com novas propriedades (YU et al., 2013).

Dessa maneira, o presente trabalho teve como objetivo estudar a redução do índice de acidez de óleos residuais utilizando o bagaço da cana-de-açúcar como material adsorvente.

Nesse contexto, para obter uma maior confiabilidade nos resultados encontrados, utilizou-se delineamento estatístico rotacional avaliando as variáveis: massa de adsorvente, temperatura e agitação em cinco níveis diferentes.

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia desse trabalho consistiu na elaboração de um pré-tratamento do material adsorvente (bagaço da cana-de-açúcar), tratamento do óleo residual e análise final do índice de acidez.

### 2.1 PRÉ-TRATAMENTO DO BAGAÇO DA CANA-DE-AÇÚCAR

Após o processo de extração do caldo através de prensagem mecânica, obteve-se o bagaço da cana-de-açúcar como subproduto. Este bagaço, passou por diversos processos tais como: lavagem com água corrente, visando a remoção de possíveis contaminantes; secagem sob a luz solar por 24 horas; redução de sua granulometria visando aumentar a área de superfície de contato. À vista disso, primeiramente lavou-se a matéria-prima com água corrente a temperatura ambiente, em seguida colocou-se a mesma na estufa a 100 °C por 24 horas com a finalidade de promover a evaporação dos compostos voláteis, bem como possíveis moléculas de água presente. Após decorrido os 1440 minutos, o bagaço foi triturado em um liquidificador e posteriormente em um moinho de facas, obtendo uma granulometria final de 1-6 cm<sup>-1</sup>.

Nesse mesmo contexto, os óleos residuais utilizados no referido trabalho foram cedidos por uma cooperativa localizada do município de Palotina-PR, onde o mesmo passou por um processo de pré-tratamento através de filtrações com peneiras de diferentes diâmetros.

Por conseguinte, utilizou-se o processo de pré-tratamento com o intuito remover as impurezas presentes nos óleos residuais. Dessa forma, visando uma melhor eficácia no processo de pré-tratamento da matéria-prima para otimizar o processo de adsorção. No caso dos resíduos de fritura, esse tratamento é fundamental, pois as características do mesmo apresentam-se quimicamente alteradas devido exposição a elevadas temperaturas no processo de fritura (CARRAPATO, 2010).

### 2.2 ÍNDICE DE ACIDEZ

Para determinação do índice de acidez dos óleos residuais, seguiu-se o método titulométrico, onde tal procedimento consistiu em pesar aproximadamente 2 gramas (g) da matéria-prima e dissolver em 25 mL<sup>-1</sup> de solução éter / álcool 2:1.

Na mistura foram adicionadas 3 gotas do indicador ácido-base fenolftaleína. Seguidamente as titulações foram realizadas em triplicata usando uma solução titulante de

hidróxido de Sódio (NaOH) 0,1 mol.L<sup>-1</sup>, até a persistência da primeira coloração levemente rósea por 30 segundos (RÍO; LARRECHI; CALLAO, 2010).

Posteriormente, o índice de acidez foi determinado utilizando a Eq. 1, expresso em mg de KOH por g de amostra.

$$z = \frac{(x - y)}{x} \times 100 \quad \text{Equação (1)}$$

z = valor de porcentagem do índice de acidez

x = valor do índice de acidez do óleo bruto

y = valor do índice de acidez após a adsorção

De acordo com Fernandes (2010), os óleos que possuem um índice de acidez elevada, indicam o primeiro estágio de degradação do mesmo, e quando ultrapassado este, começam a surgir espécies reativas do oxigênio.

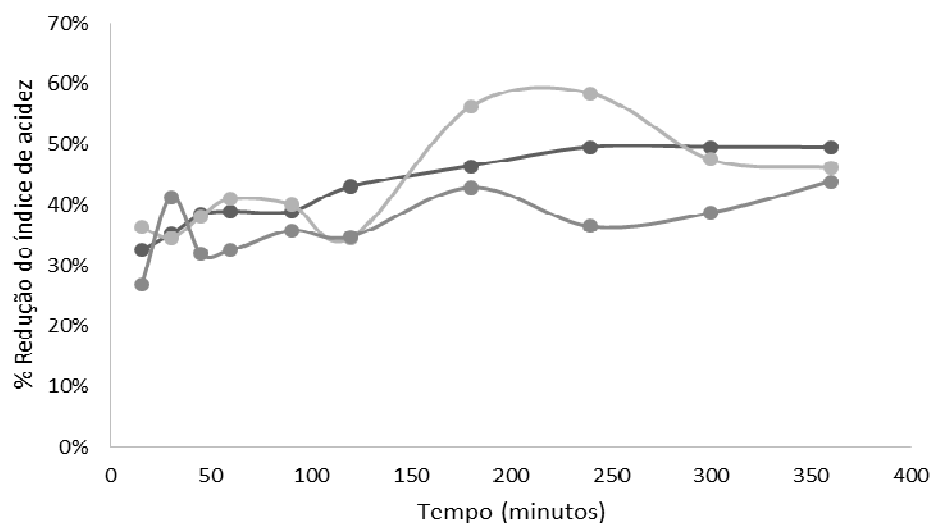
O procedimento visando a redução do índice de acidez foi realizado com base no Delineamento Estatístico Composto Centro Rotacional (DCCR) com três variáveis sendo elas: a massa de adsorvente (g), a temperatura (°C) e a agitação (rpm), em cinco níveis listados na Tabela 1, onde, conforme esses níveis foram calculados a melhor variação.

**Tabela 1.** (DCCR) com três variáveis em cinco níveis.

| Fatores (n)             | -1,68 | -1    | 0   | 1      | 1,68 |
|-------------------------|-------|-------|-----|--------|------|
| Temperatura (°C)        | 18    | 20,3  | 25  | 29,17  | 32   |
| Massa do Adsorvente (g) | 0,75  | 1,26  | 2   | 2,74   | 3,25 |
| Agitação (rpm)          | 50    | 80,36 | 125 | 169,64 | 200  |

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Após o término dos ensaios realizou-se o índice de acidez em todas as amostras pelo meio titulométrico, visando quantificar o percentual de ácidos graxos livres adsorvidos com o agente adsorvente utilizado. Nesse contexto, calculou-se o percentual de redução da acidez para cada ensaio a partir da equação (1). Dessa forma, obtendo uma redução máxima da acidez superior a 50 % quando comparado ao índice de acidez inicial do óleo residual. Avista disso, visualiza-se na Figura 1 os melhores resultados obtidos entre sete primeiros experimentos realizados.



**Figura 1.** Redução do índice de acidez para os ensaios 7, 9 e 11.

Na Figura 1 observa os resultados comparativo entre os três melhores resultados. Onde percebeu-se a partir do mesmo a ocorrência da estabilização no ensaio 7 após decorrido 240 minutos. Dessa maneira, obtendo uma redução máxima de 50% quando comparado ao índice de acidez inicial do óleo residual (13,94 mg KOH/g de óleo). Vale ressaltar que tal ensaio teve como características reacionais: 1,26g de massa do material adsorvente, agitação de 169,64 rpm e temperatura fixa de 20,83 °C.

Nesse âmbito, o ensaio 11 alcançou uma redução máxima de 44 % no seu índice de acidez comparado (14,56 mg KOH/g de óleo). O mencionado experimento teve característica, uma estabilização em 180 minutos após a indução do mesmo no bagaço da cana-de-açúcar pré-tratado. As condições experimentais neste ensaio foram massa de adsorvente 0,75 g, temperatura 25 °C e agitação de 125 rpm.

Por fim observou-se com os resultados uma estabilização no ensaio 9 após o período de 180 minutos, apresentando uma redução máxima de 58 % no índice de acidez do OG analisado, quando comparado a acidez inicial (14,56 mg KOH/g de óleo). Vale salientar que para obtenção desse resultado utilizou-se uma de agitação 125 rpm, massa de adsorvente de 2 gramas e temperatura fixa de 18 °C.

Nesse mesmo contexto, Júnior (2009), estudou novos materiais quelantes derivados de celulose do bagaço-de-cana para adsorção de íons de cobre ( $\text{Cu}^{2+}$ ), cádmio ( $\text{Cd}^{2+}$ ) e chumbo ( $\text{Pb}^{2+}$ ) contidos em soluções aquosas. Onde segundo o mesmo autor tais materiais apresentaram uma boa eficiência de adsorção, até mesmo a níveis de pH mais ácidos, apresentando a capacidade de adsorção máxima para todos os íons de metais, 92,6 mg / g dos íons de  $\text{Cu}^{2+}$ , 149 mg / g  $\text{Cd}^{2+}$ , 333 mg / g para  $\text{Pb}^{2+}$ , respectivamente. Por conseguinte Sousa et al. (2009), utilizou o resíduo da cana ou bagaço tratada com ácido para a remoção de íons de metais tóxicos de águas residuais de uma fábrica de galvanização, obtendo uma remoção de 95,5 % para o  $\text{Cu}^{2+}$ , 97,3 % para o  $\text{Zn}^{2+}$ , e de 96,3 % para  $\text{Ni}^{2+}$ .

Nesse âmbito Homagai, Ghimire e Inoue (2010), pesquisou um novo processo para a xantação de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*) investigou a utilização do bagaço da cana-de-açúcar carbonizado (CXSb) visando a remoção dos íons de cádmio, chumbo, níquel, zinco e cobre a partir de suas soluções aquosas. Concluindo que a capacidade de adsorção foi significativamente maior que os diversos biosorventes relatados nas literaturas. Pois segundo os autores, as cinéticas de adsorção dos metais testados foram rápidas, atingindo o equilíbrio dentro de 20-40 minutos, além de apresentarem uma capacidade máxima de adsorção (moles / kg de gel seco) de 1,95 para  $\text{Cd}^{2+}$ , 1,58 para o  $\text{Pb}^{2+}$ , 2,52 para o  $\text{Ni}^{2+}$ , 2,40 para o  $\text{Zn}^{2+}$  e 2,91 para os íons de  $\text{Cu}^{2+}$ , respectivamente.

Nessa conjuntura, Gusmão et al. (2013), pesquisou a capacidade do material adsorvente proveniente do o bagaço de cana modificado com EDTA dianhydride (EB) usando azul de metileno (MB) e violeta de genciana (GV) como compostos modelo em soluções aquosas individuais visando a adsorção de corantes catiônicos. De acordo com o mesmo autor, as capacidades máximas de adsorção de MB e GV na EB foram de 202,43 e 327,83 mg/g, respectivamente. Comprovando assim a eficácia do adsorvente EB preparada a partir de bagaço de cana de açúcar na remoção de GV, MB e corantes catiônicos a partir de soluções aquosas através de um processo de adsorção.

#### 4 CONCLUSÃO

Conclui-se com o referido estudo, a viabilidade da utilização do bagaço de cana-de-açúcar como material adsorvente, utilizando um tratamento alternativo, simples e de baixo custo porém com grande eficácia de (58 % na absorção dos hidrogênios livres presentes nos óleos residuais de frituras analisados).

Consequentemente notou-se resultados animadores no cunho socioambiental. Pois ao

utilizar o bagaço da cana-de-açúcar como um método alternativo de tratamento de óleos residuais com elevada acidez, propicia-se um novo método de reaproveitamento de tais matéria orgânica que atualmente é um subproduto das indústrias sucroenergéticas, dos quais apenas uma pequena proporção é utilizada na compostagem e cogeração de energia através de sua queima direta em caldeiras.

## REFERÊNCIAS

- ABIOEVE – Assoc. brasileira das ind. de óleo vegetal. Disponível em: <<http://www.abiove.org.br>>. Acessado em: 16 jul. 2014.
- ANDINI, S., CIOFFI, R., COLANGELO, F., MONTAGNARO, F. & SANTORO, L. Adsorption of chlorophenol, chloroaniline and methylene blue on fuel oil fly ash. *J. Hazard Mater.* 2008.
- ANP - Agência nacional do petróleo, gás natural e biocombustível. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/?pg=60467&m=&t1=&t2=&t3=&t4=&ar=&ps=&cachebust=1384563939397>>. Acesso em: 19 jul. 2014.
- ARAÚJO, C. D. M., ANDRADE, C. C., SOUZA E SILVA, E. & DUPAS, F. A. Biodiesel production from used cooking oil: A review. *Renewable Sustainable Energy Rev*, v.27, p.445-452, nov.2013.
- ARYEEA, N.A. A., SIMPSON, B. K., CUE, R. I. & PHILLIP, L. E. Enzymatic transesterification of fats and oils from animal discards to fatty acid ethyl esters for potential fuel use. *Biomass Bioenergy*, v.35, P. 4149-4157, Oct. 2011.
- COSTA, L. V., KOVALESKI, J. L., ANDRADE, P. P., COSTA, L. & MORSCHEL, L. D. Transferência de tecnologia na produção de biodiesel: alternativa para inclusão social e desenvolvimento regional no estado do Paraná. *Rev. Brasileira de Gestão e Desenvol. Regional*. vol. 9, n. 1, p. 17-39, 2013, Taubaté, SP, Brasil.
- DA SILVA, T. A. R. & NETO, W. B. Estudo da redução da acidez do óleo residual para a prod. de biodiesel utilizando planejamento fatorial fracionado. *Rev. Virtual Quim*, vol. 5, 2013.
- DE PAULA, A. J. A., KRUGEL, M., MIRANDA, J. P., ROSSI, S.F.L. & COSTA NETO, P.R. Utilização de argilas para purificação de biodiesel. Curitiba – PR. *Rev. Quím. Nova*. vol. 34, 2010.
- DEMIRBAS, A. Biodiesel from waste cooking oil via base-catalytic and supercritical methanol transesterification. *Energy Convers. Manage*, v.50, p.923-927, apr. 2009.
- FERNANDES, M. K. R., PINTO, B. M. J., DE MEDEIROS, M. O. & PEREIRA, A. C. Biodiesel a partir de óleo residual de fritura: alternativa energética e desenv. Sócio-ambiental. XXVIII Encontro Nacional De Eng. De Prod. Rio de Janeiro- RJ. 2008.
- FERNANDES, M. W. S., FALCÃO, H. A. S. & ALMEIDA, S. G. Índice de peróxidos e de acidez em óleos de fritura de uma rede de fast food do distrito federal. *Cong. nacional de iniciac. cient.*, Vol. 13, Valinhos - SP 2010.
- FLECK, L., TAVARES, M. H. F. & EYNG, E. Adsorventes naturais como controladores. *Rev. EIXO*, Brasília, DF, v. 2, n. 1, p. 39-52, jan./jun. 2013.
- GUIMARÃES, R., LOBO, B. B., NUNES, D., AMARAL, C. E. & MORAES, A.C. Avaliação de tipos de pré-tratamento de óleo usado de fritura para produção de biodiesel. *Rev. Ext. e iniciac. cient.*, 2014.
- GURSES, A., DOGAR, C., YALÇIN, M., AÇILKIDIZ, M., BAYRAK, R. & KARACA, S. The adsorption kinetics of the cationic dye, methylene blue, onto clay. *J. Hazard. Mater.* 2005.
- GUSMÃO, K. A. G., GURGEL, L.V.A., MELO, T. M. S. & GIL, L. F. Adsorption studies of etherdiamine onto modified sugarcane bagasses in aqueous solution. *J. Environ. Manage.*, v.133, p.332-342, jan. 2014.

GUSMÃO, K. A. G., GURGEL, L.V.A., MELO, T. M. S. & GIL, L. F. Adsorption studies of methylene blue and gentian violet on sugarcane bagasse modified with EDTA dianhydride (EDTAD) in aqueous solutions: Kinetic and Equilibrium Aspects. v. 118, p. 135–143, mar. 2013.

HOMAGAI, P. L., GHIMIRE, K. N. & INOUE, K. Adsorption behavior of heavy metals onto chemically modified sugarcane bagasse. *Bioresour. Technol.* v. 101, p.2067-2069, mar. 2010.

Inst. Adolfo Lutz, Normas analíticas do Inst. Adolfo Lutz – Métodos químicos e físicos para análise de alimentos, 3ª ed., São Paulo, 1985, vol.1, p. 595-596.

JÚNIOR, K. O., GURGEL, L. V. A., FREITAS, R. P. & GIL, L. F. Adsorption of Cu(II), Cd(II), and Pb(II) from aqueous single metal solutions by mercerized cellulose and mercerized sugarcane bagasse chemically modified with EDTA dianhydride (EDTAD). *Carbohydr. Polym.* v. 77, p.643-650, jul. 2009.

KANSEDO, J., LEE, K. T. & BHATIA, S. *Cerbera odollam* (sea mango) oil as a promising non-edible feedstock for biodiesel production. *Fuel*, v.88, n.6, p.1148-1150, jun. 2009.

MARTINEZ-GUERRA, E. & GUDE, V. G. Transesterification of waste vegetable oil under pulse sonication using ethanol, methanol and ethanol–methanol mixtures. *Waste Manage*, 29. Aug. 2014. DOI: 10.1016/j.wasman.2014.07.023.

MASEL, R. I. Principles of Adsorption and Reaction on solid Surfaces. New York: John Wiley & Sons, 1996. 804 p.

MARTINS, M. M. M. & COSTA, M. L. Nutrientes (K, P, Ca, Na, Mg e Fe) em sedimentos (solos aluviais) e cultivares (feijão e milho) de praias e barrancos de rios de água branca: a bacia

Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Disponível <[http://www.agricultura.gov.br/arq\\_editor/file/Ministerio/gestao/projecao/Projecoes%20do%20Agronegocio%20Brasil%202011-20012%20a%202021-2022%20\(2\)\(1\).pdf](http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/file/Ministerio/gestao/projecao/Projecoes%20do%20Agronegocio%20Brasil%202011-20012%20a%202021-2022%20(2)(1).pdf)> Acesso em 24 jul 2014.

MODESTO, M.G. Avaliação do molibdato de sódio, tungstato de sódio e um copolímero a base de silano como inibidores de corrosão para o aço carbono. Dissertação (Mestr. em Eng.) Univ. de São Paulo. São Paulo, 2008.

MONTENEGRO, M. A., PEREIRA, R. C., HOFMANN-GATTI, T., MARTINS, G. B. C. & SUAREZ, P. A. Z. *Rev. Virtual Quim.* 2013.

PEREIRA, F. V., GURGEL, L. V. A. & GIL, L. F. Removal of Zn<sup>2+</sup> from aqueous single metal solutions and electroplating wastewater with wood sawdust and sugarcane bagasse modified with EDTA dianhydride (EDTAD). *J. Hazard. Mater.* v. 176, p.856-863, may. 2010.

RÍO, V. D., LARRECHI, M. S. & CALLAO, M. P. Sequential injection titration method using second-order signals: Determination of acidity in plant oils and biodiesel samples. *Talanta*, v.81, p.1572-1577, jun. 2010.

SILVA, O. C. R., OLIVEIRA, R. & ROCHA, C. D. R. Utilização de casca de jabuticaba (*plinia sp.*) como adsorventes na remoção de cromo (VI). *Rev. Tecnol.* vol. 16, Santa Cruz do Sul. p.19-24, 2012.

SILVA, V. L. M. M., GOMES, W. C. & ALSINA, O. L. S. Utilização do bagaço de cana-de-açúcar como biomassa adsorvente na adsorção de poluentes orgânicos. *Rev. Eletron. de Mater. e Process.* vol. 2, 2007.

SOUSA, F. W., SOUSA, M. J., OLIVEIRA, I. R.N., OLIVEIRA, A. G., CAVALCANTE, R. M., FECHINE, P. B.A., NETO, V. O.S., KEUKELEIRE, D. & NASCIMENTO R. F. Evaluation of a low-cost adsorbent for removal of toxic metal ions from wastewater of an electroplating factory. *J. Environ Manage.* v. 90, p.3340-3344, ago. 2009.

TORRES, E. A., CERQUEIRA, G. S., FERRER, T. M., QUINTELLA, C. M., RABONI, M., TORRETTA, V. & URBINI, G. Recovery of different waste vegetable oils for biodiesel production: A pilot experience in Bahia State, Brazil. *Waste Manage*, v.33. Dec. 2013, p. 2670–2674.



VASQUES, A. R., GUELI, M. A., SOUZA. U., WESSINBERG, L., ULSON DE SOUZA, A. A. & VALLE, J. A. B. Adsorção dos corantes RO16, RR2 e RR141 utilizando lodo residual da indústria têxtil. Rev. Scielo, vol. 16, n 3, Rio de Janeiro, 2011.

WAZILEWSKI, W. T., BARICCATTI, R. A., MARTINS, G. I., SECCO, D., DE SOUZA, S. N. M., ROSA, H. A. & CHAVES L. I. Study of the methyl crambe (*Crambe abyssinica Hochst*) and soybean biodiesel oxidative stability. Ind Crop. Prod. v. 43, p.207-212, may. 2013.

YU, J., WANG, L., CHI, R., ZHANG Y., XU, Z. & GUO, J. Competitive adsorption of  $Pb^{2+}$  and  $Cd^{2+}$  on magnetic modified sugarcane bagasse prepared by two simple steps. Appl Surf Sci, v.268, p.163-170, mac. 2013.

ZOLA, R. S. Estudo de Adsorção-Dessorção: Equação Cinética e Efeito Memória Orientador: Luiz Roberto Evangelista Maringá. 2007. 77 f. Dissertação (Mestr.) - Curso de Mestr. em Física, Univ. Estadual de Maringá, Maringá-PR, 2007.