

As Ciências Exatas e da Terra no Século XXI

**Alan Mario Zuffo
Jorge González Aguilera
(Organizadores)**

Alan Mario Zuffo
Jorge González Aguilera
(Organizadores)

As Ciências Exatas e da Terra no Século XXI

Atena Editora
2019

2019 by Atena Editora
Copyright © Atena Editora
Copyright do Texto © 2019 Os Autores
Copyright da Edição © 2019 Atena Editora
Editora Executiva: Profª Drª Antonella Carvalho de
Oliveira Diagramação: Lorena Prestes
Edição de Arte: Lorena Prestes
Revisão: Os Autores

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores. Permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Conselho Editorial

Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionale delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Profª Drª Juliane Sant’Ana Bento – Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Ciências Agrárias e Multidisciplinar

Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

Ciências Biológicas e da Saúde

Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás
Prof.^a Dr.^a Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof.^a Dr.^a Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof.^a Dr.^a Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof.^a Dr.^a Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof.^a Dr.^a Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Prof.^a Dr.^a Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Conselho Técnico Científico

Prof. Msc. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo
Prof.^a Dr.^a Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
Prof. Msc. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof.^a Msc. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia
Prof. Msc. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista
Prof. Msc. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão
Prof.^a Msc. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal
Prof. Msc. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)	
C569	As ciências exatas e da terra no século XXI [recurso eletrônico] / Organizadores Alan Mario Zuffo, Jorge González Aguilera. – Ponta Grossa (PR): Atena Editora, 2019. Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia ISBN 978-85-7247-351-4 DOI 10.22533/at.ed.514192405 1. Ciências exatas e da terra – Pesquisa – Brasil. I. Zuffo, Alan Mario. II. Aguilera, Jorge González. CDD 507
Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422	

Atena Editora
Ponta Grossa – Paraná - Brasil
www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br

APRESENTAÇÃO

A obra “As Ciências Exatas e da Terra no Século XXI” aborda uma publicação da Atena Editora, apresenta, em seus 18 capítulos, conhecimentos tecnológicos aplicados às Ciências Exatas.

Este volume dedicado à Ciência Exatas traz uma variedade de artigos alinhados com a produção de conhecimento na área de Matemática, ao tratar de temas como aritmética multidimensional RDM, a teoria da complexidade no estudo de atividade cerebral e o ensino da matemática e sua contribuição no desenvolvimento da consciência ambiental de estudantes. Na área da Mecânica traz trabalhos relacionados com uso do sensor de vibração piezo e a placa BlackBoard V1.0, como ferramenta para avaliar a conservação de casas e prédios qualificados como históricos ou com valor cultural à sociedade. Estudos de adição de nanotubos de carbono no concreto convencional também são abordados. Na área de Agronomia são abordados temas inovadores como a identificação de doenças com técnicas de visão computacional, emprego da técnica de espectroscopia e a calibração por regressão linear múltipla na determinação de misturas com óleos vegetais de oliva, entre outros temas.

Aos autores dos diversos capítulos, pela dedicação e esforços sem limites, que viabilizaram esta obra que retrata os recentes avanços científicos e tecnológicos nas Ciências Exatas, os agradecimentos dos Organizadores e da Atena Editora. Por fim, esperamos que este livro possa colaborar e instigar mais estudantes e pesquisadores na constante busca de novas tecnologias para a área da Física, Matemática, Mecânica e na Agronomia e, assim, contribuir na procura de novas pesquisas e tecnologias que possam solucionar os problemas que enfrentamos no dia a dia.

Alan Mario Zuffo
Jorge González Aguilera

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
ANÁLISE NUMÉRICA DOS DIFERENTES PROCESSOS DA MULTIPLICAÇÃO INTERVALAR	
Alice Fonseca Finger	
Aline Brum Loreto	
Dirceu Antonio Maraschin Junior	
Lucas Mendes Tortelli	
DOI 10.22533/at.ed.5141924051	
CAPÍTULO 2	10
APLICAÇÃO DA TEORIA DA COMPLEXIDADE AO ESTUDO DE ATIVIDADE CEREBRAL REGISTRADA EM DADOS DE EEG (ELETROENCEFALOGRAMA)	
Sanielen Colombo	
Eduardo Augusto Campos Curvo	
DOI 10.22533/at.ed.5141924052	
CAPÍTULO 3	24
APRIMORAMENTO DO BANCO DE METABÓLITOS SECUNDÁRIOS PARA AUXÍLIO NA BIOPROSPECÇÃO DIRECIONADOS A ESTUDOS QUIMIOTAXONÔMICOS E DE TRIAGEM VIRTUAL DE ESTRUTURAS COM POTENCIAL ATIVIDADE ANTIPROTOZOÁRIA	
Bianca Guerra Tavares	
DOI 10.22533/at.ed.5141924053	
CAPÍTULO 4	29
AVALIAÇÃO PRELIMINAR DO RISCO DE CONTAMINAÇÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS POR PESTICIDAS UTILIZADOS NO CULTIVO DA SOJA EM TRÊS MUNICÍPIOS DA REGIÃO OESTE DO PARÁ	
Joseph Simões Ribeiro	
Alessandra de Sousa Silva	
Ronison Santos da Cruz	
Bianca Larissa de Mesquita Sousa	
Ruy Bessa Lopes	
DOI 10.22533/at.ed.5141924054	
CAPÍTULO 5	36
DANOS OCASIONADOS EM RESIDÊNCIAS HISTÓRICAS POR VIBRAÇÕES	
Jussiléa Gurjão de Figueiredo	
Louise Aimeé Reis Guimarães	
Ylan Dahan Benoliel Silva	
DOI 10.22533/at.ed.5141924055	
CAPÍTULO 6	44
DETERMINAÇÃO DA COMPOSIÇÃO CENTESIMAL DA PLANTA ALIMENTÍCIA NÃO CONVENCIONAL (PANC) ORA-PRO-NÓBIS PARA O DESENVOLVIMENTO DE UMA RAÇÃO ENRIQUECIDA COM <i>Tenebrio molitor</i> PARA GALINÁCEOS	
Gabriel José de Almeida	
Jorge Luís Costa	
Maira Akemi Casagrande Yamato	
Mariana Souza Santos	
Vitoria Rodilha Leão	
DOI 10.22533/at.ed.5141924056	

CAPÍTULO 7	57
DUAS PARTÍCULAS NUM BILHAR QUÂNTICO	
Pedro Chebensi Júnior	
Hércules Alves de Oliveira Junior	
DOI 10.22533/at.ed.5141924057	
CAPÍTULO 8	64
ELABORAÇÃO DE ATLAS AMBIENTAL DIGITAL PARA A MICRORREGIÃO DE FOZ DO IGUAÇU/PR	
Vinícius Fernandes de Oliveira	
Samuel Fernando Adami	
Giovana Secretti Vendruscolo	
DOI 10.22533/at.ed.5141924058	
CAPÍTULO 9	72
ESTUDO DO AQUECIMENTO DE UM <i>RASPBERRY PI 3</i> EM MANIPULAÇÃO DE IMAGEM E IMPLEMENTAÇÃO DE SISTEMA TÉRMICO	
Daniel Rodrigues Ferraz Izario	
Yuzo Iano	
Bruno Rodrigues Ferraz Izario	
Carlos Nazareth Motta Marins	
DOI 10.22533/at.ed.5141924059	
CAPÍTULO 10	83
ESTUDO LABORATORIAL DE PROPRIEDADES MECÂNICAS E DE FLUIDEZ A PARTIR DA ADIÇÃO DE NANOTUBOS DE CARBONO NO CONCRETO CONVENCIONAL	
Késsio Raylen Jerônimo Monteiro	
Pedro Bonfim Segobia	
Peter Ruiz Paredes	
Simone Ribeiro Lopes	
DOI 10.22533/at.ed.51419240510	
CAPÍTULO 11	95
EVOLUÇÃO DA COMPUTAÇÃO AUTONÔMICA E ADOÇÃO DO MODELO MAPE-K: UMA PESQUISA BIBLIOGRÁFICA	
Rosana Cordovil da Silva	
Renato José Sassi	
DOI 10.22533/at.ed.51419240511	
CAPÍTULO 12	109
FLUXO DE ATAQUE DPA/DEMA BASEADO NA ENERGIA DE TRAÇOS PARA NEUTRALIZAR CONTRAMEDIDAS TEMPORAIS NAS ARQUITETURAS GALS4	
Rodrigo Nuevo Lellis	
Rafael Iankowski Soares	
Vitor Gonçalves de Lima	
DOI 10.22533/at.ed.51419240512	
CAPÍTULO 13	115
O ENSINO DA MATEMÁTICA E SUA CONTRIBUIÇÃO PARA O DESENVOLVIMENTO DA CONSCIÊNCIA AMBIENTAL DOS ESTUDANTES DA EDUCAÇÃO BÁSICA	
Cláudio Cristiano Liell	
Arno Bayer	
DOI 10.22533/at.ed.51419240513	

CAPÍTULO 14	130
OS DESAFIOS ENFRENTADOS PELA COMUNIDADE ESCOLAR AO LIDAR COM ALUNOS COM TDAH EM PEDRO LEOPOLDO/MG	
Aurea Helena Costa Melo	
DOI 10.22533/at.ed.51419240514	
CAPÍTULO 15	143
PDI SOFTWARE: IDENTIFICAÇÃO DE FERRUGEM EM FOLHAS DE SOJA COM TÉCNICAS DE VISÃO COMPUTACIONAL	
Hortência Lima Gonçalves Gabriel Rodrigues Pereira Rocha George Oliveira Barros Cássio Jardim Tavares	
DOI 10.22533/at.ed.51419240515	
CAPÍTULO 16	148
PERCEÇÃO DA GESTÃO GEOLÓGICA E AMBIENTAL NA PREFEITURA DE SANTA CRUZ DO SUL, RIO GRANDE DO SUL	
Cândida Regina Müller Thays França Afonso Luciano Marquette Verônica Regina de Almeida Vieira Luis Eduardo Silveira da Mota Novaes Leandro Fagundes	
DOI 10.22533/at.ed.51419240516	
CAPÍTULO 17	154
PROCESSAMENTO DE IMAGENS PARA A DETECÇÃO DE PLACAS VEICULARES NO CONTROLE DE ACESSO EM ÁREAS RESTRITAS	
Yan Patrick de Moraes Pantoja Bruno Yusuke Kitabayashi Rafael Fogarolli Vieira Raiff Smith Said	
DOI 10.22533/at.ed.51419240517	
CAPÍTULO 18	163
DO PROPOSTA DE ARQUITETURA DE REDE NEURAL CONVOLUCIONAL INTERVALAR PARA O PROCESSAMENTO DE IMAGENS INTERVALARES	
Ivana P. Steim Lucas M. Tortelli Marilton S. Aguiar Aline B. Loreto	
DOI 10.22533/at.ed.51419240518	
CAPÍTULO 19	173
QUANTIFICAÇÃO DE AZEITE DE OLIVA EM MISTURAS COM ÓLEOS VEGETAIS UTILIZANDO FTIR E CALIBRAÇÃO POR REGRESSÃO LINEAR MÚLTIPLA	
Lucas Wahl da Silva Clayton Antunes Martin	
DOI 10.22533/at.ed.51419240519	
CAPÍTULO 20	177
QUANTIFICAÇÃO DE PARTÍCULAS POR ESPALHAMENTO DE LUZ E DETERMINAÇÃO DA COR	

DE ÁGUAS

David Antonio Brum Siepmann
Ricardo Schneider
Alberto Yoshihiro Nakano
Paulo Afonso Gaspar
Antonio Cesar Godoy
Felipe Walter Dafico Pfrimer

DOI 10.22533/at.ed.51419240520

CAPÍTULO 21 193

AVALIAÇÃO DO COMPORTAMENTO DE MUROS DE GRAVIDADE CONSTRUÍDO COM
SOLO-PNEUS

Guilherme Faria Souza Mussi de Andrade
Daniel Silva Lopez
Bruno Teixeira Lima
Ana Cristina Castro Fontenla Sieira
Alberto de Sampaio Ferraz Jardim Sayão

DOI 10.22533/at.ed.51419240521

SOBRE OS ORGANIZADORES..... 208

AVALIAÇÃO PRELIMINAR DO RISCO DE CONTAMINAÇÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS POR PESTICIDAS UTILIZADOS NO CULTIVO DA SOJA EM TRÊS MUNICÍPIOS DA REGIÃO OESTE DO PARÁ

Joseph Simões Ribeiro

Universidade Federal do Oeste do Pará
Santarém - PA

Alessandra de Sousa Silva

Universidade Federal do Oeste do Pará
Santarém - PA

Ronison Santos da Cruz

Universidade Federal do Oeste do Pará
Santarém - PA

Bianca Larissa de Mesquita Sousa

Universidade Federal do Oeste do Pará
Santarém - PA

Ruy Bessa Lopes

Universidade Federal do Oeste do Pará, Instituto
de Ciência e Tecnologia das Águas
Santarém - PA

RESUMO: A agricultura nos últimos 10 anos tem avançado muito na Região Oeste do Pará, mais precisamente em três cidades, Santarém, Belterra e Mojuí dos campos, e produzem 11% da produção de soja do Estado e, por consequência causa o aumento no uso de pesticidas. O uso intensivo desses compostos provoca a contaminação dos recursos hídricos, neste sentido os modelos matemáticos de previsão tornam-se ferramentas complementares na avaliação de possíveis passivos ambientais. Com objetivo de avaliar esses danos foram selecionados cinco pesticidas mais utilizados

na cultura da soja, pretendendo-se apontar seus riscos potenciais através de modelos matemáticos, sendo estes o índice de GUS, LEACH e o software SCI-GROW. Os produtos avaliados foram, Roundup original (Glifosato), Cyprtrin 250 CE (Cipermetrina), Dimilin (Teflubenzuron), Lorsban (Clorpirifos), Lannate (Metomil). Dentre as moléculas estudadas o metomil foi o que apresentou maior potencial de contaminação, tanto para os recursos hídricos superficiais quanto subterrâneos em todos os modelos analisados. Enquanto Glifosato, Cipermetrina, Teflubenzuron, Clorpirifos apresentaram pouca mobilidade e baixa possibilidade de contaminação de aquíferos. Para o SCI-GROW, apenas Glifosato e Clorpirifós apresentaram resíduos na água subterrâneas em concentrações de 117 e 0,109 $\mu\text{g.L}$ respectivamente. Para o índice de LEACH o Glifosato e Teflubenzuron apresentaram alto risco de contaminação de águas superficiais, Cipermetrina e Clorpirifós baixo risco. A identificação do potencial contaminante dos pesticidas, servem de base para o planejamento e execução de programas de monitoramento dos recursos hídricos e avaliação de impactos ambientais sendo uma ferramenta eficiente e de baixo custo.

PALAVRAS-CHAVE: Simulação; modelos matemáticos; contaminação hídrica

ABSTRACT: Agriculture in the last 10 years has advanced a lot in the Western Region of Pará, more precisely in three cities, Santarém, Belterra and Mojuí in the fields, and produce 11% of state soybean production and, consequently, causes an increase in the use of pesticides. The intensive use of these compounds causes the contamination of water resources, in this sense the mathematical models of forecasting become complementary tools in the evaluation of possible environmental liabilities. In order to evaluate these damages, five pesticides were most frequently used in the soybean crop, aiming at identifying their potential risks through mathematical models, such as GUS, LEACH and SCI-GROW software. The products evaluated were Original Roundup (Glyphosate), Cyprtrin 250 CE (Cypermethrin), Dimilin (Teflubenzuron), Lorsban (Chlorpyrifos), Lannate (Methomyl). Among the molecules studied, methomyl presented the highest contamination potential, both for surface and underground water resources in all the analyzed models. While Glyphosate, Cypermethrin, Teflubenzuron, Chlorpyrifos presented little mobility and low possibility of contamination of aquifers. For SCI-GROW, only Glyphosate and Chlorpyrifos presented residues in the groundwater in concentrations of 117 and 0.109 µg/L respectively. For the LEACH index, Glyphosate and Teflubenzuron presented high risk of contamination of superficial waters, Cipermetrina and Chlorpyrifos low risk. Identification of the potential contaminants of pesticides serve as the basis for the planning and execution of water resources monitoring programs and environmental impact assessment being an efficient and low-cost tool.

KEYWORDS: Simulation; mathematical models; water contamination

INTRODUÇÃO

Atualmente, a agricultura é o setor de destaque da economia brasileira e, utiliza grandes quantidades de insumos como os pesticidas no combate de pragas da colheita (CABRERA et al., 2008). Desde 2008, o Brasil ocupa o lugar de maior consumidor de pesticidas do mundo, sendo que os principais produtos usados comercialmente nas lavouras são das classes inseticidas e herbicidas.

No Estado do Pará, mais precisamente na Região Oeste, nos últimos 10 anos as atividades agrícolas têm avançado muito principalmente em três cidades, Santarém, Belterra e Mojuí dos campos, estas produzem 11% da soja do Estado, por consequência o aumento no uso de pesticidas nas lavouras (RIBEIRO, 2017). O uso intensivo desses compostos pode acarretar contaminação dos recursos hídricos e possíveis danos à saúde pública. Sendo que apenas 1/3 atinge a população alvo, o restante é dispersado nos compartimentos ambientais como água, e sedimento independentemente da forma como for realizada essa aplicação (CHAIM et al., 1999; LOURENCETTI et al., 2005; RIBEIRO et al., 2007).

Problema ao qual se agrava ainda mais devido os municípios encontrarem-se em uma área com muitos mananciais e sob um dos maiores aquíferos do mundo. De acordo com Alló (2016) o aquífero Alter do Chão, o qual ocupa uma área de 437,5 mil km². Este aquífero caracteriza-se como tipo misto, com uma parte superior livre com

entre 20 a 50 metros de profundidade e inferior confinada à 430 metros (ALLÓ, 2016), com rochas do tipo sedimentar de argilito e arenito que favorecendo a movimentação dos pesticidas no solo.

Os modelos de predição simplificados como *Groundwater Ubiquity* - GUS, LEACH e *Screening Concentration In GROundWater* - SCI-GROW que com base nas propriedades físico-químicas das moléculas podem predizer sua mobilidade, potencial de contaminação e concentração nas águas subterrânea e superficiais, tornam-se ferramentas complementares de avaliação ambiental e economicamente viáveis para a investigação preliminar do potencial de contaminação dos recursos hídricos, uma vez que a quantificação destes compostos envolve métodos analíticos complexos e caros.

O objetivo principal deste estudo foi a investigação preliminar do potencial de contaminação dos recursos hídricos pelos cinco pesticidas mais utilizados na cultura da soja na em três municípios do Oeste paraense, pretendendo-se apontar seus riscos potenciais.

MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo é composta por três cidades, Belterra, Mojuí dos Campos e Santarém localizadas na região Oeste do Pará. A qual tem se destacado através do avanço da fronteira agrícola no final da década de 90 e início de 2000, com um intenso processo de ocupação do espaço baseado na agricultura mecanizada de grãos principalmente de soja e milho. A produção concentra-se principalmente no município de Mojuí Campos (Figura 1), essas cidades são as principais zonas de produção e escoamento de grãos para exportação na Região Norte do país. Possui uma rede hidrográfica extensa dividida em seis bacias: do Rio Amazonas, do Rio Tapajós, do Rio Arapiuns, dos Rios Moju, Mojuí e Curuá-Una, além de uma grande quantidade de bacias de drenagem em todo seu entorno demonstrando a riqueza da região em recursos hídricos.

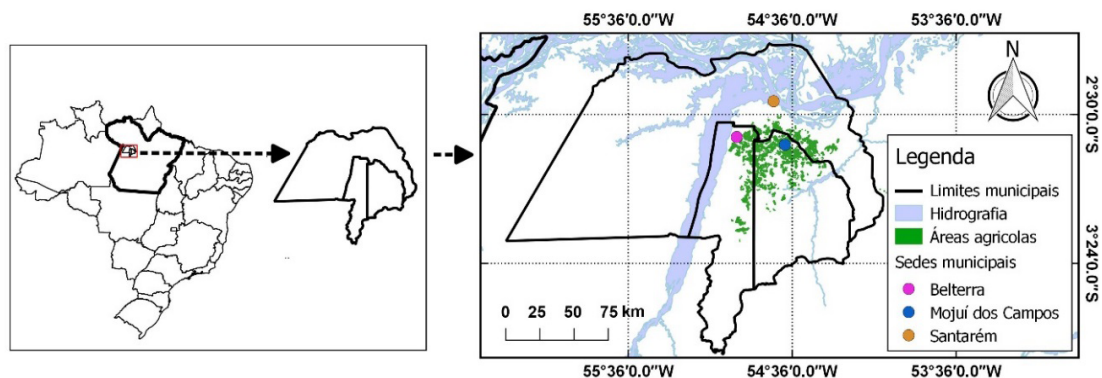


Figura 1. Mapa de localização dos municípios estudados.

LEVANTAMENTO DOS PESTICIDAS

Para obtenção das informações sobre o uso de pesticidas foram analisados os receiptários agrônomicos, emitidos no período de 2013 a 2017 pela ADEPARA - Agência de Defesa Agropecuária do Estado do Pará. Uma segunda abordagem consistiu em consulta a agrônomos, que trabalham na região, combinada a apresentação de uma lista prévia, formatada a partir das informações obtidas junto aos lojistas e a ADEPARA para identificar os 5 pesticidas mais utilizados no cultivo de soja na região. Dos quais foram definidos os produtos, Roundup original (Glifosato), Cyprtrin 250 CE (Cipermetrina), Dimilin (Teflubenzuron), Lorsban (Clorpirifos), Lannate (Metomil). Baseou-se ainda, na quantidade comercializada, relevância na literatura, propriedades físicas e químicas dos referidos compostos.

Modelos matemáticos

Para a avaliação do potencial de contaminação de águas subterrâneas por agrotóxicos, foi utilizado o modelo de predição simplificado *Groundwater Ubiquity Score* ou índice de GUS, que prediz a mobilidade de um composto tóxico infiltrado no solo contaminar águas subterrâneas.

$$GUS = \log_{10}(t_{1/2} \text{ Solo}) \times [4 - \log_{10}(Koc)]$$

Onde $t_{1/2}$ é a meia-vida no solo (dias) e Koc , o coeficiente de partição em carbono orgânico (mL.g⁻¹). De acordo com Dores e De-Lamonica-Freire et al. (2001), uma vez identificado esse índice, os agrotóxicos são classificados de acordo com sua tendência a lixiviação ao domínio subterrâneo, de acordo com os seguintes intervalos (Tabela 1).

Escala de Classificação do Índice de GUS	
$GUS < 1,8$	Não sofre Lixiviação (NL)
$1,8 < GUS \leq 2,8$	Faixa de Transição (T)
$GUS > 2,8$	Lixivante (L)

Tabela 1. Classificação do risco de contaminação da água subterrânea de acordo com o índice de GUS.

O índice de LEACH que descreve a movimentação e o potencial de poluição para águas superficiais.

$$LEACH = (SA \times t_{1/2} \text{ Solo}) / (Pv \times Koc)$$

Onde SA é a solubilidade em água (mg.L^{-1}), Pv é a pressão de vapor (MPa) e Koc coeficiente de adsorção da matéria orgânica (mg.L^{-1}). Sua interpretação dos resultados pode ser observada na Tabela 2.

Escala de Classificação do índice de LEACH	
LEACH <3	Baixo
3 LEACH ≤ 7	Médio
LEACH >7	Alto

Tabela 2. Classificação do risco de contaminação para água superficial de acordo com o índice de LEACH.

Quanto menor o valor de LEACH, menor será o risco de contaminação, seus valores são expressos em escala logarítmica para permitir a comparação com outros índices.

Já o software SCI-GROW estima as concentrações de pesticidas em águas subterrâneas, mas apenas para regiões onde o lençol freático é suscetível à poluição (BARRETT, 1997).

Estes modelos citados utilizam as propriedades físico-químicas das moléculas para prever o potencial de contaminação. Para cada ingrediente ativo foram buscadas as características físicas, químicas e ecotoxicológicas nos bancos de dados especializados como PPDB: *Pesticide Properties Database* (University of Hertfordshire, 2018), *Fate Pointers* (SRC,2018).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para a utilização do SCI-GROW os parâmetros de entrada para o programa foram: nome do princípio ativo, taxa de aplicação (libras por hectare), número de aplicações na cultura por ciclo, onde os dados dos rótulos eram apresentados em litros, sendo necessário convertê-los em libras, Koc e meia vida no solo como visto na Tabela 3.

Composto	Litros (hectare)	Libras (hectare)	Aplicações	Koc (mg.L^{-1})	$t_{1/2}$ solo (dias)
Roundup original (Glifosato)	4	8,82	2	1424	96
Cyprin (Cipermetrina)	0,10	0,22	2	307558	85
Dimilin (Teflubenzuron)	0,14	0,31	2	26062	92
Lorsban (Clorpirifos)	1	2,2	2	5509	175
Lannate (Metomil)	6	13,23	2	72	46

Tabela 3. Parâmetros de entrada para o programa SCI-GROW.

K_{oc} - coeficiente de adsorção à matéria orgânica do solo. **t_{1/2}** - tempo necessário para a degradação por processos químicos ou físicos para que a metade da substância seja removida do ambiente.

Os resultados calculados para o Índice de GUS, LEACH e do programa SCI-GROW podem ser observados na Tabela 3, a qual inclui também dados de risco para águas superficiais e subterrâneas.

Composto	GUS	LEACH	SCI-GROW ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	RASUP	RASUB
Roundup original (Glifosato)	0,32/ NL	9,172	117	A	B
Cyprin 250 CE (Cipermetrina)	-2,3/ NL	2,851	ND	M	B
Dimilin (Teflubenzuron)	-1,15/ NL	7,861	ND	M	B
Lorsban (Clorpirifos)	0,01/ NL	2,989	0,109	B	B
Lannate (Metomil)	3,56/ L	8,836	17,2	A	A

Tabela 4. Risco de contaminação de recursos hídricos de acordo com cada modelo de predição.

NL - Não sofre Lixiviação; **L**- Lixivante. **RASUP** - risco para águas superficiais **RASUB** - risco para águas subterrâneas. **ND** – Não detectado.

De acordo com dados amostrados na Tabela 4 dentre as cinco moléculas estudadas apenas o metomil apresentou grande potencial de contaminação em todos os modelos tanto para os recursos hídricos superficiais quanto subterrâneos, pelo índice de GUS foi classificado como altamente móvel (3,56) e LEACH (8,836) alto risco, sua concentração em águas subterrâneas foi estimada em 17,2 $\mu\text{g.L}$ pelo software SCI-GROW. Enquanto Glifosato, Cipermetrina, Teflubenzuron, Clorpirifos apresentaram pouca mobilidade e baixa possibilidade de contaminação de aquíferos. Sendo que Cipermetrina, Teflubenzuron não apresentaram concentrações estimáveis pelo SCI-GROW, assim sendo não encontrados em águas subterrâneas. Por outro lado para o Glifosato e Clorpirifós foram estimadas concentrações de 117 e 0,109 $\mu\text{g.L}$ respectivamente as quais estão fora dos padrões da Resolução CONAMA N° 357, de 17 de março de 2005 que estipula uma concentração de 65 $\mu\text{g/L}$ para glifosato. Para o índice de LEACH que estima os o potencial de contaminação de águas superficiais, foram apresentados os seguintes resultados, para o Glifosato neste índice foi de 9,172 (Alto risco), Teflubenzuron 7,861 (Alto risco), Cipermetrina 2,851 (Baixo risco), Clorpirifos 2,989 (Baixo risco). Os dados de risco para águas superficiais e subterrâneas foram interpretados com base nas análise dos índices de GUS e LEACH, onde demonstrou que a quatro das cinco substâncias não tem potencial de contaminação do lençol freáticos, mas podem ser lixiviadas para corpos hídricos superficiais e causar grande

contaminação devido seu uso ser muito alto nos períodos de safra da soja.

CONCLUSÃO

Com a identificação do potencial contaminante para cada um dos cinco pesticidas aplicados nas lavouras de soja para os três municípios estudados por meio de modelos matemáticos de predição de risco, estes resultados deverão servir de base preliminar para órgãos ambientais durante o planejamento e execução de programas de monitoramento e avaliação de impactos ambientais, ao qual essas ferramentas demonstraram-se rápidas, eficientes e de baixo custo na avaliação do risco de contaminação dos recursos hídricos.

REFERÊNCIAS

- ALLÓ, L. E. **Conspiração do Aquífero Alter do Chão**. Intrometendo, 2016. Disponível em: <<http://intrometendo.com/conspiracoes/conspiracao-do-aquifero-alter-do-chao>>. Acessado em 14 fev. 2018.
- BARRETT, M. **Initial Tier Screening of Pesticides for Groundwater Concentration Using the SCI-GROW Model**. U.S. Environmental Protection Agency. Washington, D.C. 1997
- CABRERA, L.; COSTA, F.P.; PRIMEL, G. Estimativa de risco de contaminação das águas por pesticidas na região sul do estado do RS. **Quim. Nova**, v. 31, nº. 8, 1982-1986, 2008.
- CHAIN, A. Impacto ambiental de agroquímicos e biopesticidas. **Rev. Bras. Toxicol.**, v. 8, n. 1, p. 9-10, 1995.
- DORES; DE-LAMONICA-FREIRE, E. M. Contaminação do ambiente aquático por pesticidas. Estudo de caso: águas usadas para consumo humano em Primavera do Leste, Mato Grosso – Análise preliminar. **Quim. Nova**, Vol. 24, No. 1, 27-36, 2001.
- LOURENCETTI, C.; SPADOTTO, C. A.; SANTIAGO-SILVA, M.; RIBEIRO, M. L. Avaliação do potencial de contaminação de águas subterrâneas por pesticidas: comparação entre métodos de previsão de lixiviação. Pesticidas: **Revista Ecotoxicologia e Meio Ambiente**, Curitiba, v. 15, p. 1-14, 2005.
- RIBEIRO, J. S. **Simulação da contaminação dos recursos hídricos por pesticidas na lavoura temporária no entorno da BR-163, Santarém, Pará**. 2017. 64 f. TCC (Graduação) - Curso de Bacharelado em Ciências Biológicas, Instituto de Ciência e Tecnologia das Águas - Icta, Universidade Federal do Oeste do Pará, Santarém, 2017.
- RIBEIRO, M. L. et al. Contaminação de águas subterrâneas por pesticidas: avaliação preliminar. **Química Nova**, v. 30, n. 3, p. 688-694, 2007.
- SRC. Fate Pointers, 2018 Disponível em:<<http://esc.syrres.com/fatepointer/search.asp>>. Acessado em 09/02/2018.
- UNIVERSITY OF HERTFORDSHIRE. PPDB: Pesticide Properties Database, 2018. Disponível em: <<https://sitem.herts.ac.uk/aeru/ppdb/en/atoz.htm>>. Acessado em 09/02/2018.

SOBRE OS ORGANIZADORES

JORGE GONZÁLEZ AGUILERA Engenheiro Agrônomo (Instituto Superior de Ciências Agrícolas de Bayamo (ISCA-B) hoje Universidad de Granma (UG)), Especialista em Biotecnologia pela Universidadde Oriente (UO), CUBA (2002), Mestre em Fitotecnia (UFV/2007) e Doutorado em Genética e Melhoramento (UFV/2011). Atualmente, é professor visitante na Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS) no Campus Chapadão do Sul. Têm experiência na área de melhoramento de plantas e aplicação de campos magnéticos na agricultura, com especialização em Biotecnologia Vegetal, atuando principalmente nos seguintes temas: pre-melhoramento, fitotecnia e cultivo de hortaliças, estudo de fontes de resistência para estres abiótico e biótico, marcadores moleculares, associação de características e adaptação e obtenção de vitroplantas. Tem experiência na multiplicação “on farm” de insumos biológicos (fungos em suporte sólido; Trichoderma, Beauveria e Metharrizum, assim como bactérias em suporte líquido) para o controle de doenças e insetos nas lavouras, principalmentede soja, milho e feijão. E-mail para contato: jorge.aguilera@ufms.br

ALAN MARIO ZUFFO Engenheiro Agrônomo (Universidade do Estado de Mato Grosso – UNEMAT/2010), Mestre em Agronomia – Produção Vegetal (Universidade Federal do Piauí –UFPI/2013), Doutor em Agronomia – Produção Vegetal (Universidade Federal deLavras – UFLA/2016). Atualmente, é professor visitante na Universidade Federal doMato Grosso do Sul – UFMS no Campus Chapadão do Sul. Tem experiência naárea de Agronomia – Agricultura, com ênfase em fisiologia das plantas cultivadas e manejo da fertilidade do solo, atuando principalmente nas culturas de soja, milho, feijão, arroz, milheto, sorgo, plantas de cobertura e integração lavoura pecuária. E-mail para contato: alan_zuffo@hotmail.com

Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-85-7247-351-4

