

RESSALVA

Atendendo solicitação do(a) autor(a) o texto completo desta Dissertação será disponibilizado somente a partir de 09/12/2021.

Universidade Estadual Paulista – UNESP

“Júlio de Mesquita Filho”

Faculdade de Ciências e Tecnologia de Presidente Prudente

Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Materiais – POSMAT

**“BIOMASSA DE CANA-DE-AÇÚCAR MODIFICADA
QUIMICAMENTE PARA REMOÇÃO DE GLIFOSATO EM MEIO
AQUOSO”**

Williene Faria da Penha Bezerra

Orientador: Prof. Dr. Aldo Eloizo Job



Presidente Prudente-SP

2019

Williene Faria da Penha Bezerra

**“BIOMASSA DE CANA-DE-AÇÚCAR MODIFICADA
QUIMICAMENTE PARA REMOÇÃO DE GLIFOSATO EM MEIO
AQUOSO”**

**Dissertação apresentada como requisito à obtenção
do título de Mestre à Universidade Estadual Paulista
“Júlio de Mesquita Filho” - Programa de Pós-
Graduação em Ciência e Tecnologia de Materiais,
linha de pesquisa de Materiais Poliméricos, Híbridos
e Nano-Estruturados, sob a orientação do Prof. Dr.
Aldo Eloizo Job.**

Presidente Prudente-SP

2019

B574b

Bezerra, Williene Faria da Penha.

Biomassa de cana-de-açúcar modificada quimicamente para remoção de glifosato em meio aquoso / Williene Faria da Penha Bezerra. -- Presidente Prudente, 2019

72 p. : il., tabs.

Orientador: Prof. Dr. Aldo Eloizo Job

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp),
Faculdade de Ciências e Tecnologia, Presidente Prudente

1. Biomassa. 2. Glifosato. 3. Cana-de-açúcar. 4. Adsorção. I. Título

ATA DA DEFESA PÚBLICA DA DISSERTAÇÃO DE MESTRADO DE WILLIENE FARIA DA PENHA BEZERRA, DISCENTE DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE MATERIAIS, DA FACULDADE DE CIÊNCIAS - CÂMPUS DE BAURU.

Aos 09 dias do mês de dezembro do ano de 2019, às 14:00 horas, no(a) Sala de videoconferência - FCT/Presidente Prudente, reuniu-se a Comissão Examinadora da Defesa Pública, composta pelos seguintes membros: Prof. Dr. ALDO ELOIZO JOB do(a) Departamento de Física / Faculdade de Ciências e Tecnologia - UNESP - Presidente Prudente, Prof. Dr. ELTON APARECIDO PRADO DOS REIS do(a) Toledo / Toledo Centro Universitário, Profª. Drª. ANA MARIA PIRES do(a) Departamento de Química e Bioquímica / Faculdade de Ciências e Tecnologia - UNESP - Presidente Prudente, sob a presidência do primeiro, a fim de proceder a arguição pública da DISSERTAÇÃO DE MESTRADO de WILLIENE FARIA DA PENHA BEZERRA, intitulada **"Biomassa de cana de açúcar modificada quimicamente para remoção de glifosato em meio aquoso"**. Após a exposição, a discente foi arguida oralmente pelos membros da Comissão Examinadora, tendo recebido o conceito final: _____
Aprovada. Nada mais havendo, foi lavrada a presente ata, que após lida e aprovada, foi assinada pelos membros da Comissão Examinadora.

Prof. Dr. ALDO ELOIZO JOB

Prof. Dr. ELTON APARECIDO PRADO DOS REIS

Profª. Drª. ANA MARIA PIRES

Dedico este trabalho a minha mãe, Maria Rosa, pelo exemplo de vida; pelos ensinamentos diários sobre força, superação, conquista, bondade e fé; por me acalmar nos momentos mais conturbados, me fortalecer nos mais difíceis e, acima de tudo, por sempre acreditar que sou capaz.

Agradecimentos

Agradeço, primeiramente, à Deus por essa conquista que fecha mais uma etapa da minha vida e por iluminar o meu caminho e me guiar em todas as decisões, me dando força para que eu conseguisse finalizar esse projeto.

A Ângela Maria Hernandes por ter me apresentado o Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Materiais.

Agradeço aos professores Dr. Aldo Eloizo Job e Dr. Flávio Camargo Cabrera pela orientação e prontidão na ajuda e pela confiança depositada.

Agradeço à professora Marcela Prado Silva Parizi pela ajuda no início da fase experimental.

Agradeço a professora Rosane Boina Freire pela orientação, ajuda e compartilhamento de conhecimento ao longo estágio e para finalização do projeto.

Um agradecimento especial ao Guilherme Dognani que acreditou no meu projeto e esteve comigo em todos os momentos do trabalho, pela ajuda nas análises e condução de experimentos, fornecendo companheirismo, aprendizado e amizade.

A todos professores do Programa Posmat.

Ao Laboratório LAREX da USP-SP pela colaboração nas análises BET.

Ao Laboratório LLumén da UNESP – Presidente Prudente pelo empréstimo de equipamentos e troca de conhecimentos.

Agradeço aos queridos amigos da pós-graduação: Laura, Giovanni, Dalita, Fabio, Peixoto, Sheila, Gabriele, Saulo, Gabriel, Luís Fernando, Thariany, Paula e todos que me acompanharam nessa caminhada dividindo conhecimento, momentos de tristeza e alegria e pela amizade construída.

A Usina Alto Alegre S/A – Açúcar e Alcool por ter fornecido o bagaço de cana de açúcar para a realização dos experimentos.

À CAPES pelo apoio financeiro.

A Laura e Giovanni por terem me acolhido como irmã, pelo apoio e suporte em todos os momentos.

A Marília pela amizade e incentivo ao mestrado.

Em especial, a minha mãe, minha irmã e meu irmão, alicerce de todos os meus passos e que sempre me apoiaram e incentivaram em todas as minhas decisões.

Ao meu esposo Renato Barreto Bezerra pela paciência, incentivo e amor, mesmo eu estando ausente em muitos momentos.

E ao meu Filho Luís Felipe, que me ensinou que um cromossomo a mais pode transformar nossa vida, nos dando força e fé para não desistir dos nossos projetos.

No meio da dificuldade encontra-se a oportunidade.

Albert Einstein

LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIações

AMPA	Ácido Aminometilfosfônico
BC	Bagaço de cana-de-açúcar <i>in natura</i>
BC_{Sulf.}	Bagaço de cana-de-açúcar tratado com ácido sulfúrico
BC_{NaOH}	Bagaço de cana-de-açúcar tratado com hidróxido de sódio
BET	Brunauer, Emmett, Teller
CAA	Capacidade de Absorção de Água
DRX	Difração de Raios X
DSC	Calorimetria Diferencial Exploratória
EPA	Agência de Proteção Ambiental
FAO	Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação
FRX	Fluorescência de Raios X
FTIR	Espectroscopia Vibracional de Absorção na Região do Infravermelho
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INCA	Instituto Nacional do Câncer
LabMMEV	Laboratório de Multiusuário de Microscopia de Varredura
LaMaC	Laboratório de Materiais Cerâmicos
LAREX	Laboratório de Reciclagem, Tratamento de Resíduo e Extração
MEV	Microscopia Eletrônica de Varredura
OMC	Organização Mundial do Comércio
PCZ	Ponto de Carga Zero
TGA	Análise Termogravimétrica

LISTA DE FIGURAS

<i>Figura 1 - Estruturas parciais dos componentes lignocelulósicos.</i>	<i>9</i>
<i>Figura 2 - Evolução do consumo de ingredientes ativos de agrotóxicos e da safra de grãos no Brasil.</i>	<i>11</i>
<i>Figura 3 - Estrutura química do Glifosato e AMPA.....</i>	<i>15</i>
<i>Figura 4 - (a) Bagaço de cana-de-açúcar (antes da micronização); (b) partículas de 0.15 a 0.11 mm.</i>	<i>19</i>
<i>Figura 5 - Curvas de TGA/DTG para bagaço de cana-de-açúcar in natura e tratados.</i>	<i>29</i>
<i>Figura 6 - Curvas de DSC do bagaço de cana-de-açúcar in natura e tratados.</i>	<i>30</i>
<i>Figura 7 - Espectros FTIR do bagaço de cana-de-açúcar in natura e tratados.</i>	<i>31</i>
<i>Figura 8 - Difrátogramas de raios X para bagaço de cana-de-açúcar in natura e tratados.....</i>	<i>33</i>
<i>Figura 9 - Imagens de MEV do BC (a) 100 X, (b) 700 X; BC_{Sulf}. (c) 100 X, (d) 700 X; BC_{NaOH} (e) 100 X, (f) 700 X.....</i>	<i>37</i>
<i>Figura 10 - Curva de Calibração – curva analítica do glifosato na faixa de concentração de 0,5 a 10 mg L⁻¹ com Ninidrina e Molibdato de Sódio.</i>	<i>39</i>
<i>Figura 11 - Reação do Glifosato com a Ninidrina na presença do Molibdato de Sódio.</i>	<i>40</i>
<i>Figura 12 - Reação do Glifosato (em diferentes concentrações, de 0,5 a 100 mg L⁻¹) com a Ninidrina na presença do Molibdato de Sódio.</i>	<i>40</i>
<i>Figura 13 – Ponto de Carga Zero (pH_{pcz}) para o BC, BC_{NaOH} e BC_{Sulf}.</i>	<i>42</i>
<i>Figura 14 – Formas ionizadas da molécula de glifosato em função do pH do meio - intervalo de 1 a 10,6.</i>	<i>43</i>
<i>Figura 15 - % Remoção do glifosato em função do tempo.</i>	<i>44</i>
<i>Figura 16 - Ajustes cinéticos para remoção de glifosato utilizando o BC.....</i>	<i>45</i>
<i>Figura 17 - Ajustes cinéticos para remoção de glifosato utilizando o BC_{Sulf}.....</i>	<i>45</i>
<i>Figura 18 - Ajustes cinéticos para remoção de glifosato utilizando o BC_{NaOH}.....</i>	<i>46</i>
<i>Figura 19 - % Remoção do Glifosato em diferentes valores de pH.....</i>	<i>48</i>
<i>Figura 20 – Comparação das Isotermas de adsorção não lineares com a isoterma experimental para remoção de glifosato – BC.....</i>	<i>49</i>
<i>Figura 21 - Comparação das Isotermas de adsorção não lineares com a isoterma experimental para remoção de glifosato – BC_{Sulf}.....</i>	<i>50</i>
<i>Figura 22 - Comparação das Isotermas de adsorção não lineares com a isoterma experimental para remoção de glifosato - BC_{NaOH}.....</i>	<i>50</i>

LISTA DE TABELAS

<i>Tabela 1 – Área plantada, média de uso por hectare e total de agrotóxicos por tipo de lavoura no Brasil, 2015 [48].</i>	13
<i>Tabela 2 - Os 10 Princípios Ativos mais vendidos 2018 [51].</i>	14
<i>Tabela 3 – Composição química do bagaço de cana in natura e tratados</i>	32
<i>Tabela 4 – Propriedades da superfície do bagaço de cana in natura e tratados.</i>	34
<i>Tabela 5 - Área superficial específica de diferentes biomassas.</i>	35
<i>Tabela 6 - Capacidade de absorção de água do bagaço de cana in natura e tratados</i>	38
<i>Tabela 7 - Valores de pH inicial, pH final, média e desvio-padrão dos pH finais para os ensaios com o BC, BC_{Sulf.} e BC_{NaOH.}</i>	41
<i>Tabela 8 - Parâmetros cinéticos do processo de adsorção de glifosato pelo bagaço de cana in natura e tratados</i>	46
<i>Tabela 9 - Dados obtidos no modelo de Freundlich e Langmuir.</i>	51

RESUMO

O Brasil tem sido destaque na produção agrícola mundial, exportando uma grande variedade de grãos para o mundo todo. Para que esses patamares de produção sejam alcançados é necessário o emprego de diversos insumos agrícolas, como os herbicidas, dentre os quais o mais comum e utilizado comercialmente é o glifosato. No entanto, o aumento no uso de defensivos agrícolas tem, por consequência, aumentado o índice de contaminação de águas pluviais ou de lençol freático. Dentre os métodos de remoção de poluentes de água, como o de coagulação, eletro-floculação, filtração por membrana e oxidação, destaca-se o processo de adsorção, ecológico e eficaz na remoção de contaminantes orgânicos e inorgânicos de águas e gases. Neste trabalho, realizou-se o tratamento químico do bagaço de cana-de-açúcar com hidróxido de sódio e ácido sulfúrico a fim de utilizá-lo como material adsorvente para remoção de glifosato em meio aquoso. Foram feitos ensaios para determinar o potencial de carga zero, pH, capacidade e intensidade da adsorção assim como a cinética do processo. Os resultados demonstraram que o bagaço submetido ao tratamento alcalino se mostrou mais eficiente que o tratamento ácido, com pH ideal de adsorção igual a 9, e ajuste ao modelo de Langmuir, indicando que a quimiossorção governa o mecanismo de adsorção cuja máxima capacidade de adsorção foi de 13,720 mg g⁻¹ obtida em quarenta minutos.

Palavras-Chave: *Biomassa; Glifosato, Cana-de-açúcar, Meio aquoso, Adsorção.*

ABSTRACT

Brazil has been prominent in world agricultural production, exporting a wide variety of grains to the whole world. In order to reach these production levels, it is necessary to employ several agricultural inputs, such as herbicides, among which the most common and commercially used is glyphosate. However, the increased use of pesticides has, consequently, increased the index of contamination of rainwater or groundwater. Among the methods of water pollutant removal such as coagulation, electro-flocculation, membrane filtration and oxidation, highlight the adsorption process, ecological and efficient in the removal of organic and inorganic contaminants from water and gasses. In this work, the chemical treatment of sugarcane bagasse with sodium hydroxide and sulfuric acid was carried out in order to use it as an adsorbent material to remove glyphosate in aqueous solution. Assays were performed to determine zero charge potential, pH, capacity and adsorption intensity as well as process kinetics. The results showed that the bagasse submitted to the alkaline treatment was more efficient than the acid treatment, with an ideal adsorption pH by 9, and adjustment to the Langmuir model, indicating that the chemisorption governs the adsorption mechanism whose maximum adsorption capacity was higher of 13,720 mg g⁻¹ obtained in forty minutes.

Keywords: *Biomass, Glyphosate, Sugarcane, Aqueous solution; Adsorption.*

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	5
1. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	8
1.1 Bagaço de cana-de-açúcar	8
1.2 Agrotóxicos	10
1.3 Glifosato	14
1.4 Métodos de remoção de contaminantes de meio aquoso.....	16
2. OBJETIVO.....	18
3. MATERIAIS	19
4. MÉTODO.....	19
4.1 Preparo do bagaço de cana-de-açúcar	19
4.1.1 Tratamento Alcalino	20
4.1.2 Tratamento Ácido.....	20
4.1.3 Curva de Calibração do Glifosato	20
4.1.4 Determinação do Ponto de Carga Zero do bagaço de cana-de-açúcar.....	21
4.2 Caracterização do Bagaço de cana-de-açúcar	21
4.2.1 Análise Termogravimétrica (TGA)	21
4.2.2 Calorimetria Diferencial Exploratória (DSC)	22
4.2.3 Espectroscopia no Infravermelho com Transformada de Fourier (FTIR/ATR).....	22
4.2.4 Fluorescência de Raios X (FRX).....	22
4.2.5 Difração de Raios X (DRX)	23
4.2.6 Área superficial por método BET.....	23
4.2.7 Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV)	23
4.2.8 Capacidade de Absorção de Água (CAA).....	24
4.3 Testes de Adsorção	24
4.3.1 Modelagem experimental de dados	24
4.3.2 Cinética de Adsorção.....	25
4.3.3 Isotermas de Adsorção.....	26
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	28
5.1 Análise Termogravimétrica (TGA)	28
5.2 Calorimetria Diferencial Exploratória (DSC).....	30

5.3	Espectroscopia no Infravermelho com Transformada de Fourier (FTIR/ATR).....	31
5.4	Fluorescência de Raios X (FRX).....	32
5.5	Difração de Raios X (DRX)	33
5.6	Área superficial por método BET.....	34
5.7	Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV)	35
5.8	Capacidade de Absorção de Água (CAA).....	38
5.9	Determinação da presença de Glifosato – Curva de Calibração	38
5.10	Determinação do Ponto de Carga Zero (PCZ).....	40
5.11	Testes de Adsorção	43
5.11.1	Cinética de adsorção	43
5.11.1.1	Adsorção em função do Tempo.....	43
5.11.2	Adsorção em função do pH	47
5.11.3	Adsorção em função da concentração	48
6.	CONCLUSÃO	52
	REFERÊNCIAS.....	53

INTRODUÇÃO

O Brasil tem sido destaque na produção agrícola mundial, exportando uma grande variedade de grãos para o mundo todo. Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), a produção agrícola nacional de grãos, na safra de 2019/2020, está estimada em 245,8 milhões de toneladas cerca de 1,6 % superior a safra de 2018/2019 [1].

Dentre as diferentes culturas agrícolas produzidos no Brasil, o país tem se destacado na produção de cana-de-açúcar, tornando-se o maior produtor mundial. O total produzido na safra 2018/2019 foi de 620,4 milhões de toneladas. São Paulo é o Estado de maior representatividade, com 54% da produção nacional. O setor de biocombustíveis tem mantido o mercado de cana-de-açúcar aquecido, uma das grandes alternativas para o setor pelo seu potencial na produção de etanol (anidro e hidratado) e subprodutos [2].

Em virtude dos índices de produção nacional da cana-de-açúcar, o bagaço proveniente do processamento da cana na indústria sucroalcooleira é hoje o resíduo agroindustrial produzido em maior volume em todo o país. Em 2018 foram gerados cerca de 185 milhões de toneladas de bagaço de cana-de-açúcar [3]. Devido à quantidade produzida, suas características físicas e químicas, bem como pelo aspecto ambiental, o bagaço tem hoje várias aplicabilidades, dentre elas, produção de ração animal [4], material alternativo para construção civil [5], biomassa adsorvente de contaminantes orgânicos [6], entre outros.

Para que esses patamares de produção sejam alcançados é necessário o emprego de diversos insumos agrícolas, dentre eles os defensivos também denominados de pesticidas e/ou agrotóxicos. Os agrotóxicos podem ser classificados quanto (i) ao tipo ou grupo químico a que pertencem, como organoclorados, organofosforados, carbamatos e piretróides, dinitrofenóis, fenoxiacéticos, benzonitrilas dentre outros; e (ii) ao tipo de praga que controlam, como inseticidas (controle de Insetos), fungicidas (combate aos fungos), desfoliantes (combate às folhas indesejadas), fumigantes (combate às bactérias do solo), rodenticidas/raticidas (combate aos roedores/ratos), moluscocidas (combate aos moluscos), nematicidas (combate aos nematódeos), acaricidas (combate aos ácaros) e herbicidas (combate às plantas invasoras) [7].

O herbicida mais conhecido e utilizado comercialmente é o glifosato [N-(fosfonometil) glicina], princípio ativo do comercial Roundup® (antiga Monsanto). É um herbicida de amplo espectro, não seletivo, sistêmico e pós-emergente [8]. O glifosato é o herbicida mais utilizado no mundo para controle do crescimento de ervas daninhas e gramíneas. Por se tratar de um herbicida sistêmico, é absorvido pelas folhas das plantas e

depois transportado até as raízes, matando toda a estrutura da planta. No entanto, o uso desses defensivos agrícolas em grandes áreas de cultivo e, na maioria das vezes, em quantidades maiores que as necessárias tem se tornado uma grande problemática ambiental. A planta não metaboliza o glifosato, portanto praticamente toda a concentração chega ao solo e nos cursos hídricos [9].

A poluição das águas por excesso de herbicidas tornou-se uma preocupação constante nos últimos anos. Existem inúmeros métodos para tratamento das águas e efluentes. Dentre eles estão a eletro-floculação [10], coagulação [11], filtração por membrana [12], oxidação [13] e adsorção [14,15,16]. O processo de adsorção, quando comparados aos outros métodos convencionais de tratamentos de águas residuais, pode ser utilizado para aplicações bioquímicas e de descontaminação em larga escala, apresentando como vantagens o designer simples, uso de adsorventes não tóxicos, baixo custo e alta eficiência [14]. Além disso, a possibilidade de regenerar os adsorventes e os procedimentos relativamente simples necessários tornam a adsorção uma estratégia de recuperação muito conveniente [13].

Dentre os adsorventes citados anteriormente, a literatura destaca os materiais naturais, resíduos agrícolas e industriais, e o biocarvão ativado produzido a partir destes. Cada adsorvente possui características próprias, como porosidade, estrutura de poros e natureza de suas superfícies adsorventes [17]. Entre os adsorventes não tóxicos estão os resíduos de frutas [17,18], serragem [19], casca de arroz [20], casca de coco [21], quitosana [22], lama vermelha [23], argila [24], bagaço de cana-de-açúcar [25,26], entre outros.

A biomassa, preparada a partir de resíduos agrícolas e industriais, pode ser utilizada em um ciclo de economia circular quando se trata da remoção de contaminantes agrícolas. Neste processo, o herbicida atua como agente facilitador de aumento de produção, gerando mais matéria prima para a indústria e consequentemente maior quantidade de resíduos da biomassa processada. E por fim, a biomassa sendo utilizada na remoção do excesso de herbicida aplicado, cujo destino foram águas residuais e subterrâneas [27,28].

No momento atual, existem poucas informações na literatura a respeito da adsorção de glifosato em biomassa de cana-de-açúcar tratada quimicamente, uma vez que a maioria dos estudos aborda a adsorção desse contaminante com o uso de biocarvão. Ademais, ainda não existem dados descritos na literatura sobre a adsorção do glifosato em biomassa de cana-de-açúcar tratada com ácido sulfúrico e hidróxido de sódio. Diante do exposto, o presente estudo teve por objetivo utilizar o bagaço de cana-de-açúcar como material adsorvente para remoção de glifosato em meio aquoso. O bagaço foi submetido ao tratamento com ácido

sulfúrico e hidróxido de sódio, a fim de aumentar a capacidade de adsorção e remoção do contaminante.

6. CONCLUSÃO

O presente estudo evidenciou análises plausíveis e coerentes dentre os ensaios propostos. O uso do bagaço de cana-de-açúcar *in natura* e tratados quimicamente apresentaram-se favoráveis para remoção de glifosato nas condições estudadas, sendo elas com valores de pH de 5; 6 e 9 para o BC, BC_{sulf.} e BC_{NaOH}, respectivamente, e temperatura ambiente.

Para o bagaço de cana *in natura*, obteve-se uma cinética de adsorção rápida, com eficiência de remoção de 77 % (7,72 mg g⁻¹) em 2 horas de ensaio e máxima capacidade de adsorção de 7,78 mg g⁻¹ em 24 horas. E um material adsorvente com as características propostas pelo modelo de Freundlich, ou seja, a adsorção ocorreu em superfície heterogênea que não estava restrita à formação de uma monocamada.

O bagaço de cana tratado com ácido sulfúrico e com hidróxido de sódio também tiveram uma cinética de adsorção rápida. Para o BC_{Sulf} teve-se remoção de 77 % (7,74 mg g⁻¹) em 40 min de ensaio e máxima capacidade de adsorção de 7,79 mg g⁻¹ em 24 horas. Enquanto o BC_{NaOH} a remoção foi de 81 % em 40 min de ensaio e máxima capacidade de adsorção de 8,14 mg g⁻¹. Nos dois casos houve ajuste para o modelo de Langmuir, sendo assim, a adsorção é governada por mecanismos de quimiossorção e ocorre por cobertura em monocamadas de moléculas do glifosato sobre a superfície do bagaço de cana.

O tratamento com hidróxido de sódio realizado no bagaço de cana-de-açúcar proporcionou um aumento da capacidade de adsorção de glifosato nas soluções avaliadas, porém o bagaço submetido ao tratamento com ácido sulfúrico se comportou de maneira semelhante ao BC, não sendo viável a realização deste.

Todos os fatores envolvidos no estudo nos mostram que o tratamento alcalino no bagaço de cana-de-açúcar e final adsorção do glifosato cumprem com o objetivo proposto, proporcionando um bioadsorvente com capacidade de remoção máxima de 81,4 % do poluente em quarenta minutos. Apresentando portanto uma possibilidade de tratamento alcalino para aumentar a eficiência das fibras lignocelulósicas como agentes de descontaminação de águas.

Para trabalhos futuros, há necessidade de realizar estudos de adsorção em leito fixo e dessorção do glifosato no bagaço de cana-de-açúcar. Bem como o levantamento do custo do projeto.

REFERÊNCIAS

- [1] IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística — **Indicadores IBGE - Levantamento Sistemático da Produção Agrícola – Junho 2019**. SIDRA – Banco de Tabelas e Estatística. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/home/lspa/brasil>, acessado em 06/08/2019.
- [2] CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da Safra Brasileira de Cana-de-açúcar**. Terceiro levantamento - Safra 2018/19, v. 5, n. 3, p.1-7, Brasília, 2018.
- [3] SILVA, D.C.; MELO, C.A.; JUNIOR, F.H.S.; MORIRA, A.B.; FERREIRA, O.P.; BISINOTI, M.C. **Effect of the reaction medium on the immobilization of nutrients in hydrochars Obtained using sugarcane industry residues**. Bioresource Technology, v. 237, p. 213-221, 2017.
- [4] BARROS, R. C.; ROCHA JÚNIOR, V. R.; SOUZA, A. S.; FRANCO, M. O.; OLIVEIRA, T. S.; MENDES, G. A.; PIRES, D. A. A.; SALES, E. C. J.; CALDEIRA, L. A. **Viabilidade econômica da substituição da silagem de sorgo por cana-de-açúcar ou bagaço de cana amonizado com ureia no confinamento de bovinos**. Rev. Bras. Saúde Prod. An., v.11, n.3, p.555-569, 2010.
- [5] CASTRO, T. R.; MARTINS, C. H. **Avaliação da adição de cinzas do bagaço de cana-de-açúcar em argamassas mistas**. Ambiente Construído, v. 16, n. 3, p.137-151, 2016.
- [6] 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**. Revista Eletrônica de Materiais e Processos, v.2, n.1, p.27-32, 2007.
- [7] PERES, F.; MOREIRA, J.C. **É veneno ou é remédio? agrotóxicos, saúde e ambiente** [online]. Editora FIOCRUZ, 20 ed., 384 p. Rio de Janeiro, 2003.
- [8] SILVA, A.S; FERNANDES, F. C. B.; TOGNOLLI, J. O.; PEZZA, L.; PEZZA, H. R. **A simple and green analytical method for determination of glyphosate in commercial formulations and water by diffuse reflectance spectroscopy**. Spectrochimica Acta Part A, v. 79, p.1881– 1885, 2011.
- [9] TONI, L. R. M.; SANTANA, H.; ZAIA, D. A. M. **Adsorção de glifosato sobre solos e minerais**. Quim. Nova, v. 29, n. 4, p.829-833, 2006.
- [10] BORBA, F. H.; MANENTI, D. R.; MÓDENES, A. N.; MORA, N. D.; ESPINOZA-QUINÕES, F. R.; PALÁCIO, S. M.; YASSUE, P. H.; NASCIMENTO, R. **Avaliação da eficiência da técnica de eletro-floculação no tratamento de efluentes de indústrias de subprodutos avícolas**. Estudos Tecnológicos, v. 6, n. 1, p. 36-47, 2010.
- [11] BONGIOVANI, M. C.; KONRADT-MORAES, L. C.; BERGAMASCO, R.; LOURENÇO, B. S. S.; TAVARES, C. R. G. **Os benefícios da utilização de coagulantes naturais para a obtenção de água potável**. Acta Scientiarum. Technology, v. 32, n. 2, p.167-170, 2010.

-
- [12] YUAN, J.; DUAN, J.; SAINT, C. P.; MULCAHY, D. **Removal of glyphosate and aminomethylphosphonic acid from synthetic water by nanofiltration.** *Environmental Technology*, v. 19, n. 11, p. 1384 – 1392, 2018.
- [13] RUBÍ-JUÁREZ, H.; COTILLAS, S.; SÁEZ, C; CAÑIZARES, P.; BARRERA-DÍAZ, C.; RODRIGO, M. A. **Removal of herbicide glyphosate by conductive-diamondelectrochemical oxidation.** *Applied Catalysis B: Environmental*, v. 188, p. 305–312, 2016.
- [14] MAYAKADUWA, S. S.; KUMARATHILAKA, P.; HERATH, I.; AHMAD, M.; AL-WABEL, M.; SIK OK, Y.; USMAN, A.; ABDULJABBAR, A.; VITHANAGE, M. **Equilibrium and kinetic mechanisms of woody biochar on aqueous glyphosate removal.** *Chemosphere*, v. 144, p.2516-2521, 2016.
- [15] HERATH, I.; KUMARATHILAKA, P.; AL-WABEL, M.I.; ABDULJABBAR, A.; AHMAD, M.; USMAN, A.R.A.; VITHANAGE, M. **Mechanistic modeling of glyphosate interaction with rice husk derived engineered biochar.** *Microporous and Mesoporous Materials*, v. 225, p.280-288, 2016.
- [16] SARKAR, S.; DAS, R. **PVP capped silver nanocubes assisted removal of glyphosate from water - A photoluminescence study.** *Journal of Hazardous Materials*, v. 339, p.54–62, 2017.
- [17] GUIZA, S. **Biosorption of heavy metal from aqueous solution using cellulosic waste orange peel.** *Ecological Engineering*, v. 99, p. 134–140, 2017.
- [18] GEORGIN, J.; HERNANDES, P.; CABRAL, L.; PERES, E.C.; ALLASIA, D. **Uso da casca do abacate modificada quimicamente na adsorção do corante vermelho procion.** 12º Encontro Brasileiro sobre adsorção. Gramado – RS, 2018.
- [19] NJIMOU, J. R.; MĂICĂNEANU, A.; INDOLEAN, C.; NANSEU-NJIKI, C. P.; NGAMENI, E. **Removal of Cd (II) from synthetic wastewater by alginate–Ayous wood sawdust (Triplochiton scleroxylon) composite material.** *Environmental Technology*, v. 37, n. 11, p.1369–1381, 2016.
- [20] VITHANAGE, M.; MAYAKADUWA, S. S.; HERATH, I.; OK, Y. S. **Kinetics, thermodynamics and mechanistic studies of carbofuran removal using biochars from tea waste and rice husks.** *Chemosphere*, v. 150, p. 781-789, 2016
- [21] HENRYK, K.; JAROSŁAW, C.; WITOLD, Z. **Peat and coconut fiber as biofilters for chromium adsorption from contaminated wastewaters.** *Environ Sci Pollut Res*, v. 23, p.527–534, 2016.
- [22] ZHAO, F.; REPO, E.; SILLANPAA, M.; MENG, Y.; YIN, D.; TANG, W. Z. **Green Synthesis of Magnetic EDTA- and/or DTPA-Cross-Linked Chitosan Adsorbents for Highly Efficient Removal of Metals.** *Industrial & Engineering Chemistry Research*, V. 54, P. 1271-1281, 2015.
- [23] KHAN, T. A.; CHAUDHRY, S. A.; ALI, I. **Equilibrium uptake, isotherm and kinetic studies of Cd(II) adsorption onto iron oxide activated red mud from aqueous solution.** *Journal of Molecular Liquids*, v. 202, p. 165-175, 2015.

-
- [24] THUE, P. S.; SOPHIA, A. C.; LIMA, E. C.; WAMBA, A. G. N.; ALENCAR, W. S.; REIS, G. S.; RODEMBUSCH, F. S.; DIAS, S. L. P. **Synthesis and characterization of a novel organic-inorganic hybrid clay adsorbent for the removal of acid red 1 and acid green 25 from aqueous solutions.** Journal of Cleaner Production, v. 171, p. 30-44, 2018.
- [25] XING, Y.; LIU, D.; ZHANG, L.; **Enhanced adsorption of Methylene Blue by EDTAD-modified sugarcane bagasse and photocatalytic regeneration of the adsorbent.** Desalination, v. 259, p.187–19, 2010.
- [26] FIDELES, R. A.; TEODORO, F. S.; XAVIER, A. L. P.; ADARME, O.F.H.; GIL, L. F.; GURGEL, L.V.A. **Trimellitated sugarcane bagasse: A versatile adsorbent for removal of cationic dyes from aqueous solution. Part II: Batch and continuous adsorption in a bicomponent system.** Journal of Colloid and Interface Science. 2019.
- [27] RIBEIRO, M. L.; LOURENCETTI, C. **Contaminação de águas subterrâneas por pesticidas: avaliação preliminar.** Quim. Nova, v. 30, n. 3, p.688-694, 2007.
- [28] AHMAD, T.; RAFATULLAH, M.; GHAZALI, A.; SULAIMAN, O.; HASHIM, R.; AHMAD, A. **Removal of Pesticides from Water and Wastewater by Different Adsorbents: A Review.** Journal of Environmental Science and Health, Part C, v. 28, n. 4, p.231-271, 2010.
- [29] FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. FAOSTAT Statistics Database. <http://www.fao.org>, Acessado em 01/05/2019.
- [30] PINTO, H. M. S.; VIANNA, M. S.; COSTA, L. G.; MARIN, F. R. **Produtividade de cana-de-açúcar no Estado de São Paulo baseada em simulações multimodelos e mudanças climáticas.** Revista Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, v. 26, n. 1, p. 11-24, 2018.
- [31] SOARES, L. A. **Síntese, ativação e caracterização de carvão obtido a partir do bagaço de cana-de-açúcar e avaliação da capacidade de adsorção.** 2014, 71p. Dissertação de Mestrado Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Departamento de Engenharia Química. Natal – RN.
- [32] GOUVEIA, E. R.; NASCIMENTO, R. T.; SOUTO-MAIOR, A. M. **Validação de Metodologia para a Caracterização Química de Bagaço de Cana-de-açúcar.** Quim. Nova, v. 32, n. 6, p.1500-1503, 2009.
- [33] FERREIRA, V. F.; ROCHA, D. R. **Potencialidades e oportunidades na química da sacarose e outros açúcares.** Quim. Nova, v. 32, n. 3, p. 623-638, 2009.
- [34] MOOD, S. H.; GOLFESHAN, A. H.; TABATABAEI, M.; JOUZANI, G. S.; NAJAF, G. H.; GHOLAMI, M.; ARDJMAND, M. **Lignocellulosic biomass to bioethanol, a comprehensive review with a focus on pretreatment.** Renewable and Sustainable Energy Reviews, V. 27, P. 77-93, 2013.
- [35] FERREIRA, B. C. S.; GIL, L. F.; GURGEL, L. V. A.; FREITAS, R. P. **Obtenção de um Novo Derivado Carboxilado de Celulose Microcristalina: Uma Síntese Fácil e sem Solvente.** Rev. Virtual Quim, v. 9, n. 1, p.431-451, 2017.

-
- [36] MORO, M. K. **Pré-tratamento da biomassa de cana-de-açúcar por extrusão com dupla-rosca**. 2015, 119p. Dissertação de Mestrado Universidade Federal do Rio de Janeiro. Departamento de Engenharia Química. Rio de Janeiro – RJ.
- [37] NASCIMENTO, V. M. **Pré-tratamento alcalino (NaOH) do bagaço de cana-de-açúcar para a produção de etanol e obtenção de xilooligômeros**. 2011. 136 f. Dissertação de Mestrado – Universidade Federal de São Carlos – Departamento de Engenharia Química. São Carlos – SP.
- [38] ZHANG, S., KESHWANI, D. R., XU, Y., HANNA, M. A. **Alkali Combined Extrusion Pretreatment of Corn Stover to Enhance Enzyme Saccharification**. *Industrial Crops and Products* v. 37, p. 352-357, 2012.
- [39] CARDONA, C. A.; QUINTERO, J. A.; PAZ, I. C. **Production of Bioethanol from Sugarcane Bagasse: Status and Perspectives**. *Bioresource Technology*, v. 101, p. 4754-4766, 2010.
- [40] SILVA, W. L. L.; OLIVEIRA, S. P. **Modification of the sorptive characteristics of sugarcane bagasse for removing methylene blue from aqueous solutions**. *Scientia Plena*, v. 8, n. 9, 2012.
- [41] PAIVA, F. F. G.; DE MARIA, V. P. K.; TORRES, G. B.; DOGNANI, G.; SANTOS, R. J.; CABRERA, F. C.; JOB, A. E. **Sugarcane bagasse fiber as semi-reinforcement filler in natural rubber composite sandals**. *Journal of Material Cycles and Waste Management*, v. 2, n. 2, p. 326-335, 2019
- [42] GUNUN, N.; WANAPAT, M.; GUNUN, P.; CHERDTHONG, A.; KHEJORNART, P.; KANG, S. **Effect of treating sugarcane bagasse with urea and calcium hydroxide on feed intake, digestibility, and rumen fermentation in beef cattle**. *Trop Anim Health Prod*, v. 48, p. 1123-1128, 2016.
- [43] UTOMO, H. D.; PHOON, R. Y. N.; SHEN, Z.; NG, L. H.; LIM, Z. B. **Removal of Methylene Blue Using Chemically Modified Sugarcane Bagasse**. *Natural Resources*, v. 6, p. 209-220, 2015.
- [44] EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **VISÃO 2030 - O Futuro da Agricultura Brasileira**. 212 p. Brasília -DF, 2018.
- [45] AGRO BRASÍLIA. **Brasil é o terceiro maior exportador mundial de produtos agropecuários**. <http://www.agrobrasil.com.br/ultimas-noticias/734-brasil-e-o-terceiro-maior-exportador-mundial-de-produtos-agropecuarios.html>. Acessado: 30/03/2019.
- [46] INCA: Instituto Nacional de Câncer José Gomes da Silva. **Posicionamento Institucional do Instituto Nacional do Câncer José Alencar Gomes da Silva Acerca dos Agrotóxicos**, nº10, 5p. 2015.
- [47] BOMBARDI, L. M. **Geografia do uso de agrotóxicos no Brasil e conexões com a União Europeia**. São Paulo: Laboratório de Geografia Agrária – FFLCH-USP, 296p. 2017.

-
- [48] PIGNATI, W. A.; LIMA, F. A. N. S.; LARA, S. S.; CORREA, M. L. M.; BARBOSA, J. R.; LEÃO, L. H. C.; PIGNATTI, M. G. **Distribuição espacial do uso de agrotóxicos no Brasil: uma ferramenta para a Vigilância em Saúde.** *Ciência & Saúde Coletiva*, v. 22, n. 10, p.3281-3293, 2017.
- [49] DUTRA, L. S.; FERREIRA, A. P. **Associação entre malformações congênitas e a utilização de agrotóxicos em monoculturas no Paraná, Brasil.** *Saúde Debate*, v. 41, n. especial, p. 241-253, 2017
- [50] KIM, K-H; KABIR, E.; JAHAN, S. A. **Exposure to pesticides and the associated human health effects.** *Science of the Total Environment*, v. 575, p. 525-535, 2017.
- [51] IBAMA: Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. **Boletins anuais de produção, importação, exportação e vendas de agrotóxicos no Brasil - OS 10 ingredientes ativos mais vendidos – 2018.** <http://www.ibama.gov.br/agrotoxicos/relatorios-de-comercializacao-de-agrotoxicos#boletinsanuais>. Acessado em: 01/12/2019
- [52] MONSANTO DO BRASIL. <http://www.monsanto.com/global/br/produtos/pages/seguranca-glifosato.aspx>. Acessado em: 01/04/2019.
- [53] AMARANTE JUNIOR; O. P.; SANTOS, T. C. R. **Glifosato: Propriedades, Toxicidade, Usos e Legislação.** *Quim. Nova*, v. 25, n. 4, p.589-593, 2002
- [54] MATTOS, R.A. **Estudo das interações do herbicida glifosato com argila natural brasileira mono iônica.** 2008. 67p. Dissertação de Mestrado Universidade Estadual de Campinas - Instituto de Química, Campinas-SP.
- [55] PRATA, F. **Comportamento do glifosato no solo e deslocamento miscível de atrazina.** 2002. 144p. Tese de Doutorado Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz - ESALQ/USP, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Piracicaba-SP.
- [56] TONETTO, B. C.; MARTINS, M. O.; FAGAN, S. B.; SILVA, I. Z. **Glifosato adsorvido em nanotubos de carbono via modelagem molecular.** *Ciências Naturais e Tecnológicas*, v. 14, n. 1, p. 15-22, 2013.
- [57] MARTÍNEZ, M. A.; ARES, I.; RODRÍGUEZ, J. L.; MARTÍNEZ, M.; LARRAÑAGA, M. R. M.; ANADÓN, A. **Neurotransmitter changes in rat brain regions following glyphosate exposure.** *Environmental Research*, v.161, p.212-219, 2018.
- [58] MORAES, P.V.D.; ROSSI, P. **Comportamento ambiental do glifosato.** *Scientia Agraria Paranaensis*, v.9, n.3, p 22-35, 2010.
- [59] RUBIO, A. J.; BERGAMASCO, R.; YAMAGUCHI, N. U. **Remoção do herbicida glifosato utilizando carvão ativado impregnado com compostos metálicos de prata e cobre para a melhoria da qualidade da água.** *Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental Santa Maria*, v. 20, n. 1, p.450–455, 2016.
- [60] MINISTÉRIO DA SAÚDE. - Portaria nº 2.914, de 12 de dezembro de 2011. Online. http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2011/prt2914_12_12_2011.html
Acessado em 01/04/2019

-
- [61] International Association of Environmental Analytical Chemistry. **Sample Handling of Pesticides in Water**. Barcelona, 1994.
- [62] EPA - United States Environmental Protection Agency — <https://www.epa.gov/ingredients-used-pesticide-products/glyphosate> acessado em: 29/03/2019.
- [63] BATTAGLIN, W.A.; MEYER, M.T.; KUIVILA, K.M.; DIETZE, J.E. **Glyphosate and its degradation product ampa occur frequently and widely in u.s. soils, surface water, groundwater, and precipitation**. Journal of the American Water Resources Association, v. 50, n. 2, 2014.
- [64] ALTOÉ, P. S. **Agrotóxicos no estado do Espírito Santo: uma análise das questões legais e dos efeitos nas águas superficiais do rio Jucu causados pelo herbicida glifosato**. 2018. 121p. Dissertação de Mestrado Universidade Federal do Espírito Santo. Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Desenvolvimento Sustentável, Vitória - ES.
- [65] ABDALLA, F. C.; COSTA, M. J.; SAMPAIO, G.; CAMARGO, D. A.; PEDROSA, M.; NOGUEIRA, F. L. A. **Efeito do cádmio e do glifosato na musculatura de mamangavas**. Ciência, Tecnologia & Ambiente. v. 3, n. 1, p. 66-72, 2016.
- [66] BRIDI, D.; ALTENHOFEN, S.; GONZALEZ, J. B.; REOLON, G. K.; BONAN, C. D. **Glyphosate and Roundup® alter morphology and behavior in zebrafish**. Toxicology, v. 392, p.32–39, 2017.
- [67] WEBSTER, T. M. U.; SANTOS, E. M. **Global transcriptomic profiling demonstrates induction of oxidative stress and of compensatory cellular stress responses in brown trout exposed to glyphosate and Roundup**. BMC Genomics, v. 16, n.32, p. 2-14, 2015.
- [68] PRIMOST, J. E.; MARINO, D. J. G.; APARICIO, V. C.; COSTA, J.L.; CARRIQUIRIBORDE, P. **Glyphosate and AMPA, “pseudo-persistent” pollutants under realworld agricultural management practices in the Mesopotamic Pampas agroecosystem, Argentina**. Environmental Pollution, V. 229, P. 771-779, 2017.
- [69] MOREIRA, S. A.; SOUZA, F. W.; OLIVEIRA, A. G. **Remoção de metais de solução aquosa usando bagaço de caju**. Quim. Nova, v. 32, n. 7, p.1717-1722, 2009.
- [70] NASCIMENTO, R. F.; LIMA, A. C. A.; VIDAL; C. B.; MELO, D. Q.; RAULINO, G.S.C. **Adsorção – Aspectos Teóricos e Ambientais**. 2014, 256 p. **Coleção Estudos de Pós-Graduação** - Universidade Federal do Ceará – UFC.
- [71] ANDIA, J. P. M. **Remoção de Boro de Águas e Efluentes de Petróleo por Adsorção**. 2009, 138p. Tese - Doutorado em Engenharia de Materiais - Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Departamento de Engenharia de Materiais.
- [72] GURGEL, L. V. A. **Merceração e modificação química de celulose e bagaço de cana-de-açúcar com anidro succínico e trietilenotetramina: preparação de novos materiais quelantes para a adsorção de Pb(II), Cd(II), Cr(VI) e Cu(II)**. 2007, 180p. Dissertação de Mestrado Universidade Federal de Ouro Preto. Departamento de Recursos Hídricos – PROÁGUA.

-
- [73] MANGUEIRA, E. S. V. **Produção de carvão ativado a partir de endocarpo de coco da Baía (*Cocos nucifera*) aplicado ao processo de adsorção do herbicida metribuzin.** 2014, 103p. Dissertação de Mestrado Universidade Federal da Paraíba. Departamento de Engenharia Urbana e Ambiental.
- [74] YAMAGUCHI, N. U.; BERGAMASCO, R.; HAMOUDI, S. **Magnetic MnFe_2O_4 -graphene hybrid composite for efficient removal of glyphosate from water.** Chemical Engineering Journal, v. 29, p. 391–402, 2016.
- [75] COELHO, E.R.C.; VAZZOLER, H.; LEAL, W.P. **Emprego do carvão ativado para remoção de atrazina em água de abastecimento público.** Eng Sanit Ambient, v.17, n.4, p.421-428, 2012.
- [76] SILVA, W. L. L.; OLIVEIRA, S. P. **Modificação das características de adsorção do bagaço de cana para remoção de azul de metileno de soluções aquosas.** SCIENTIA PLENA, v. 8, n. 9, 2012.
- [77] ABREU, M. B.; ANDRADE, J. R.; TURBIANI, F. R. B.; GIMENES, M. L.; FERNANDES-MACHADO, N. R. C.; SEIXAS, F. L. **Aplicação de carvão ativado de bagaço de cana-de-açúcar na adsorção de Cd(II) e Cu(II) .** XXXVII ENEMP – Congresso Brasileiro de Sistemas Articulados. São Carlos – SP, 2015.
- [78] ZHU, Y.; ZHANG, H.; ZENG, H.; LIANG, M. **Adsorption of chromium (VI) from aqueous solution by the iron (III)-impregnated sorbent prepared from sugarcane bagasse.** Int. J. Environ. Sci. Technol, v.9, p.463–472, 2012.
- [79] SARAN, L.M.; GIANANTE, R.H.; MELO, W.J. **Emprego da palha da cana-de-açúcar como bioadsorvente para remoção de cádmio de solução aquosa.** 54° Congresso Brasileiro de Química. Natal-RN, Brasil. 2014.
- [80] SANCHEZ, E. M. S.; CAVANI, C. S.; LEAL, C. V.; SANCHEZ, C. G. **Compósito de Resina de Poliéster Insaturado com Bagaço de Cana-de-Açúcar: Influência do Tratamento das Fibras nas Propriedades.** Polímeros, v. 20, n. 3, p.194-200, 2010.
- [81] TZASKOS D. F.; MARCOVICZ C.; DIAS, N. M. P.; ROSSO, N. D. **Development of sampling for quantification of glyphosate in natural waters.** Ciênc. Agrotec, v. 36, n. 4, p. 399-405, 2012.
- [82] REGALBUTO, J.R., ROBLES, J. **The engineering of Pt/Carbon Catalyst Preparation For application on Proton Exchange Fuel Cell Membrane (PEFCM).** University of Illinois, Chicago, 2004.
- [83] GIACOMNI, F.; MENEGAZZO, M. A. B.; SILVA, M. G.; SILVA, A. B.; BARROS, M. A. S. D. **Importância da determinação do ponto de carga zero como característica de tingimento de fibras proteicas.** Revista Matéria, v.22, n.2, 2017.
- [84] FOO, K. Y.; HAMEED, B. H. **Insights into the modeling of adsorption isotherm systems.** Chemical Engineering Journal, v. 1, p. 2-10, 2010.

-
- [85] DOTTO, G.L.; KUHN, R. C.; MAZUTTI, M. A.; COLLAZZO, G. C.; WEBER, C. T.; FOLETTO, E. L. **Utilização de adsorvente alternativo de baixo custo para a remoção do corante tartazina**. XX Congresso Brasileiro de Engenharia Química, 2014.
- [86] DA ROCHA, O. R. S.; DO NASCIMENTO, G. E.; CAMPOS, N. F.; DA SILVA, V. L.; DUARTE, M. M. M. B. **Avaliação do processo adsorativo utilizando mesocarpo de coco verde para remoção Do corante cinza reativo BF-2R**. Quim. Nova, v. 35, n. 7, p. 1369-1374, 2012.
- [87] NOUROUZI, M.M; CHUAH, T.G.; CHOONG, T. S.Y. **Adsorption of glyphosate onto activated carbono derived from waste newspaper**. Desalination and Water Treatment, v. 24, n. 1-3, p. 321-326, 2010.
- [88] LIU, Q.; ZHONG, Z.; WANG, S.; LUO, Z. **Interactions of biomass components during pyrolysis: A TG-FTIR study**. Journal of Analytical and Applied Pyrolysis, v. 90, p. 213-218, 2011.
- [89] BENINI, K. C. C. C. **Desenvolvimento e caracterização de compósitos poliméricos reforçados com fibras lignocelulósicas: Hips/fibra da casca do coco verde e Bagaço de cana de açúcar**. 2011. 125p. Dissertação de Mestrado - – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá. Departamento de Mecânica na área de Materiais.
- [90] SILVA, C. V. **Caracterização do bio-óleo produzido por pirólise rápida do bagaço de cana-de-açúcar**. 2013. 90p. Dissertação de Mestrado – Universidade Federal de Uberlândia. Departamento de Química.
- [91] YANG, H; YAN, R.; CHEN, H.; LEE, D. H.; ZHENG, C. **Characteristics of hemicellulose, cellulose and lignin pyrolysis**. Fuel, v. 86, p. 1781–1788, 2007.
- [92] SILVA, C. G. **Bagaço de cana-de-açúcar como reforço de matrizes termorrígidas baseadas em macromoléculas de ligninas**. 2011. 190p. Tese de Doutorado – Universidade de São Paulo – Instituto de Química – São Carlos.
- [93] MOUBARIK, A; GRIMI, N. **Valorization of olive stone and sugar cane bagasse by-products as biosorbents for the removal of cadmium from aqueous solution**. Food Research International, v. 73, p. 169-175, 2015.
- [94] GUIMARÃES, J. L.; FROLLINI, E.; SILVA, C.G.; WYPYCH, F.; SATYANARAYANA, K.G. **Characterization of banana, sugarcane bagasse and sponge gourd fibers of Brazil**. Industrial Crops and Products, v. 30, p. 407-415, 2009.
- [95] MOTHE, C. G.; MIRANDA, I. C. **Characterization of sugarcane and coconut fibers by thermal analysis and FTIR**. Journal of Thermal Analysis and Calorimetry, v. 97, n. 2, p. 661, 2009.
- [96] OLIVEIRA, D. L. A. **Caracterização da cinza de bagaço de cana-de-açúcar e aplicação no solo**. 2015. 137 p. Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias. Departamento de Agronomia.

-
- [97] TEIXEIRA, S.R.; SOUZA, A.E.; SANTOS, G.T.A.; PEÑA, A.F.V. **Sugarcane bagasse ash as a potential replacement quartz in red ceramic.** *Journal of the American Ceramic Society*, vol. 91, no. 6, p. 1883-1887, 2008.
- [98] ALVES, M. J.; CAVALCANTI, I.V.; RESENDE, M. M.; CARDOSO, V. L.; REIS, M. H. **Biodiesel dry purification with sugarcane bagasse.** *Industrial Crops and Products*, v. 89, p. 119–127, 2016.
- [99] SPINACÉ, M. A. S.; LAMBERT, C. S.; FERMOSELLI, K. K. G.; DE PAOLI, M-A. **Characterization of lignocellulosic curaua fibres.** *Carbohydrate Polymers*, v. 77, p.47-53, 2009.
- [100] VIMAL, V.; PATEL, M.; MOHAN, D. **Aqueous carbofuran removal using slow pyrolyzed sugarcane bagasse biochar: equilibrium and fixedbed studies.** *RSC Adv.*, v. 9, p. 26338–26350, 2019.
- [101] ANTUNES, M. **Utilização do bagaço da uva Isabel para a remoção de diclofenaco de sódio em meio aquoso.** 2011. 79p. Dissertação (Mestrado). Universidade de Caxias do Sul. Departamento de Engenharia e Ciência dos Materiais.
- [102] MOHAN, S.; SREELAKSHMI, G. **Fixed bed column study for heavy metal removal using phosphate treated rice husk.** *Journal of Hazardous Materials*, v. 153, p. 75–82, 2008.
- [103] ROCHA, W. D. **Carvão Ativado a partir de resíduos agrícolas e suas aplicações na adsorção de íons metálicos.** 2006. 106p. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Ouro Preto. Departamento de Engenharia Mineral.
- [104] SOUZA, A.; CECHINEL, M. A. P.; PETERSON, M. **Avaliação do potencial sortivo da casca de laranja quimicamente e termicamente modificada na remoção de metais em solução aquosa.** *Braz. J. of Develop.*, Curitiba, v. 5, n. 6, p. 7107-7128, 2019.
- [105] LI, X.; TABIL; L. G.; PANIGRAHI, S. **Chemical Treatments of Natural Fiber for Use in Natural Fiber-Reinforced Composites: A Review.** *J Polym Environ*, v. 33, p. 15:25, 2007.
- [106] AGUIAR, C. M.; LUCENA, S. L. **Produção de celulases por *Aspergillus niger* e cinética da desativação celulásica.** *Acta Scientiarum. Technology*, v. 33, n. 4, p. 385-391, 2011.
- [107] MARENGO, V. A.; VERCELHEZE, A. E. S.; MALI, S. **Compósitos biodegradáveis de amido de mandioca e resíduos da agroindústria.** *Quim. Nova*, v. 36, n. 5, p. 680-685, 2013.
- [108] BHASKARA, B. L.; NAGARAJA, P. **Direct sensitive spectrophotometric determination of glyphosate by using ninhydrin as a chromogenic reagent in formulations and environmental water samples.** *Helvetica Chimica Acta*, v. 89, p. 2686-2693, 2006.
- [109] FIORILLI, S.; RIVOIRA, L.; CALÌ, G.; APPENDINI, M.; BRUZZONITI, M. C.; COÏSSON, M.; ONIDA, B. **Iron oxide inside SBA-15 modified with amino groups as**

reusable adsorbent for highly efficient removal of glyphosate from water. Applied Surface Science, v. 411, p. 457–465, 2017.

[110] ESSANDOH, M.; KUNWAR, B.; PITTIMAN JR., C. U.; MOHAN, D.; MLSNA, T. **Sorptive removal of salicylic acid and ibuprofen from aqueous solutions using pine wood fast pyrolysis biochar.** Chemical Engineering Journal, v. 265, p. 219-227, 2015.

[111] SOUZA, M. A. **Risco de Contaminação da Água por Glifosato: Validação do Modelo A.R.C.A. em uma Lavoura de Soja no Entorno do Distrito Federal.** 2014, 140 p. Tese de Doutorado Universidade de Brasília. Departamento de Engenharia Florestal.

[112] CARNEIRO, R.T.A.; TAKETA, T.B.; NETO, R. J. G.; OLIVEIRA, J. L.; CAMPOS, E. V.R.; MORAES, M. A.; SILVA, C. M.G.; BEPPU, M. M.; FRACETO, L. F. **Removal of glyphosate herbicide from water using biopolymer membranes.** Elsevier, Journal of Environmental Management, v. 151, p. 353-360, 2015.

[113] SEVERINO, F. N.; RODRIGUES, J. S.; LIMA, P.H.M. **Remoção de glifosato de meio aquoso utilizando biossorvente preparado à partir de Sabugo de Milho.** 2018, 36p. Monografia Universidade Estadual de Goiás. Departamento de Engenharia Ambiental e Sanitária. Goiânia - GO.

[114] BANERJEE, S., CHATTOPADHYAYA, M.C. **Adsorption characteristics for the removal of a toxic dye, tartrazine from aqueous solutions by a low cost agricultural by product.** Arabian Journal of Chemistry, v.10, p.S1629-S1638, 2017.