
Ocorrência do herbicida Diuron no sedimento de rios da sub-bacia do Rio Botafogo, litoral norte de Pernambuco

*Occurrence of the herbicide Diuron in the sediment of rivers of the Botafogo river
sub-basin, northern coast of Pernambuco*

Eden Cavalcanti de Albuquerque Junior¹; Hélio Oliveira dos Santos Rodrigues^{2*}

¹Plonus Soluções em Engenharia e Meio Ambiente, Recife, Pernambuco, Brasil

²Faculdade de Goiana - FAG, Goiana, Pernambuco, Brasil

*Autor correspondente. E-mail: helio.osr@gmail.com

Recebido: 17/12/2021; Aceito: 25/01/2022

RESUMO

A bacia hidrográfica do Botafogo, situada ao norte do Litoral de Pernambuco, estende-se por cerca de 480 km². Na bacia, situa-se o único reservatório de água do Litoral Norte do Estado, integrado ao sistema de abastecimento de água da Região Metropolitana do Recife-PE. A principal atividade econômica na região é o cultivo de cana-de-açúcar e os impactos ambientais causados pelos cultivos pressionam os recursos hídricos e os sedimentos da bacia hidrográfica. Este trabalho objetivou analisar a ocorrência de herbicidas nos sedimentos do riacho Catucá e dos rios Pilão e Botafogo, situados na bacia do Botafogo, utilizando-se da extração acelerada de solventes com o Accelerated Solvent Extractor Operator's Manual (ASE 300) da Dionex para extração de pesticidas do sedimento. Os resultados evidenciaram que o herbicida Diuron já está presente nos sedimentos dos corpos hídricos estudados. Inferindo aos dados, existe uma grande influência do cultivo agrícola da cana-de-açúcar, na comunidade fitoplanctônica e bentônica da região.

Palavras-chave: Defensivos agrícolas, cana-de-açúcar, recursos hídricos.

ABSTRACT

The Botafogo watershed, located north of the coast of Pernambuco, extends for about 480 km². In the basin, there is the only water reservoir on the North Coast of the State, integrated to the water supply system of the Metropolitan Region of Recife-PE. The main economic activity in the region is the cultivation of sugarcane and the environmental impacts caused by the crops put pressure on the water resources and sediments of the hydrographic basin. This study aimed to analyze the occurrence of herbicides in the sediments of the Catucá stream and the Pilão and Botafogo rivers, located in the Botafogo basin, using accelerated solvent extraction with Dionex's Accelerated Solvent Extractor Operator's Manual (ASE 300) to extract sediment pesticides. The results showed that the herbicide Diuron is already present in the sediments of the water bodies studied. Inferring from the data, there is a great influence of the agricultural cultivation of sugarcane, in the phytoplanktonic and benthic community of the region.

Keywords: Pesticides, sugarcane, Water Resources.

INTRODUÇÃO

A estrutura do desenvolvimento agricultura adotado no Brasil foi baseado em compostos pesticidas como o diclorodifeniltricloroetano (DDT), o qual está apoiado no uso de substâncias tóxicas e nocivas aos seres humanos. A partir do momento em que os agrotóxicos passaram a ser amplamente utilizado no País, foi observado um aumento representativo da produtividade agrícola, proporcionando um controle de vetores e diversas doenças. Entretanto, seu uso desordenado e excessivo vêm provocando diversos impactos sobre o meio ambiente (BENEVIDES; MARINHO, 2015).

O modelo criado para o desenvolvimento agrícola no Brasil, centrado em ganhos de produtividade, tem gerado aumento crescente no uso de defensivos. No ano de 2010, o quantitativo comercializado chegou a 155 kg.ha⁻¹, das quais 43,7 kg.ha⁻¹ são de produtos que tem como molécula base o Nitrogênio, 51,8 kg.ha⁻¹ a base de Fósforo e 59,6 kg.ha⁻¹ de Potássio. O Sudeste brasileiro está à frente da comercialização de pesticidas por unidade de área com o quantitativo de 208,1 kg.ha⁻¹, esse número expressivo está acima do que foi observado para outras regiões no mesmo período (IBGE, 2011). Oito anos após revelação desses números, o valor de quantitativos comercializados só assusta, segundo o Instituto Brasileiro de Meio Ambiente (IBAMA), no ano de 2019 foram comercializados 539,9 mil toneladas de defensivos agrícolas (IBAMA, 2019).

Em Pernambuco, uma das grandes atividades econômicas é o cultivo da cana-de-açúcar que conta com uma grande quantidade de mão de obra artesanal, devido a topografia acidentada da região de cultivo, tendo cerca de cinco trabalhadores para cada mil toneladas de cana. A cana-de-açúcar é uma herbácea da família das gramíneas, oriunda do continente asiático, mas amplamente cultivado e adaptado ao clima do Brasil. Esse arbusto pode ser cultivado com diversas finalidades como produção de combustíveis, alimentos, biomassa, bebidas alcoólicas, entre outros (SINDAÇÚCAR, 2019). O intensivo cultivo dessa monocultura no litoral norte e sul do Estado de Pernambuco tem ampliado nos últimos anos em resposta à procura crescente do mercado mundial, atingindo cerca de 51,16 milhões de toneladas de cana-de-açúcar (SINDAÇÚCAR, 2019). Neste contexto, a bacia do Botafogo, localizada no litoral norte de Pernambuco, estende-se por cerca de 480 km² e ocupa uma parcela expressiva dos municípios de Araçoiaba, Itaquitinga, Abreu e Lima, Itapissuma e Igarassu. Localiza-se nessa bacia o único reservatório do Litoral Norte do Estado, o qual é integrado ao sistema de abastecimento da Região Metropolitana do Recife – a Barragem do Botafogo – com capacidade para armazenar 27,5 × 10⁶ m³ de água. A atividade agrícola de maior potencial poluidor dos recursos naturais nessa área é a cana-de-açúcar (CPRH, 2014).

Os produtores de cana-de-açúcar, em uma tentativa de maiores ganhos na produtividade, utilizam defensivos agrícolas para o controle de pragas nos cultivos, são utilizados ainda, produtos químicos além de outras substâncias, com o objetivo de melhorar a qualidade do solo (BOYD, 1995a; BOYD; TUCKER, 1998). O 3-(3,4-diclorofenil)-1,1-dimetiluréia um dos herbicidas de maior utilização no controle de plantas daninhas, é seletivo sistêmico, inibidor da fotossíntese, pertencente ao grupo das triazinas, usado em pré- e pós-emergência para controlar plantas nocivas à cultura da cana-de-açúcar (BOYD; TUCKER, 1998).

Em 2009, o consumo brasileiro de pesticidas foi de 3,6 kg.L⁻¹, em 2016 esse quantitativo chegou a 5,4 kg.L⁻¹, e em 2018 à aproximadamente 5,5 kg.L⁻¹. Entre os quais, os herbicidas e inseticidas respondem por mais de 50% do consumo. A utilização desses compostos é preocupante devido aos possíveis danos que podem ocasionar a biota aquática, podendo aturar sobre o sistema nervoso central como influenciar na diminuição da capacidade de absorção de oxigênio do meio aquático por parte desses organismos (HELBLING, 2015). Aparentemente, o uso de compostos com longo período de degradação está aumentando em muitos países e

muitos desses compostos podem sofrer degradação em formas mais tóxicas dentro de poucos dias de uso (BOYD, 2000). Pesticidas e fertilizantes aumentam a produtividade da agricultura atendendo a demanda de alimentos que constantemente sofre com a pressão das taxas de crescimento da população mundial, entretanto podem ocasionar danos ao meio ambiente e aos que entram em contato direto com os defensivos durante o seu manejo. Importantes estudos como Anjos, Passavante e Feitosa (2007), foram desenvolvidos na bacia do Botafogo considerado diversos aspectos hidrobiológicos do rio como nutrientes, sólidos dissolvidos, pH, turbidez, condutividade e dados hidrológicos, entretanto, não foram identificados estudos voltados para a ocorrência de pesticidas nos sedimentos dos corpos hídricos dessa região.

Neste sentido, objetivou-se analisar o aporte de herbicidas em sedimento do riacho Catucá e rios Pilão e Botafogo, principais corpos hídricos da bacia do botafogo no litoral norte de Pernambuco, no intuito de contribuir para futuras revisões nas principais portarias e resoluções que tratam da qualidade ambiental de sedimentos dos corpos hídricos no Brasil como a resolução CONAMA 454/2012.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

O rio Botafogo é formado pela confluência de diversos rios e em sua jusante estão localizados grandes empreendimentos sucroalcooleiros, que são grandes referências na produção de cana-de-açúcar da região. Ao todo, o corpo hídrico formado pelo riacho Catucá e rios Pilão e Botafogo percorre aproximadamente 50 km até o canal de Santa Cruz, onde se localiza o estuário do respectivo rio (CPRH, 2009). O rio segue seu curso para sudeste da nascente até a Barragem do Botafogo atravessando principalmente terrenos do Embasamento Cristalino (MACÊDO et al., 1982; OTSUKA et. al., 2014) .

Amostragem e coleta de água

Para a coleta de água, foram definidas nove estações de coleta ao longo do riacho Catucá e rios Pilão e Botafogo, desde a jusante do reservatório de Botafogo até a foz do rio no canal de Santa Cruz, em uma extensão de cerca de 50 km (Figura 1). Os pontos foram georreferenciados com auxílio de um GPS (Sistema de Posicionamento Global) (Garmin – Etrex H) (Tabela 1), receberam a denominação de pontos A a I. Todas as coletas foram realizadas em período de baixa-mar, nos períodos de 10/12/2010, 07/01/2011, 21/04/2011, 09/06/2011.

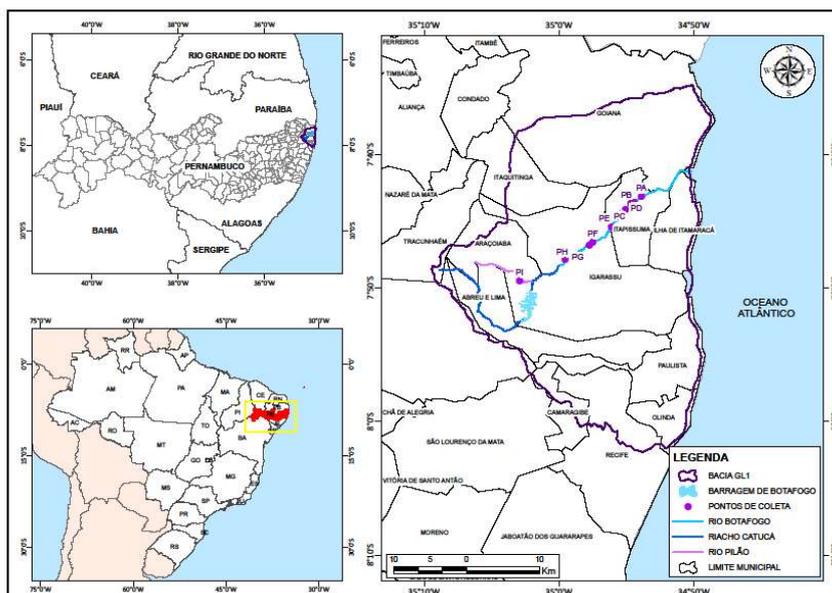


Figura 1. Localização da sub-bacia hidrográfica do Botafogo e extensão dos pontos de coleta, ITEP 2020.

As amostras de água superficial do riacho Catucá e dos rios Pilão e Botafogo foram coletadas em nove pontos a uma profundidade superficial de 10 cm da lâmina d’água. As amostras foram acondicionadas em garrafas de vidro âmbar de capacidade de 4L com tampa rosqueável, previamente descontaminadas com Hexano e Diclorometano graus pesticidas (Merck, EUA). Durante e após o período de coleta as amostras foram mantidas refrigeradas em isopores com gelo até a chegada ao laboratório, onde foram armazenadas em geladeira a uma temperatura de 10 °C.

Tabela 1. Coordenadas geográficas das estações de coleta

Pontos de coleta	Coordenadas		Pontos de coleta	Coordenadas	
PA	07°43’08,6’’S	34°53’55,3’’W	PF	07°46’34,5’’S	34°57’29,8’’W
PB	07°43’37,5’’S	34°54’25,7’’W	PG	07°46’34,6’’S	34°57’29,9’’W
PC	07°43’39,9’’S	34°54’26,2’’W	PH	07°47’55,4’’S	34°59’33,6’’W
PD	07°44’06,9’’S	34°55’05,9’’W	PI	07°49’27,4’’S	35°02’57,0’’W
PE	07°45’25,0’’S	34°56’08,9’’W	-	-	-

Fonte: GPS Garmin – Etrex H.

Extração de agrotóxicos em sedimento

A extração de agrotóxicos em sedimento foi procedida por meio da técnica de extração acelerada por solvente (do inglês: Accelerated Extraction Solvent). Nesse processo, a extração de sedimentos ocorre às temperaturas entre 100 a 200 °C e às pressões entre 1500 e 2000 bar. Para 10g de cada amostra de sedimento, destorroado e seco, foram adicionados 5g de florizil grau HPLC - High Performance Liquid Chromatography (Sigma-Aldrich, EUA) a fim de permitir a purificação e dispersão da amostra.

A amostra foi misturada e transferida para uma célula extratora na base de 100mL de volume, previamente descontaminada com hexano e diclorometano. A base inferior da célula foi lacrada e nela colocada um filtro de celulose. Após a transferência da amostra para a célula, foram adicionados 2mL de solução de

clorpirifós metil ($\pm 0,7\mu\text{g/mL}$) + propoxur ($\pm 0,7\mu\text{g/mL}$), além uma quantidade suficiente de florizil, a qual foi adicionada no topo da célula para preenchimento do vazio existente. A extração ASE foi realizada em um ASE 300 da Dionex com diclorometano/acetona/hexano (30:30:40%, v/v) como solventes de extração a uma temperatura de 100 °C e pressão de 1500 psi. 2mL (dois) do extrato foram reduzidos em volume usando um turbovap® (Caliper, Perkin Elmer, EUA). Após evaporação, foi adicionado 1mL de metanol grau HPLC ao resíduo e transferido para um vial de 1,5 mL com tampa rosqueável. Esse recipiente foi encaminhado para o cromatógrafo (LC-MS/MS) para análise dos agrotóxicos.

Análise Cromatográfica: LC-MS/MS

Para a análise dos níveis de herbicidas na água foi utilizado um cromatógrafo líquido com espectrômetro de massas acoplado (Waters®, séries Allience HT e Quattro Premier, respectivamente). As soluções analíticas de herbicidas (padrões e amostras reais) foram percolados em uma coluna Alltima C18 (5 μm , 150 \times 3,2 mm) sob um fluxo de 0,3 mL.min⁻¹ de fase móvel constituída de formato de amônio de 5 mmol.L⁻¹ em água ultrapura (18,2 M Ω .cm-1) (Fase móvel A) e Metanol Grau HPLC (Fase móvel B) (SILVA, 2011). Possui perfil gradiente entre 0 e 35 minutos com um tempo de 5 minutos entre as amostras injetadas. Cada amostra teve 5 μL injetado numa voltagem do capilar de 1,00 kV, sendo a temperatura da fonte de 110°C, pressão de gás de colisão (AR) = + 3,50 x 10⁻³ mbar e fotomultiplicador de 650V (SILVA, 2011).

RESULTADOS

A metodologia analítica para análise de pesticidas em sedimento permitiu atingir um LOD (Level of Development) de 0,004 e 0,005 mg.kg⁻¹. Sobre a recuperação dos métodos, foram observadas recuperações na faixa de 70,1 a 119,2% atendendo as determinações do SANTE/11813/2017, que preconiza para recuperação de pesticidas após extração em qualquer matriz a faixa de segurança entre 70 – 120%. No perímetro amostrado, em uma faixa de cerca de 50 km da jusante do reservatório do botafogo até as proximidades da foz do rio Botafogo, no canal de Santa Cruz, foi observada em praticamente todas as amostras de sedimento, a presença do herbicida Diuron, em concentrações que variaram no espaço (por ponto amostrado) e tempo (período de dezembro/2010, janeiro/2011, abril/2011 e junho/2011) (Figura 2).

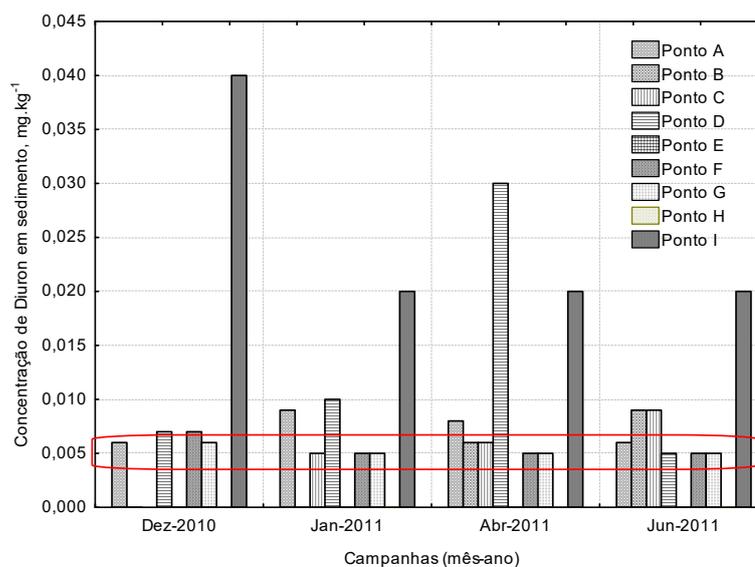


Figura 2. Níveis de Diuron em sedimento.

Observa-se que o composto Diuron não esteve presente nos pontos A e E em todas as campanhas. O mesmo também não esteve presente no ponto C da primeira campanha e no ponto H. Em todos os outros pontos dentre todas as coletas, este é evidenciado em níveis médios de 0,008 mg.kg⁻¹.

DISCUSSÃO

O Diuron [3-(3,4-diclorofenil)-1,1-dimetiluréia] (Figura 3) é um dos herbicidas de maior utilização no controle de plantas daninhas na cultura da cana-de-açúcar. Pertencente ao grupo químico das feniluréias, esse herbicida atua na inibição da fotossíntese pelo bloqueio da produção de oxigênio, resultando finalmente em uma interrupção na transferência de elétrons ao nível do fotossistema II. O Diuron apresenta alta persistência e adsorção ao solo, podendo contaminar solos agrícolas e o ambiente urbano. Na matriz sedimento, o Diuron não está contemplado na resolução CONAMA 454/2012. (RODRIGUES; ALBUQUERQUE JUNIOR, 2021)

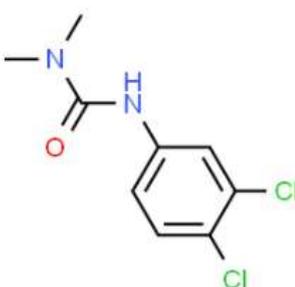


Figura 3: Estrutura Química do Diuron, ChemSpider Search and share chemistry 2022.

O fato dos níveis de Diuron se encontrarem mais constantes nas análises realizadas no sedimento, pode ser explicado pelo fato desse composto nesta matriz ter uma mobilidade menor. Segundo Marques (2005), na bacia hidrográfica do rio Ribeira de Iguape, em São Paulo, verificou a persistência dos agrotóxicos nos corpos hídricos, e também estudou o impacto da utilização de agrotóxicos naquela região. Ainda Marques (2005), observou que alguns agrotóxicos que têm alta mobilidade em água e sedimentos que podem acarretar uma maior dispersão dos compostos perigosos.

O período do presente estudo, coincide com o período de aplicação desse composto (pré-emergente). Santiago e Rossetto (2012) afirmam que a época do plantio de cana-de-açúcar também pode influenciar na diminuição das ervas daninhas e sendo plantada entre os meses de dezembro e março, a planta inicia o seu crescimento nos meados da seca até no início do inverno (onde o seu desenvolvimento se desacelera).

Malato e colaboradores (2002) relatam que esse herbicida é considerado uma substância perigosa e prioritária pela comissão européia. Em contato com a pele ou olhos o Diuron tem causado irritabilidade. Segundo Giacomazzi e Cochet (2004), o Diuron apresenta uma pequena toxicidade para mamíferos, sendo o principalmente teratogênico em altas dosagens em camundongos. A sua toxicidade para os mamíferos de pequeno porte e para a maioria dos invertebrados é pequena, entretanto para certos organismos como os crustáceos, são afetados por concentrações muito baixas. Ainda segundo Giacomazzi e Cochet (2004), relatam que o herbicida possui volatilidade muito baixa, em torno de $2,3 \times 10^{-9}$ mmhg, tem uma meia vida em solo sob condições aeróbicas entre 102 e 134 dias e meia vida em água de 43 dias, com solubilidade em água a um pH 7, de aproximadamente 42 mg.l⁻¹, e um coeficiente de partição (*log K_{ow}*) no valor de 2,84.

Okamura e colaboradores (2003) afirmam que por se tratar de um herbicida que, dependendo das condições do local onde foi inserido, é capaz de ter longa persistência, podendo ser encontrado em acúmulo no sedimento ou coluna d'água. Segundo Giacomazzi e Cochet (2004) explanam que sua degradação na maioria das vezes

ocorre pelo processo da biodegradação por uma série de microrganismos, resultando nos metabólitos, 3,4-diclorofenilurea, 3,4-diclorometilfenilurea e 3,4-dicloroanilina (Figura 4).

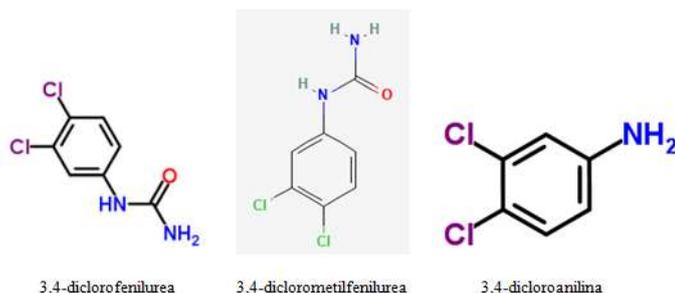


Figura 4: Estrutura Molecular 3,4-diclorofenilurea, 3,4-diclorometilfenilurea e 3,4-dicloroanilina, ChemSpider Search and share chemistry 2022.

A contaminação de corpos hídricos por defensivos agrícolas é muito comum em locais onde a área de preservação permanente não é respeitada. Ao longo de toda a extensão do rio botafogo essa área de preservação não atende a distância permitida pelo Código Florestal (Lei nº 12.727/12) que é de no mínimo 30 metros, para os cursos d'água de menos de 10 metros de largura (praticamente metade da extensão dos corpos hídricos da bacia) e 50 metros para os cursos d'água que tenham de 10 a 50 metros de largura (trecho dos corpos hídricos próximo ao canal de Santa Cruz) (RODRIGUES; ALBUQUERQUE JUNIOR, 2021).

CONCLUSÃO

Por ser considerada uma região de intensa atividade agrícola e de grande contribuição econômica ao estado de Pernambuco, a bacia do botafogo foi selecionada como núcleo temático da pesquisa. Foi observado que na região não existem variações de cultivo agrícola como também atividade urbana, a cana-de-açúcar impera como a principal atividade econômica inserida na bacia do botafogo.

A agricultura é o principal fator impactante na qualidade ambiental, isso porque, mesmo em áreas mais afastadas das plantações foi observada a presença do herbicida Diuron no sedimento, sendo este composto comumente utilizado em culturas de cana-de-açúcar. A avaliação da contaminação na bacia torna-se um importante instrumento que contribui não só para a avaliação da qualidade ambiental da região como no entendimento da dinâmica e no fluxo dos químicos introduzidos nesse ecossistema. Um estudo de impacto ambiental numa bacia hidrográfica influencia positivamente na forma de manejo e recuperação do ambiente impactado. Além de compreender os possíveis danos causados nas comunidades fitoplanctônicas e bentônicas da região.

O pesticida Diuron foi detectado em toda a extensão do corpo hídrico e possui considerável toxicidade para organismos aquáticos. O fato do herbicida não se encontrar contemplado na legislação brasileira na resolução CONAMA 454/2012 e em outras legislações importantes como US-EPA, OMS E CANADÁ/ SEDIMENT QUALITY, não significa que o ambiente não esteja sendo impactado pela presença desse agrotóxico. São necessárias ainda avaliações voltadas para a infauna e animais aquáticos da bacia do botafogo, para um estudo mais detalhado do impacto causado pela utilização do herbicida, numa possível contaminação no ciclo da cadeia alimentar.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Instituto de tecnologia de Pernambuco (ITEP), por ceder parte de seu parque tecnológico como forma de incentivo à pesquisa.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA - ANVISA. **Regulamentação. Anvisa aprova novo marco regulatório para agrotóxicos.** Brasília, DF. 2019, 16 p.

ANJOS, D. L. Dos; PASSAVANTE, J. Z. de O.; FEITOSA, F. A. do N. **Biomassa fitoplanctônica como ferramenta para determinação da qualidade da água dos estuários de Pernambuco (BRASIL).** In: CONGRESSO DE ECOLOGIA DO BRASIL, Minas Gerais. Sociedade de Ecologia do Brazil. n.8. 2007.

BENEVIDES, J. A. J.; MARINHO, G. Degradação De Pesticidas Por Fungos - Uma Revisão. **Holos**, v. 2, p. 110, 2015.

BOYD, C. E. **Manejo da qualidade de água na aquicultura e no cultivo do camarão marinho.** Associação brasileira de criadores de camarão. 1º. ed. Recife, 2000, 88 p.

BOYD, C.E. **Bottom soils, sediment, and pond aquaculture.** New York: Chapman and Hall, v.1, 1995. 348 p.

BOYD, C.E.; TUCKER, C. S. **Pond aquaculture water quality management.** Boston: Kluwer Academic Publishers, 1º Ed. 1998. 700 p.

BRASIL. (2017). Portaria Consolidação nº 5 de 28 de setembro de 2017 b. Consolidação das normas sobre as ações e os serviços de saúde do Sistema Único de Saúde. Anexo XX - Do controle e da vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de Potabilidade. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF. 825p.

BRASIL. Conselho Nacional de Meio Ambiente. Resolução CONAMA nº 454, de 01 de novembro de 2012. Estabelece as diretrizes gerais e os procedimentos mínimos para a avaliação do material a ser dragado em águas jurisdicionais brasileiras, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, Edição nº 88 de 01/11/2012.

BRASIL. Conselho Nacional de Meio Ambiente. Resolução CONAMA nº 454, de 01 de novembro de 2012. Estabelece as diretrizes gerais e os procedimentos mínimos para a avaliação do material a ser dragado em águas jurisdicionais brasileiras, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, Edição nº 88 de 01/11/2012.

BRASIL. Lei nº 12.727, de 17 de outubro de 2012. Altera a Lei no 12.651, de 25 de maio de 2012, que dispõe sobre a proteção da vegetação nativa. **Diário Oficial da União** - República Federativa do Brasil. Brasília, DF, 18 out. 2012.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Ibama. **Relatórios de comercialização de agrotóxicos - Produção e Comércio de Agrotóxicos por Ingredientes Ativos.** Boletim anual 2019. 42 p.

CONAB, **Acompanhamento da safra brasileira Cana-de-Açúcar**, Boletim Cana, 2011. 63 p.

CPRH – Governo do Estado de Pernambuco, Diagnóstico Socioambiental – Litoral Norte de Pernambuco. Recursos Hídricos Superficiais. **Séries Publicações Técnicas**, n. 6, p.54, 2014.

GIACOMAZZI S.; COCHET N. Environmental impact of Diuron transformation: a review. **Chemosphere**, v. 56, p. 1021-1032, 2004.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE) – Indicadores de desenvolvimento sustentável. **Estudos e Pesquisa – Introdução a Geografia**. n. 8, p. 152-154, 2012.

MACÊDO, S. J. de, MELO, H. N. S.; COSTA, K. M. P. da, 1982, Estudo ecológico da Região de Itamaracá. Pernambuco, Brasil. XXXIII. Condições hidrológicas do estuário do rio Botafogo. **Tropical Oceanography**, v.17, p.81-122, 1982.

MALATO S.; BLANCO J.; CACERES J.; FERNANDEZ-ALBA A. R.; AGUERA A., RODRIGUEZ A. Photocatalytic treatment of water-soluble pesticides by photo-Fenton and TiO₂ using solar energy. **Catalysis Today**, v.76, p.209-220, 2002.

MARQUES, E.J.; LIMA, R.O.R.; VILAS Boas, A.M.; PEREIRA, C.E.F. Controle biológico da cigarrinha da folha *Mahanarva posticata* (Stal) (Hemiptera: Cercopidae) em cana-de-açúcar nos Estados de Pernambuco, Paraíba e Rio Grande do Norte. In: Mendonça, A.F. (Ed.) Cigarrinhas da Cana-de-açúcar: controle biológico. Maceió. **Insecta**. p.295-301, 2005.

OKAMURA H.; AOYAMA I.; ONO Y.; NISHIDA T. Antifouling herbicides in the coastal waters of western Japan. **Marine Pollution Bulletin**, v. 47, p. 59-67, 2003.

OTSUKA, A. Y., FEITOSA, F. A. DO N., FLORES MONTES, M. DE J., HONORATO DA SILVA, M., TRAVASSOS, R. K.. Condições ambientais do estuário do rio Botafogo (Itamaracá-Pernambuco-Brasil): clorofila a e algumas variáveis ambientais. **Tropical Oceanography**, v. 42, p. 111–127, 2014.

RODRIGUES, H.O.S.; ALBUQUERQUE JUNIOR, E.C. Incidência de Diuron em corpos hídricos de área de atividade sucroalcooleira na bacia do botafogo, litoral norte de Pernambuco. **Revista de Biotecnologia & Ciência**, v.10, n.2, p.29-37, 2021.

SANTIAGO, A. D.; ROSSETTO, R. **Plantio da cana-de-açúcar**. Ageitec - Agência Embrapa de Informação Tecnológica, 2005. 8 p.

SINDICATO DA INDÚSTRIA DO AÇÚCAR E DO ÁLCOOL NO ESTADO DE ALAGOAS. **Aposta na retomada no crescimento do setor**, 2009. Disponível em:<<http://www.sindacucaral.com.br/relacao-das-usinas/>>. Acesso em: 18 Nov. 2021.

WESSELS, JS; VAN DER VEEN, R. The action of some derivatives of phenylurethan and of 3-phenyl-1, 1-dimethylurea on the hill reaction. **Biochimica et Biophysica Acta.**; v.19, p.548-549, 1956.