

UNIVERSIDADE DE SANTA CRUZ DO SUL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIA AMBIENTAL – MESTRADO
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO EM GESTÃO E TECNOLOGIA AMBIENTAL

Karla Puntel Rosa

**AVALIAÇÃO ECOTOXICOLÓGICA DE SOLOS NO CULTIVO DE TABACO
COM DIFERENTES MANEJOS AGRÍCOLAS UTILIZANDO *Daphnia magna*
(STRAUS, 1820)**

Santa Cruz do Sul

2022

Karla Puntel Rosa

**AVALIAÇÃO ECOTOXICOLÓGICA DE SOLOS NO CULTIVO DE TABACO
COM DIFERENTES MANEJOS AGRÍCOLAS UTILIZANDO *Daphnia magna*
(STRAUS, 1820)**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Tecnologia Ambiental – Mestrado, Área de Concentração em Gestão e Tecnologia Ambiental, Universidade de Santa Cruz do Sul – UNISC, como requisito parcial para o título de Mestre em Tecnologia Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Andreas Köhler

Coorientador: Prof. Dr. Eduardo Lobo Alcayaga

Santa Cruz do Sul
2022

RESUMO

O tabaco (*Nicotiana tabacum* L., 1753) é cultivado mundialmente para fins comerciais, sendo o Brasil um dos seus maiores produtores e exportadores. Sua produção está concentrada na região Sul, destacando-se o estado do Rio Grande do Sul como o maior produtor brasileiro. Durante as fases de cultivo, pesticidas são usados para maximizar os rendimentos das culturas. Nesse sentido, a ecotoxicologia surge como uma importante ferramenta de monitoramento, que pode ser utilizada para avaliar os impactos desses contaminantes no meio ambiente. Assim, o estudo foi dividido em dois artigos de pesquisa; o primeiro trata de uma revisão bibliométrica cujo objetivo foi avaliar a utilização de testes ecotoxicológicos com a espécie *Daphnia magna* como ferramenta para análise de solo na cultura do tabaco, visando identificar variáveis que possam auxiliar em pesquisas futuras. O segundo é uma pesquisa experimental com ensaios ecotoxicológicos utilizando *D. magna*, realizada em doze fazendas de fumo, nas cidades de Sinimbu e Canguçu, RS, Brasil, em três diferentes manejos de cultivo: cultivo convencional, cultivo semiorgânico e cultivo orgânico, com o objetivo de analisar a toxicidade dos solos na cultura do tabaco. Os resultados indicaram que das 108 amostras analisadas, 95 foram classificadas como “não tóxicas” e as outras 13 classificadas como “pouco tóxicas”. No cultivo convencional, o índice de amostras que apresentam toxicidade foi maior em relação às demais técnicas de manejo utilizadas, pois 15% das amostras do manejo convencional apresentaram nível de toxicidade “pouco tóxico”. Para o cultivo semiorgânico, 9% das amostras foram classificadas como “baixa toxicidade” e nenhuma amostra para cultivo orgânico apresentou toxicidade. *D. magna* é um organismo promissor para uso em análise de solo, dada sua alta sensibilidade e facilidade de manuseio, podendo ser um campo bastante promissor para a realização de estudos com bioensaios ecotoxicológicos. Além disso, com base nos levantamentos bibliográficos realizados com o auxílio da revisão bibliométrica, sugere-se complementar os testes ecotoxicológicos com testes de genotoxicidade, uma vez que detectam alterações no material genético que podem ser reparadas, e que não afetam a viabilidade ou vitalidade do organismo teste, ou seja, capaz de detectar alterações antes mesmo de causar a mortalidade dos espécimes em estudo.

Palavras-chave: toxicidade, pesticidas, biomonitoramento, cultivo de tabaco.

ABSTRACT

Tobacco (*Nicotiana tabacum* L., 1753) is cultivated worldwide for commercial purposes, with Brazil being one of its largest producers and exporters. Its production is concentrated in the South region, highlighting the state of Rio Grande do Sul as the largest Brazilian producer. During the cultivation phases, pesticides are used to maximize crop yields. In this sense, ecotoxicology emerges as an important monitoring tool, which can be used to assess the impacts of these contaminants on the environment. Thus, the study was divided into two research articles; the first deals with a bibliometric review whose objective was to evaluate the use of ecotoxicological tests with the species *Daphnia magna* as a tool for soil analysis in tobacco cultivation, aiming to identify variables that can help in future research. The second is an experimental research with ecotoxicological assays using *D. magna*, carried out in twelve tobacco farms, in the cities of Sinimbu and Canguçu, RS, Brazil, in three different cultivation managements: conventional cultivation, semi-organic cultivation and organic cultivation, with the objective of analyzing the toxicity of soils in tobacco plantation. The results indicated that of the 108 samples analyzed, 95 were classified as “non-toxic” and the other 13 classified as “low toxic”. In conventional cultivation, the rate of samples that present toxicity was higher in relation to the other management techniques used, as 15% of the samples from conventional management showed a "low toxic" level of toxicity. For semi-organic cultivation, 9% of the samples were classified as “low toxic” and no sample for organic cultivation showed toxicity. *D. magna* is a promising organism for use in soil analysis, given its high sensitivity and ease of handling, and may be a very promising field for carrying out studies with ecotoxicological bioassays. In addition, based on the bibliographic surveys carried out with the aid of the bibliometric review, it is suggested to complement the ecotoxicological tests with genotoxicity tests, as they detect alterations in the genetic material that can be repaired, and that do not affect the viability or vitality of the test organism, that is, capable of detecting alterations even before causing the mortality of the specimens under study.

Keywords: toxicity, pesticides, biomonitoring, tobacco production.

LISTA DE FIGURAS

ARTIGO 1:

- Figura 1.** Formato de publicação das pesquisas referente à temática no período de 2001 a 2021, dados coletados das bases de dados *Scopus*, *Science Direct* e *Web of Science*.....26
- Figura 2.** Evolução temporal de publicações no período de 2001 a 2021, dados coletados das bases de dados *Scopus*, *Science Direct* e *Web of Science*.27
- Figura 3.** Relação dos 20 países com maior número de publicações sobre a temática analisada no período de 2001 a 2021, dados coletados das bases de dados *Scopus*, *Science Direct* e *Web of Science*.27
- Figura 4.** Relação dos 15 autores com maior número de publicações sobre a temática analisada no período de 2001 a 2021, dados coletados das bases de dados *Scopus* e *Web of Science*.28
- Figura 5.** Mapa de visualização gerado pelo software VOSviewer sobre ensaios ecotoxicológicos com *Daphnia magna* para análise da qualidade de solos no cultivo de tabaco através das bases de dados *Web of Science*, *Science Direct* e *Scopus*.....30
- Figura 6.** Mapa bibliométrico gerado pelo *software VOSViewer*, baseado na visualização da densidade.....31

ARTIGO 2:

- Figura 1.** Mapa do estado do Rio Grande do Sul com a localização das cidades de Sinimbu e Canguçu..... 40
- Figura 2.** Distribuição dos pontos de coleta de solo na cidade de Sinimbu, RS. Pontos 1, 2 e 4, propriedades de manejo convencional e pontos 3, 5 e 6, propriedades de manejo semiorgânico.....41
- Figura 3.** Distribuição dos pontos de coleta de solo na cidade de Canguçu, RS. Pontos 1, 2 e 3 propriedades de manejo convencional e pontos 4, 5 e 6 propriedades de manejo orgânico...42
- Figura 4.** Representação do organismo *Daphnia magna*.....45
- Figura 5.** Carta controle com a substância de referência Cloreto de Potássio (KCl). Resultados dos testes de sensibilidade para *Daphnia magna*.46
- Figura 6.** Resultados referente a toxicidades das amostras com base no manejo utilizado (convencional, semiorgânico e orgânico).....50
- Figura 7.** Resultados referente a toxicidades das amostras com base no manejo utilizado para a cidade de Canguçu, RS.51

Figura 8. Resultados da toxicidade aguda para as amostras de solo coletadas na cidade de Canguçu, durante o período de outubro de 2020 a janeiro de 2021.	51
Figura 9. Resultados referente a toxicidades das amostras com base no manejo utilizado para a cidade de Sinimbu, RS.....	52
Figure 10. Resultados da toxicidade aguda para as amostras de solo coletadas na cidade de Sinimbu, durante o período de setembro de 2020 a dezembro de 2020.....	52

LISTA DE TABELAS

ARTIGO 1:

Tabela 1. Organização dos termos com base em *clusters* gerados pelo software VOSviewer.32

ARTIGO 2:

Tabela 1. Média para os valores dos dados analíticos referentes às amostras analisadas para o município de Sinimbu, RS, período de 2019 a 2021, pela Central Analítica da Universidade de Santa Cruz do Sul, RS (UNISC).....41

Tabela 2. Média para os valores dos dados analíticos referentes às amostras analisadas para o município de Canguçu, RS, período de 2019 a 2021, pela Central Analítica da Universidade de Santa Cruz do Sul, RS (UNISC).....43

Tabela 3. Relação de insumos utilizados para o cultivo em campo do manejo convencional.44

Tabela 4. Relação de insumos utilizados para o cultivo em campo do manejo semiorgânico (ELI).44

Tabela 5. Relação de insumos utilizados para o cultivo em campo do manejo orgânico.....44

Tabela 6. Representação das coletas realizadas nas cidades de Sinimbu, RS e Canguçu, RS durante os meses de setembro/20 a janeiro/21.47

Tabela 7. Escala de toxicidade relativa para CE(I)50 48h (%) com *Daphnia magna*.....49

Tabela 8. Dados climatológicos Sinimbu, RS..56

Tabela 9. Dados climatológicos Canguçu, RS.56

LISTA DE ABREVIATURAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CE(I)50	Concentração Efetiva Inicial Mediana
ELI	Manejo semiorgânico
ESALQ-USP Paulo	Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz Universidade de São Paulo
FAO	Organização das Nações Unidas para a Agricultura e Alimentação
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ISO	Meio utilizado como água de diluição para os testes
JTI	Japan Tobacco International
M4	Meio de cultivo para manutenção da espécie <i>Daphnia magna</i>
MIP	Manejo Integrado de Pragas
M.O.	Matéria orgânica
NDE	Nível de dano econômico
PCB's	Bifenilas policloradas
RPM	Rotações por minuto
SBCS	Sociedade Brasileira de Ciência do Solo
SINDAG	Sindicato Nacional das Empresas de Aviação Agrícola
SINDIVEG	Sindicato Nacional da Indústria de Produtos para Defesa Vegetal
SINDITABACO	Sindicato Interestadual da Indústria do Tabaco
SMP	Índice para recomendação de calagem

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	11
2. OBJETIVOS.....	12
2.1 Objetivo Geral.....	12
2.2 Objetivos específicos.....	12
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	13
3.1 Cultura do Tabaco.....	13
ARTIGO 1. Ecotoxicologia como ferramenta para a análise de solos no cultivo de tabaco: análise bibliométrica dos últimos 20 anos.....	17
1 INTRODUÇÃO.....	18
Manejos do cultivo de tabaco	19
Qualidade dos solos e o cultivo convencional.....	21
A ecotoxicologia na análise da qualidade de solos.....	23
2 METODOLOGIA.....	24
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	26
Cenário atual em relação às publicações sobre “Ensaio ecotoxicológico com a espécie <i>Daphnia magna</i> para análises de solo no cultivo de tabaco”	26
Mapeamento bibliométrico.....	29
4 CONSIDERAÇÕES FINAIS	33
ARTIGO 2. Avaliação ecotoxicológica dos solos no cultivo de tabaco nos municípios de Sinimbu e Canguçu, RS, Brasil, com diferentes manejos agrícolas, utilizando <i>Daphnia magna</i> (STRAUS, 1820).....	36
1 INTRODUÇÃO.....	37
2 METODOLOGIA.....	39
Caracterização da área de estudo.....	39
Cultivo da espécie <i>Daphnia magna</i>	44
Testes de sensibilidade	46
Coleta e processamento das amostras.....	46
Ensaio de ecotoxicidade.....	48
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	50
Resultados dos testes ecotoxicológicos	50
Resultados climatológicos	55
4 CONSIDERAÇÕES FINAIS	57
REFERÊNCIAS.....	59

1. INTRODUÇÃO

O tabaco (*Nicotiana tabacum* L., 1753) é mundialmente cultivado com fins comerciais, sendo o Brasil o segundo maior produtor e maior exportador da cultura. Sua produção está concentrada na região Sul, destacando-se o estado do Rio Grande do Sul como o maior produtor brasileiro. Diante disso, a cultura apresenta grande importância econômica na região, devido ao seu elevado valor comercial e à capacidade de empregar um grande número de pessoas direta e indiretamente, tanto nas fases de cultivo como no seu beneficiamento.

Desde a produção das mudas até a pós-colheita do tabaco, há um conjunto de patógenos e pragas que atacam a cultura causando tanto perdas na produção, quanto no rendimento e na qualidade do produto, o que gera grande preocupação por parte dos produtores. Durante as etapas do seu cultivo, assim como em outros plantios, é realizado o emprego de agrotóxicos, inseticidas, herbicidas e fertilizantes, com o intuito de maximizar o rendimento das safras e reduzir as consequências ocasionadas por pragas. Nesse sentido, A avaliação ambiental da qualidade dos solos se faz necessário, uma vez que permite analisar um possível impacto ocasionado na qualidade ambiental, que pode vir afetar não só o rendimento da área de cultivo, mas também do ecossistema e recursos naturais adjacentes.

Desse modo, a Ecotoxicologia surge como uma importante ferramenta de biomonitoramento, podendo ser utilizada para avaliar os impactos desses contaminantes no meio ambiente. É voltada para a promoção da sustentabilidade, tendo enfoque no monitoramento ambiental, buscando a preservação e conservação dos ecossistemas.

Desta forma, esta pesquisa foi realizada com produtores agrícolas residentes em duas cidades produtoras de tabaco no estado do Rio Grande do Sul: Sinimbu e Canguçu, objetivando avaliar a toxicidade dos solos no plantio de tabaco, analisando doze propriedades divididas em três diferentes manejos de cultivo: convencional, semiorgânico e orgânico, durante três fases de crescimento do tabaco. Concomitantemente a isso, foi realizado um estudo com base na produção de um artigo de revisão narrativa e bibliometria quantitativa, com o objetivo de avaliar a evolução da aplicação de metodologias para os ensaios ecotoxicológicos nos últimos vinte anos (2001 a 2021), visando identificar variáveis que possam auxiliar em futuras pesquisas.

Ambos os estudos buscam dar aporte a utilização de ferramentas e tecnologias sustentáveis voltadas à agricultura e ao meio ambiente.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Avaliar o potencial impacto de solos no cultivo do tabaco em diferentes manejos agrícolas: cultivo convencional, cultivo de baixo resíduo ou semiorgânico (ELI) e cultivo orgânico, em propriedades rurais nos municípios de Sinimbu e Canguçu, RS, Brasil, através da utilização de bioensaios ecotoxicológicos com *Daphnia magna* (Straus, 1820).

2.2 Objetivos específicos

Determinar a toxicidade dos solos estudados, utilizando *Daphnia magna* como organismo-teste;

Analisar a aplicação de ensaios de toxicidade aguda com o microcrustáceo *Daphnia magna*, como organismo-teste em solos de cultivo de tabaco;

Comparar os índices de toxicidade obtidos na pesquisa, com a literatura existente;

Estabelecer relações entre os índices de toxicidade e os efeitos gerados no solo através dos diferentes manejos realizados para o plantio de tabaco;

Promover dados que auxiliem na biorremediação dos solos em diferentes manejos agrícolas do tabaco (orgânico, semiorgânico e convencional), nas áreas estudadas e em outras áreas que se assemelhem à problemática.

Fornecer subsídios para pesquisas futuras sobre a aplicação da ecotoxicologia como ferramenta de avaliação da qualidade de solos.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A fundamentação teórica que norteia esta pesquisa foi realizada por meio da criação de um artigo científico de revisão sistemática de literatura e revisão bibliométrica, para a construção da fundamentação do estado da arte sobre este campo de pesquisa. Este artigo foi centrado na utilização da ecotoxicologia como ferramenta de avaliação da qualidade ambiental em solos de cultivo de tabaco, sendo apresentado no artigo 1, “Ecotoxicologia como ferramenta para a análise de solos no cultivo de tabaco: análise bibliométrica dos últimos 20 anos”.

3.1 Cultura do Tabaco

O tabaco é um produto agrícola proveniente do processamento das folhas de *Nicotiana tabacum* (L., 1753), Solanaceae, originária da América do Sul, que teve seu consumo amplamente difundido pela cultura indígena, devido sua utilização em tratamentos medicinais e rituais religiosos (HANAFIN; CLANCY, 2015; OLIVEIRA; COSTA, 2012).

A espécie *N. tabacum* se caracteriza como uma espécie anfidiplóide, apresentando diversos conjuntos cromossômicos advindos do processo de hibridação interespecífica entre as espécies *Nicotiana sylvestris* (Speg., 1898) e *Nicotiana tomentosiforme* (Goodspeed, 1954) (HAUSTEIN, 2003; LEWIS; NICHOLSON, 2007). A partir dessa planta são extraídas as folhas que são a matéria-prima para a produção de cigarros, charutos, cigarrilhas, entre outros produtos da indústria fumageira (OLIVEIRA; COSTA, 2012).

A espécie possui ampla disseminação terrestre, uma vez que é facilmente adaptada à ambientes quentes e úmidos, podendo ser encontrada cultivada em praticamente todos os continentes (HANAFIN; CLANCY, 2015).

No Brasil, a fumicultura é uma atividade econômica desenvolvida inicialmente a partir do século XVII, em resposta à demanda europeia pelo consumo do produto que se tornava popular em termos medicinais, mas principalmente recreativos. Neste período, Portugal estava vivenciando uma grande crise econômica e o tabaco brasileiro passou a integrar uma importante fonte de renda para a Coroa portuguesa (NEVES, 2010).

Os estados que detinham a produção de tabaco concentravam-se no nordeste do país, onde a cultura emergiu como um dos produtos de maior exportação do Brasil, ao lado do algodão, açúcar e cana-de-açúcar. Era comercializado sob forma de “rapé”, um pó fino

utilizado para inalação, ou como “fumo de rolo”, torcido e enrolado utilizado para fabricação de cigarros ou mascado (OYUELA-CAYCEDO; KAWA, 2020; NEVES, 2010). Porém, foi no sul do Brasil que o tabaco passou a ter crescente destaque (DUTRA; HILSINGER, 2013).

O tabaco iniciou sua trajetória comercial no sul do país em meados do século XIX com a chegada dos imigrantes ao estado do Rio Grande do Sul. A principal finalidade na vinda de imigrantes à região foi o povoamento do território até então inexplorado, mas estabeleceu aos poucos um novo modo de cultivo, caracterizado por pequenos lotes coloniais, cuja mão de obra era livre, contrastando com a mão de obra escrava utilizada no nordeste do país (NEVES, 2010).

Foi na região sul que a produção de tabacos claros, ideais para a produção de cigarro, ampliou e melhor se adaptou devido às condições ambientais favoráveis da região. Isso fez com que a cultura prosperasse, se tornando a principal atividade econômica local. Com isso, a produção de tabaco do nordeste, passou a ser centralizada na região sul, integrando um dos principais polos produtores de tabaco no mundo (DUTRA; HILSINGER, 2013; NEVES, 2010).

Atualmente, o Brasil é o maior exportador de tabaco e segundo maior produtor da cultura, perdendo a primeira posição para a China. A produção concentra-se principalmente nos estados do sul do Brasil, destacando-se o Rio Grande do Sul como o maior produtor e empregador nas etapas de produção da cultura. São 219 municípios produtores de tabaco envolvendo 73 mil produtores em 131 mil hectares plantados. A produção, conforme a safra de 2020, permeia 280 mil toneladas de tabaco (SINDITABACO, 2021).

O cultivo do tabaco é iniciado com a produção de mudas, sendo esta etapa realizada através da utilização do sistema *float*. Neste sistema são utilizadas bandejas de poliestireno parcialmente submersas em uma lâmina d’água de 8 a 16 centímetros, divididas em pequenas células. Cada célula é preenchida com substrato e sementes peletizadas, e na lâmina de água em que as bandejas estão envoltas são aplicados agrotóxicos, fungicidas e fertilizantes diluídos, de modo que a carga química desses produtos esteja em menor concentração, reduzindo a quantidade de produtos químicos necessários para a produção de mudas de mesma qualidade sob outras condições (OLIVEIRA; COSTA, 2012; NEVES, 2010).

Após transcorrido dois meses, as mudas são transplantadas para a lavoura. Nesta etapa, o solo já está previamente preparado para o plantio, tendo sido lavrado, adubado e preparado o camalhão (elevação de terra que recebe as mudas do tabaco), com a utilização de maquinário ou tração animal (OLIVEIRA; COSTA, 2012). São levadas ao campo apenas as mudas saudáveis,

atentando para algumas orientações de plantio, como o transplante em dias nublados e com umidade no solo, preferencialmente após precipitações e evitando a ocorrência de ventos (NEVES, 2010).

O tabaco é capaz de tolerar uma grande amplitude térmica, desde 5 °C a 42 °C sem danos à qualidade da planta, entretanto, a melhor temperatura para o seu desenvolvimento está na faixa dos 20 a 30 °C. Além da temperatura, fatores ambientais como a falta de chuva (que resulta em estresse hídrico para a planta), fenômenos naturais, como granizo ou chuvas torrenciais e a qualidade do solo para plantio, podem influenciar diretamente no desenvolvimento e na produtividade da cultura (COLLINS, 2011).

Após transcorridos quinze dias do transplante, inicia-se a fase de adubação visando a produtividade e qualidade da planta. Na sequência a esta etapa, realiza-se o desponte e controle dos brotos, utilizando-se produtos reguladores de crescimento vegetal ou de forma manual, dependendo do tipo de manejo utilizado (NEVES, 2010). O controle dos brotos por meio do desponte favorece o desenvolvimento radicular, mantendo uma maior absorção de água e nutrientes, incrementando o peso, a produtividade e qualidade da planta, além de reduzir a população de insetos atraídos pelas inflorescências (COLLINS, 2011). Ainda, conforme o mesmo autor, a adição de fertilizantes na lavoura leva em consideração os nutrientes que foram retirados do solo pela cultura, sendo necessário para o entendimento deste processo a determinação dos parâmetros físico-químicos do solo, como o pH, a disponibilidade de nutrientes e suas deficiências e o conhecimento da toxicidade presente no solo. Esses fatores são influenciados pela disponibilidade de nutrientes presentes, pelas práticas e manejo utilizado na cultura, bem como fatores ambientais que influenciam diretamente o desenvolvimento de qualquer tipo de cultura viabilizada no local.

A colheita se dá em etapas, conforme a maturação das folhas da planta, podendo ser colhido em média de 4 a 5 folhas por pé em cada etapa, dependendo do tipo de variedade cultivada, sua condição nutricional, condições climáticas e a capacidade de cura (secagem) na propriedade. Ela ocorre no sentido das folhas inferiores em direção às apicais (COLLINS, 2011; NEVES, 2010).

Observam-se algumas características indicativas de sua maturação, sendo estas: talo da planta esbranquiçado, perda de sua pilosidade, folhas facilmente destacadas do caule, coloração verde clara e manchas amarronzadas nas folhas. Para o tabaco da variedade Virginia a colheita é feita de folha em folha, já para o tabaco de variedade Burley a colheita é feita pela planta inteira (não passando pelo processo de cura em estufas, já que este ocorre de forma

natural nos galpões) (OLIVEIRA; COSTA, 2012).

Após a colheita, o tabaco passa pelo processo de cura onde é realizada a secagem do mesmo. Ao ser colhida, a folha apresenta um teor de 80 a 90% de água. O restante consiste em sua parte “sólida”, composta sobretudo por hidratos de carbono e compostos bioquímicos presentes na planta (COLLINS, 2011). A cura ocorre em sua maioria dentro de estufas ou em fornos durando cerca de cinco a seis dias sob temperaturas controladas conforme as condições da planta coletada e suas características foliares (exceto para a variedade Burley que ocorre de forma natural dentro dos galpões, em um período de 40 a 45 dias). O processo utiliza como combustível gerador de calor a madeira advinda sobretudo do plantio de espécies exóticas cultivadas com essa única finalidade (NEVES, 2010).

No transcorrer do período de cultivo (inclusive em seu processo de cura e armazenamento) a cultura está suscetível ao ataque de pragas e doenças agrícolas que causam injúrias em termos de quantidade e qualidade do produto. Seu controle pode ser realizado de forma química no cultivo convencional, por meio da utilização de agrotóxicos, herbicidas e fungicidas, ou de forma natural, com a ajuda de técnicas e práticas associadas ao cultivo orgânico.

Os produtos utilizados no cultivo convencional incluem vários grupos de compostos químicos, destacando-se os organoclorados, organofosforados, carbamatos, piretróides e neonicotinóides; e, considerando suas propriedades químicas e persistência no ambiente, podem ser transportados ou acumulados representando um grande problema toxicológico ao meio ambiente (CARVALHO, 2017).

A biodisponibilidade e a permanência dos agrotóxicos no meio abiótico varia conforme as variáveis dos compostos presentes (estrutura, forma molecular), sendo a determinação destes resíduos e seus níveis de concentração essenciais no direcionamento de programas de monitoramento ambiental e para estratégias de controle e remediação (ALVES; OLIVEIRA-SILVA, 2003; BALDISSARELLI et al., 2019). Esta é a razão pela qual estudos vêm sendo desenvolvidos para avaliação da qualidade dos solos, utilizando rotinas de bioensaios com o intuito de compreender os efeitos destes produtos sobre a biota (VAN GESTEL, 2012).

ARTIGO 1. Ecotoxicologia como ferramenta para a análise de solos no cultivo de tabaco: análise bibliométrica dos últimos 20 anos

Karla Puntel Rosa¹, Andreas Köhler², Eduardo A. Lobo².

¹Mestranda do Programa de Pós-graduação em Tecnologia Ambiental - PPGTA, Universidade de Santa Cruz do Sul (UNISC), RS, Brasil (karlapuntelr@gmail.com).

²Professor/Pesquisador do PPGTA/UNISC (andreas@unisc.br) (lobo@unisc.br).

RESUMO

Desde a Revolução Industrial, houve um acentuado acúmulo de substâncias químicas geradas pelas ações humanas, principalmente produtivas e industriais. Com os crescentes problemas envolvendo a qualidade dos recursos naturais, surgiu a necessidade de desenvolver rotinas de bioensaios, como as rotinas aplicadas em testes ecotoxicológicos, a fim de avaliar a capacidade poluidora de contaminantes que possam estar presentes no meio ambiente. Nesse contexto, esta pesquisa teve como objetivo avaliar a evolução da aplicação de metodologias para testes ecotoxicológicos nos últimos vinte anos (2001 a 2021), a fim de identificar variáveis que possam auxiliar em futuras pesquisas sobre contaminantes no meio ambiente, por meio do uso de análise bibliométrica quantitativa nas bases *Scopus*, *Science Direct* e *Web of Science* da CAPES, utilizando o *software* VOSViewer© (versão 1.6.16). As palavras-chave selecionadas foram "Ecotoxicologia"; "Solo"; "*Daphnia magna*"; "*Nicotiana tabacum*" ou "Tabaco". Os resultados indicaram que em todo o mundo há um número considerável de documentos publicados abordando o tema da ecotoxicologia, mostrando que em países como China, Estados Unidos e Índia, o uso de bioensaios como medida de monitoramento da qualidade do solo é um campo de pesquisa consolidado. No Brasil estudos promissores estão sendo desenvolvidos, mas ainda de forma discreta. O mapeamento bibliométrico indicou a ocorrência de quatro clusters, destacando que o item "impacto ambiental" correspondeu ao termo com maior vinculação, servindo como ponto comum para todos os clusters formados. Outros itens que também aparecem com destaque são "metais pesados", "ecotoxicologia", "poluição do solo" e "bioacumulação". *D. magna* é um organismo adequado para uso em análise de solo, dada sua alta sensibilidade e facilidade de manuseio, podendo ser um campo bastante promissor para estudos com bioensaios ecotoxicológicos.

Palavras-chave: Análise de solos, agrotóxicos, bioensaios, toxicidade, *Daphnia magna*, análise bibliométrica.

ABSTRACT

Since the Industrial Revolution, there has been a marked accumulation of chemical substances generated by human actions, mainly productive and industrial. With the growing problems involving the quality of natural resources, the need arose to development bioassay routines, such as the routines applied in ecotoxicological tests, in order to assess the polluting capacity of contaminants that may be present in the environment. In this context, this research aimed to evaluate the evolution of the application of methodologies for ecotoxicological tests in the last

twenty years (2001 to 2021), in order to identify variables that can help in future research on contaminants in the environment, through the use of quantitative bibliometric analysis in the Scopus, Science Direct and Web of Science databases of CAPES, using the software VOSViewer© (version 1.6.16). The selected keywords were "Ecotoxicology"; "Soil"; "*Daphnia magna*"; "*Nicotiana tabacum*" or "Tobacco". The results indicated that around the world there is a considerable number of published documents addressing the topic of ecotoxicology, showing that in countries like China, the United States and India, the use of bioassays as a measure of soil quality monitoring is a consolidate research field. In Brazil promising studies are being developed, but still discreetly. The bibliometric mapping indicated the occurrence of four clusters, highlighting that the item "environmental impact" corresponded to the term with the greatest linkage, serving as a common point for all formed clusters. Other items that also appear prominently are "heavy metals", "ecotoxicology", "soil pollution", and "bioaccumulation". *D. magna* is an organism suitable for use in soil analysis, given its high sensitivity and ease of handling, and may be a very promising field for studies with ecotoxicological bioassays.

Keywords: Soil analysis, agrochemicals, bioassays, toxicity, *Daphnia magna*, bibliometric analysis.

ARTIGO 2. Avaliação ecotoxicológica dos solos no cultivo de tabaco nos municípios de Sinimbu e Canguçu, RS, Brasil, com diferentes manejos agrícolas, utilizando *Daphnia magna* (STRAUS, 1820)

Karla Puntel Rosa¹, Luiza Casarotto de Oliveira², Geani Mohr³, Andreas Köhler⁴, Eduardo A. Lobo⁴.

¹ Mestranda do Programa de Pós-graduação em Tecnologia Ambiental - PPGTA, Universidade de Santa Cruz do Sul (UNISC), RS, Brasil (karlapuntelr@gmail.com).

² Acadêmica do curso de Biomedicina da UNISC (luizac1@mx2.unisc.br).

³ Bacharel em Ciências Biológicas pela UNISC. Mestre em Virologia pela Universidade FEEVALE, RS, Brasil (geanimohr@gmail.com).

⁴ Professor/Pesquisador do PPGTA/UNISC (andreas@unisc.br) (lobo@unisc.br).

RESUMO

O tabaco (*Nicotiana tabacum* L., 1753) é cultivado mundialmente para fins comerciais, sendo o Brasil um dos seus maiores produtores e exportadores. Sua produção está concentrada na região Sul, destacando-se o estado do Rio Grande do Sul como o maior produtor brasileiro. Durante as fases de cultivo, os pesticidas são usados para maximizar os rendimentos das culturas. Portanto, o monitoramento ambiental da qualidade do solo se faz necessário, pois permite a análise de possíveis impactos na qualidade ambiental, o que afeta não apenas a produtividade da área cultivada, mas também todos os ecossistemas e recursos naturais adjacentes. A ecotoxicologia surge como uma importante ferramenta de biomonitoramento que pode ser utilizada para avaliar os impactos desses contaminantes no meio ambiente. Nesse contexto, esta pesquisa teve como objetivo avaliar a toxicidade dos solos em lavouras de tabaco, realizada em doze fazendas de fumo, nos municípios de Sinimbu e Canguçu, RS, Brasil, com três diferentes manejos de cultivo: cultivo convencional, cultivo semiorgânico e cultivo orgânico, em três etapas de cultivo do tabaco. Os resultados indicaram que das 108 amostras analisadas, 95 amostras foram classificadas como “não tóxicas” e as outras 13 amostras classificadas como “pouco tóxicas”. No cultivo convencional a taxa de amostras que apresentam toxicidade foi superior frente aos demais manejos utilizados. Para o município de Canguçu, na agricultura orgânica todas as 27 amostras foram classificadas como “não tóxicas”. Para a agricultura convencional, das 27 amostras, 3 foram classificadas como “levemente tóxicas” e as outras 24 amostras como “não tóxicas”. Para amostras de solo de cultivo convencional em Sinimbu, das 27 amostras analisadas, 22 foram classificadas como “não tóxicas” e as outras 5 como “levemente tóxicas”. Para a cultura semiorgânica, os mesmos resultados foram obtidos, porém, 4 das 5 amostras com “baixa toxicidade” vieram de um campo localizado na mesma propriedade da cultura convencional. Em geral, as amostras testadas não apresentaram toxicidade significativa, com base na comparação com uma escala de toxicidade relativa para EC(I)50 48h (%), sugerindo a complementação de testes ecotoxicológicos com ensaios de genotoxicidade, pois estes permitem detectar alterações no material genético que possa ser reparadas e que não afete a viabilidade ou vitalidade do organismo teste, ou seja, capaz de detectar alterações antes mesmo de causar a mortalidade dos espécimes em estudo.

Palavras-chave: Produção de tabaco, biomonitoramento, ecotoxicidade, genotoxicidade, agricultura sustentável, municípios de Sinimbu e Canguçu, RS, Brasil.

ABSTRACT

Tobacco (*Nicotiana tabacum* L., 1753) is cultivated around the world for commercial purposes, with Brazil being one of its largest producers and exporters. Its production is concentrated in the South region, highlighting the state of Rio Grande do Sul as the largest Brazilian producer. During the cultivation phases, pesticides are used to maximize crop yields. Therefore, the environmental monitoring of soil quality is necessary, as it allows the analysis of possible impacts on environmental quality, which affects not only the productivity of the cultivated area, but also all adjacent ecosystems and natural resources. Ecotoxicology emerges as an important biomonitoring tool that can be used to evaluate the impacts of these contaminants on the environment. In this context, this research aimed to evaluate the toxicity of soils in tobacco plantations, carried out in twelve tobacco farms, in the municipalities of Sinimbu and Canguçu, RS, Brazil, with three different cultivation managements: conventional cultivation, semi-organic cultivation and organic cultivation, in three stages of tobacco cultivation. The results indicated that of the 108 samples analyzed, 95 samples were classified as "non-toxic" and the other 13 samples were classified as "slightly toxic". In conventional cultivation, the rate of samples presenting toxicity was higher than in the other management methods used. For the city of Canguçu, in organic agriculture all 27 samples were classified as "non-toxic". For conventional agriculture, of the 27 samples, three were classified as "slightly toxic" and the other 24 samples as "non-toxic". For soil samples from conventional cultivation in Sinimbu, of the 27 samples analyzed, 22 were classified as "non-toxic" and the other five as "slightly toxic". For the semi-organic crop, the same results were obtained; however, four of the five "low toxic" samples came from a field located on the same property as the conventional crop. In general, the samples tested did not show significant toxicity, based on the comparison with a relative toxicity scale for EC(I)50 48h (%), suggesting the complementation of ecotoxicological tests with genotoxicity assays, as these allow detecting changes in the genetic material that can be repaired, and that do not affect the viability or vitality of the test organism, that is, capable of detecting alterations even before causing the mortality of the specimens under study.

Keywords: Tobacco production, biomonitoring, ecotoxicity, genotoxicity, sustainable agriculture, Sinimbu and Canguçu cities, RS, Brazil.

REFERÊNCIAS

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. ABNT NBR 15469. **Ecotoxicologia aquática - preservação de preparo de amostras**. Rio de Janeiro: ABNT, 2015.

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. ABNT NBR 12713. **Ecotoxicologia aquática — Toxicidade aguda — Método de ensaio com *Daphnia* spp (Crustacea, Cladocera)**. Rio de Janeiro: ABNT, 2016.

ABRANTES, N. et al. Evaluation of the Ecotoxicological Impact of the Pesticide Lasso ® on Non-target Freshwater Species , Through Leaching from Nearby Agricultural Fields , Using Terrestrial Model Ecosystems. **Water Air Soil Pollut**, v. 192, p. 211–220, 2008.

BAYER S.A. **Bula Confidor Supra**. 2020. Disponível em: https://www.adapar.pr.gov.br/sites/adapar/arquivos_restritos/files/documento/2020-10/confidor0920.pdf. Acesso em janeiro 2022a.

SUMITOMO CHEMICAL BRASIL INDÚSTRIA QUÍMICA S.A. **Bula Imidacloprid**. 2020. Disponível em: https://www.adapar.pr.gov.br/sites/adapar/arquivos_restritos/files/documento/2020-10/imidaclopridnufarm700w0920.pdf. Acesso em janeiro 2021.

BASF S.A. **Bula Nomolt ® 150**. 2020. Disponível em: https://www.adapar.pr.gov.br/sites/adapar/arquivos_restritos/files/documento/2021-01/nomolt150.pdf. Acesso em janeiro 2021.

BAYER S.A. **Bula Serenade**. Paraná, 2020. Disponível em: https://www.adapar.pr.gov.br/sites/adapar/arquivos_restritos/files/documento/2020-10/serenade0820.pdf. Acesso em janeiro 2021b.

ALVARENGA, P. et al. Evaluation of chemical and ecotoxicological characteristics of biodegradable organic residues for application to agricultural land. **Environment International**, v. 33, n. 4, p. 505–513, 2007.

ALVES, S. R.; OLIVEIRA-SILVA, J. J. Avaliação de Ambientes Contaminados por Agrotóxicos. p. 137–156. 2003. In: PERES, F., MOREIRA, J. C., (Orgs). **É veneno ou é remédio?: agrotóxicos, saúde e ambiente**. Rio de Janeiro: Editora FIOCRUZ, 2003. 384 p. ISBN 85-7541-031-8. Disponível em: <http://books.scielo.org>. Acesso em janeiro 2022.

AMEEN, A.; RAZA, S. Green Revolution: A Review. **International Journal of Advances in Scientific Research**, v. 3, n. 12, p. 129, 2018.

ANTUNES, S. C. et al. Structural effects of the bioavailable fraction of pesticides in soil: Suitability of elutriate testing. **Journal of Hazardous Materials**, v. 184, n. 1–3, p. 215–225, 2010.

ARAÚJO, R. F.; ALVARENGA, L. A bibliometria na pesquisa científica da pós-graduação brasileira de 1987 a 2007. **Encontros Bibli: revista eletrônica de biblioteconomia e ciência da informação**, v. 16, n. 31, p. 51–70, 2011.

ARYSTA LIFESCIENCE DO BRASIL. **Ficha de Informações de Segurança de Produto Químico Proplant**. 2016. Disponível em: https://br.uplonline.com/download_links/eauSC5TTbMaeS5Cbj93vam1jUw4RqM2Dt9TVAz0B.pdf. Acesso em janeiro 2022.

BACHEGA, T. F. et al. Lixiviação de Sulfentrazone e Amicarbazone em colunas de solo com adição de óleo mineral. **Planta daninha**, v. 2, p. 363–370, 2009.

BALDISSARELLI, D. P. et al. Remediation of soils contaminated by pesticides using physicochemical processes: A brief review. **Planta Daninha**, v. 37, p. 1–13, 2019.

BAUN, A.; JUSTESEN, K. B.; NYHOLM, N. Algal tests with soil suspensions and elutriates: A comparative evaluation for PAH-contaminated soils. **Chemosphere**, v. 46, n. 2, p. 251–258, 2002.

BECKER, E. L. S.; NUNES, M. P. Relevô do Rio Grande do Sul, Brasil, e sua representação em maquete. **Revista Percorso - NEMO**, v. 4, n. 2, p. 113–132, 2012.

BENGTSSON, J.; AHNSTRÖM, J.; WEIBULL, A. C. The effects of organic agriculture on biodiversity and abundance: A meta-analysis. **Journal of Applied Ecology**, v. 42, n. 2, p. 261–269, 2005.

BIANCHI, M. D. O. et al. **Importância de estudos ecotoxicológicos com invertebrados do solo**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2010. 32 p.

BLINOVA, I. et al. Potential hazard of lanthanides and lanthanide-based nanoparticles to aquatic ecosystems: Data gaps, challenges and future research needs derived from bibliometric analysis. **Nanomaterials**, v. 10, n. 2, p. 1 - 19, 2020.

BOETTCHER, R. et al. Carbon Footprint of agricultural production and processing of tobacco (*Nicotiana tabacum*) in southern Brazil. **Environmental Technology and Innovation**, v. 18, n. 5, p. 1 - 9, 2020.

BOLFE, É. L. et al. Uso, ocupação das terras e banco de dados geográficos da metade sul do Rio Grande do Sul. **Ciência Rural**, v. 39, n. 6, p. 1729–1737, 2009.

BORTOLUZZI, E. C. et al. Contaminação de águas superficiais por agrotóxicos em função do uso do solo numa microbacia hidrográfica de Agudo, RS. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 10, n. 4, p. 881–887, 2006.

BRASIL. Ministério da Agricultura. Lei nº 7802, de 11 de julho de 1989. Dispõe sobre a pesquisa, a experimentação, a produção, a embalagem e rotulagem, o transporte, o armazenamento, a comercialização, a propaganda comercial, a utilização, a importação, a exportação, o destino final dos resíduos e embalagens, o registro, a classificação, o controle, a inspeção e a fiscalização, de agrotóxicos, seus componentes, e afins, e dá outras providências. Brasília, DF: Ministério da Agricultura, 1989. Disponível: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/17802.htm. Acesso em novembro de 2021.

CALLEGARI-JACQUES, S. D. **Bioestatística. Princípios e Aplicações**. Porto Alegre: Artmed. 255 p. 2006.

CARVALHO, F. P. Pesticides, environment, and food safety. **Food and Energy Security**, v. 6, n. 2, p. 48–60, 2017.

CARVALHO, L. B. DE. **Plantas Daninhas**. 1. ed. Lages, Santa Catarina: Distribuição pelo autor, 2013.

CELENTE, G. S.; COLARES, G. S.; ARAUJO, P. S.; MACHADO, E. L.; LOBO, E. A. Acute ecotoxicity and genotoxicity assessment of two wastewater. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 27, p. 1 - 7, 2020.

COLARES, G. S. et al. Floating treatment wetlands: A review and bibliometric analysis. **Science of the Total Environment**, v. 714, p. 1 - 17, 2020.

COLLINS, W. K.; HAWKS, S. N. **Fundamentos da produção do tabaco de estufa**. Tradução e versão brasileira: Ernani A. Wess. Santa Cruz do Sul: [s.n]. 2011. 308 p.

BRASIL. Resolução CONAMA N° 420, de 28 de dezembro de 2009. Dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas e estabelece diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por essas substâncias em decorrência de atividades antrópicas. Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente, 2009.

COSTA, C. R. et al. A toxicidade em ambientes aquáticos: Discussão e métodos de avaliação. **Química Nova**, v. 31, n. 7, p. 1820–1830, 2008.

CROWDER, D. W. et al. Organic agriculture promotes evenness and natural pest control. **Nature**, v. 466, n. 7302, p. 109–112, 2010.

DAMÁSIO, J. et al. Identifying major pesticides affecting bivalve species exposed to agricultural pollution using multi-biomarker and multivariate methods. **Ecotoxicology**, v. 19, n. 6, p. 1084–1094, 2010.

DE LEMOS, R. C. et al. Levantamento de reconhecimento dos solos do Rio Grande do Sul. **Boletim Técnico N.º 30**, p. 431, 1973.

DUTRA, É. J.; HILSINGER, R. A Cadeia produtiva do tabaco na região Sul do Brasil: aspectos quantitativos e qualitativos. **Geografia Ensino & Pesquisa**, v. 17, p. 17–33, 2013.

FAO. **Status of the World's Soil Resources (SWSR) – Main Report**. Food and Agriculture Organization of the United Nations and Intergovernmental. Technical Panel on Soils, Rome, Italy. Disponível em: <http://www.fao.org/3/a-i5199e.pdf>. Acesso em novembro de 2021.

FATTAL, E. et al. **Targeted delivery using biodegradable polymeric nanoparticles**. Editora Springer, 2012. 384 p.

FERREIRA-JUNIOR, D. F. et al. Effects of a Thiamethoxam-Based Insecticide on the Life History of *Chironomus xanthus*. **Water, Air, and Soil Pollution**, v. 229, n. 11, 2018.

FONTES, E. M. G.; VALADARES, M. C. **Controle biológico de pragas da agricultura**. 1. ed. Brasília - DF: Embrapa, 2020.

GICHNER, T. et al. Monitoring toxicity, DNA damage, and somatic mutations in tobacco plants growing in soil heavily polluted with polychlorinated biphenyls. **Mutation Research - Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis**, v. 629, n. 1, p. 1–6, 2007.

GOMES, A. R. et al. Review of the ecotoxicological effects of emerging contaminants to soil biota. **Journal of Environmental Science and Health - Part A Toxic/Hazardous Substances and Environmental Engineering**, v. 52, n. 10, p. 992–1007, 2017.

GOMES, S. I. L. et al. Effect of Cu-nanoparticles versus one Cu-salt: Analysis of stress biomarkers response in *Enchytraeus albidus* (Oligochaeta). **Nanotoxicology**, v. 6, n. 2, p. 134–143, 2012.

HAMMER, Ø., HARPER, D. A. T., RYAN, P. D. PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. **Palaeontologia Electronica**. 4(1): 9 p. 2001.

HAMILTON, M. A.; RUSSO, R. C.; THURSTON, R. V. Trimmed Spearman-Kärber Method for Estimating Median Lethal Concentrations in Toxicity Bioassays. **Environmental Science and Technology**, v. 11, n. 7, p. 714–719, 1977.

HANAFIN, J.; CLANCY, L. History of tobacco production and use. **Progress in Respiratory Research**, v. 42, p. 1–18, 2015.

HANSEN, L. R.; ROSLEV, P. Behavioral responses of juvenile *Daphnia magna* after exposure to glyphosate and glyphosate-copper complexes. **Aquatic Toxicology**, v. 179, p. 36–43, 2016.

HAUSER-DAVIS, R. A. et al. The evolution of environmental metalloproteomics over the last 15 years through bibliometric techniques. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 140, n. 12, p. 279–287, 2017.

HAUSTEIN, K. O. Tobacco or Health? Physiological and Social Damages Caused by Tobacco Smoking. **Tobacco Control**, v. 13, p. 207–208, 2003.

HENTATI, O. et al. Phosphogypsum as a soil fertilizer: Ecotoxicity of amended soil and elutriates to bacteria, invertebrates, algae and plants. **Journal of Hazardous Materials**, v. 294, p. 80–89, 2015.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cidades e estados**. 2020. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/rs/sinimbu.html>. Acesso em junho de 2020.

IBRAHIM, M. A. et al. *Bacillus thuringiensis* A genomics and proteomics perspective. **Bioengineered Bugs**, v. 1, n. 1, p. 31–50, 2010.

INCA. Observatory of the National Policy on Tobacco Control. **Produção de fumo e derivados**. 2020. Disponível em: <https://www.inca.gov.br/en/node/1419>. Acesso em janeiro de 2022.

KATSARUWARE, R. D.; GWEMBIRE, J. Float Trays as an Alternative to Methyl Bromide in Tobacco Production in Hurungwe District, Zimbabwe. **Asian Journal of Applied Science and Engineering**, v. 3, n. 2, p. 175–184, 2014.

KLAASSEN, Curtis D.; WATKINS, John B. **Fundamentos em toxicologia de Casarett e Doull**. 2. ed. Porto Alegre: McGraw-Hill, 2012. 460 p.

KNAPIK, L. F. O.; ANDREATTA, M. Avaliação de toxicidade de três substâncias de referência ao microcrustáceo *Daphnia magna*. Paraná, Curitiba: Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). 2013. 69 p. Disponível em: http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/9639/2/CT_COPAM_2012_2_06.pdf. Acesso em janeiro de 2022.

LEMOS, M. F. L.; VAN GESTEL, C. A. M.; SOARES, A. M. V. M. Endocrine disruption in a terrestrial isopod under exposure to bisphenol A and vinclozolin. **Journal of Soils and Sediments**, v. 9, n. 5, p. 492–500, 2009.

LEWIS, R. S.; NICHOLSON, J. S. Aspects of the evolution of *Nicotiana tabacum* L. and the status of the United States *Nicotiana* Germplasm Collection. **Genetic Resources and Crop Evolution**, v. 54, n. 4, p. 727–740, 2007.

LIU, L. et al. Plant coexistence can enhance phytoextraction of cadmium by tobacco (*Nicotiana tabacum* L.) in contaminated soil. **Journal of Environmental Sciences**, v. 23, n. 3, p. 453–460, 2011.

LOBO, E. A., RATHKE, F. B., BRENTANO, D. M. **Ecotoxicologia aplicada: O caso dos produtores e tabaco na Bacia Hidrográfica do Rio Pardinho, RS, Brasil**. p. 41-68. In: ETGES, V. E., FERREIRA, A. F. (Orgs.). *A Produção de Tabaco: Impacto no Ecossistema e na Saúde Humana na Região de Santa Cruz do Sul, RS, Brasil*. Santa Cruz do Sul: EDUNISC. 2006.

LOPES, N. P. et al. Influência da matéria orgânica na adsorção do fungicida triadimenol pelo solo. **Química Nova**, v. 25, n. 4, p. 544–547, 2002.

LORINI, I. et al. **Manejo Integrado de Pragas de Grãos e Sementes Armazenadas**. Brasília, DF : Embrapa, 2015. 84 p.

MA, L. et al. Biological control tobacco bacterial wilt and black shank and root colonization by bio-organic fertilizer containing bacterium *Pseudomonas aeruginosa* NXHG29. **Applied Soil Ecology**, v. 129, n. 2, p. 136–144, 2018.

MARCHI, G.; MARCHI, E. C. S.; GUIMARÃES, T. G. **Herbicidas: mecanismos de ação e uso**. 1 ed. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2008. 36 p.

MARICONI, F. DE A. Manejo integrado de pragas: modos de ação de inseticidas. Corteva, 2020. **E-book** (13 p.) Disponível em: https://www.corteva.com.br/content/dam/dpagco/corteva/la/br/pt/bpa-site/ebooks/pdfs/DOC-Ebook_MIP_Manejo_Integrado_de_Pragas-Corteva-LA_BR-V2.pdf. Acesso em janeiro de 2022.

MARQUES, C. R.; PEREIRA, R.; GONÇALVES, F. Toxicity evaluation of natural samples from the vicinity of rice fields using two trophic levels. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 180, n. 1–4, p. 521–536, 2011.

MARTIN, J. M. et al. Evidence of the impacts of pharmaceuticals on aquatic animal behaviour: a systematic map protocol. **Environmental Evidence**, v. 10, n. 1, p. 1–10, 2021.

MISSURINI, R. M. et al. Avaliação ecotoxicológica do solo de diferentes manejos agrícolas (convencional e orgânico) com *Daphnia magna*. 2011. Disponível em: https://www.uniara.com.br/legado/nupedor/nupedor_2018/5/11_Renata_Missurini.pdf. Acesso em junho de 2021.

MOURA, D. C. DE et al. Avaliação da qualidade da água de nascentes na bacia do Arroio Andréas, RS, Brasil, através de ensaios ecotoxicológicos e gentoxicológicos utilizando o ensaio cometa. In: **Biotecnologia: Aplicação Tecnológica nas Ciências Agrárias e Ambientais, Ciência dos Alimentos e Saúde**. Ponta Grossa (PR): Atena, 2017. p. 20–38.

MOURA, D. C. DE; RIEGER, A.; LOBO, E. A. Aplicação de ensaios ecotoxicológicos e genotoxicológicos utilizando daphnia magna e eisenia andrei como bioindicadores em solos de cultivo de tabaco orgânico e convencional, município de Santa Cruz do Sul, RS, Brasil. In: **Descobertas das Ciências Agrárias e Ambientais 2**. ALFARO, A. T. S.; TROJAN, D. G. (Orgs.). Ponta Grossa (PR): Atena Editora, 2017. 328 p.

MUSEU DE SOLOS DO RIO GRANDE DO SUL. Solos do Rio Grande do Sul (MSRS). Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). 2021. Disponível em: <https://www.ufsm.br/museus/msrs/unidade-de-solos/>. Acesso em dezembro de 2021.

NAKAGAWA, L. E.; ANDRÉA, M. M. DE. Degradação e formação de resíduos não-extraíveis ou ligados do herbicida atrazina em solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, n. 8, p. 1509–1515, 2000.

NEVES, Nanete. **Lavoura dourada: a saga dos produtores de tabaco do sul do Brasil**. São Paulo: Generale, 2010. 159 p.

NIEMEYER, J. C.; CHELINHO, S.; SOUSA, J. P. Soil ecotoxicology in Latin America: Current research and perspectives. **Environmental Toxicology and Chemistry**, v. 36, n. 7, p. 1795–1810, 2017.

NIVA, C. C. et al. Soil ecotoxicology in Brazil is taking its course. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 23, n. 11, p. 11363–11378, 2016.

NODARI, R. O.; GUERRA, M. P. A agroecologia: Estratégias de pesquisa e valores. **Estudos Avancados**, v. 29, n. 83, p. 183–207, 2015.

OLIVEIRA, F.; COSTA, M. C. F. Cultivo de Fumo (*Nicotiana tabacum* L.). **Dossiê Técnico**. BRT Serviço Brasileiro de Respostas Técnicas. São Paulo: Universidade de São Paulo. 31 p. 2012.

OLIVEIRA, M. et al. Effects of short-term exposure to fluoxetine and carbamazepine to the collembolan *Folsomia candida*. **Chemosphere**, v. 120, p. 86–91, 2015.

OYUELA-CAYCEDO, A.; KAWA, N. C. A. Deep history of Tobacco in Lowland South America. **The Master Plant**. v. 2, p. 27–44, 2020.

- PELLEGGRI, V.; GORBI, G.; BUSCHINI, A. Comet assay on *Daphnia magna* in ecogenotoxicity testing. **Aquatic Toxicology**, v. 155, p. 261–268, 2014.
- PEREIRA, J. L. et al. Toxicity evaluation of three pesticides on non-target aquatic and soil organisms: Commercial formulation versus active ingredient. **Ecotoxicology**, v. 18, n. 4, p. 455–463, 2009.
- PORTILHO, I. I. R. et al. Persistência de inseticidas e parâmetros microbiológicos em solo sob sistemas de manejo. **Ciencia Rural**, v. 45, n. 1, p. 22–28, 2014.
- QUEVEDO-SILVA, F. et al. Estudo Bibliométrico: Orientações sobre sua Aplicação. **Revista Brasileira de Marketing**, v. 15, n. 2, p. 246–262, 2016.
- ROSA, I. O. DA; ENSSLIN, L.; ENSSLIN, S. R. Processo para seleção do referencial teórico para o gerenciamento de riscos afins à segurança empresarial Process for selecting a theoretical framework on security risk management. **P&D em Engenharia de Produção**, v. 9, n. 2, p. 67–80, 2011.
- RUHOFF, A. L. Diagnóstico Ambiental do município de Sinimbu (RS): A ação dos agentes transformadores na construção da paisagem. **Geografares**, v. 3, p. 57–68, 2002.
- SANTORUFO, L.; VAN GESTEL, C. A. M.; MAISTO, G. Ecotoxicological assessment of metal-polluted urban soils using bioassays with three soil invertebrates. **Chemosphere**, v. 88, n. 4, p. 418–425, 2012.
- SCHLESENER, D. C. H. et al. Efeitos do nim sobre *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) e os predadores *Phytoseiulus macropilis* (Banks) e *Neoseiulus californicus* (McGregor) (Acari: Phytoseiidae). **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 35, n. 1, p. 59–66, 2013.
- SCIALABBA, N. E. H.; MLLER-LINDENLAUF, M. Organic agriculture and climate change. **Renewable Agriculture and Food Systems**, v. 25, n. 2, p. 158–169, 2010.
- SCORZA JUNIOR, R.; RIGITANO, R. Sorção, degradação e lixiviação do inseticida tiametoxam em dois solos de Mato Grosso do Sul. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental - Agriambi**, v. 16, n. 5, p. 564–572, 2012.
- SERRA, T. et al. *Daphnia magna* filtration efficiency and mobility in laminar to turbulent flows. **Science of the Total Environment**, v. 621, p. 626–633, 2018.
- SECRETARIA DE PLANEJAMENTO, GOVERNANÇA E GESTÃO DO RIO GRANDE DO SUL. Fumo. **Atlas socioeconômico do Rio Grande do Sul**. Rio Grande do Sul, 2020. Disponível em: <https://atlassocioeconomico.rs.gov.br/fumo>. Acesso em junho de 2020.
- SINDITABACO. Relatório Institucional 2021. **Sinditabaco**. 2021. Disponível: http://www.sinditabaco.com.br/site/wp-content/uploads/2021/03/10169_relat%C3%B3rio-institucional-2021-SindiTabaco_Visualiza%C3%A7%C3%A3o.pdf. Acesso em junho de 2021.

SINDITABACO. Quem são os 30 municípios que mais produziram. **Economia**. 2019. Disponível em: <http://www.sinditabaco.com.br/item/quem-sao-os-30-municipios-que-mais-produziram/>. Acesso em junho de 2021.

SINDITABACO. Infográficos 2021. **Sobre o setor: Inforgráficos**. 2021. Disponível em: <http://www.sinditabaco.com.br/sobre-o-setor/infograficos/>. Acesso em outubro de 2021.

STRECK, E. V. et al. **Solos do Rio Grande do Sul**. 1. ed. Porto Alegre: UFRGS Ed., 2002. 107 p. ISBN 85-7025-648-5.

SONG, Z. et al. Effects of organic fertilizer applications on starch changes in tobacco (*Nicotiana tabacum* L.) leaves during maturation. **Soil Science and Plant Nutrition**, v. 62, n. 2, p. 173–179, 2016.

STRAALEN, N. M. VAN. Ecotoxicology Becomes STRESS Ecology. **Environmental Science & Technology**, v. 13, n. 4, p. 324–330, 2003.

THOMAZ, E.; ANTONELI, V. Long-term soil quality decline due to the conventional tobacco tillage in Southern Brazil. **Archives of Agronomy and Soil Science**, v. 68, n. 6, p. 719–731, 2021.

URZEDO, A. P. F. M. Degradação de Substâncias de Relevância Ambiental por Processos Oxidativos e Redutivos com Monitoramento por Espectrometria de Massas com Ionização Electrospray. Tese (doutorado) Universidade Federal de Minas Gerais. Departamento de Química, Belo Horizonte. 2008.

VAN ECK, N. J.; WALTMAN, L. VOSviewer Manual version 1.6.16. **Univeristeit Leiden**, n. 11, p. 1–52, 2020.

VAN GESTEL, C. A. M. Soil ecotoxicology: State of the art and future directions. **ZooKeys**, v. 176, p. 275–296, 2012.

VAN GESTEL, C. A. M.; LOUREIRO, S.; ZIDAR, P. Terrestrial isopods as model organisms in soil ecotoxicology: a review. p. 127–162. In: HORNUNG, E.; TAITI S.; SZLAVECZ, K. (Orgs.) *Isopods in a Changing World*. **ZooKeys**, v. 801. 518 p. 2018.

WANG, Z. et al. Time-course relationship between environmental factors and microbial diversity in tobacco soil. **Scientific Reports**, v. 9, n. 1, p. 1–11, 2019.

ZAK, D. et al. Sulphate in freshwater ecosystems: A review of sources, biogeochemical cycles, ecotoxicological effects and bioremediation. **Earth-Science Reviews**, v. 212, n. 11, p. 1–23, 2021.

ZAPPE, A. L. et al. Human health risk and potential environmental damage of organic and conventional *Nicotiana tabacum* production. **Environmental Pollution**, v. 266, n. 11, p. 1–10, 2020.