

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA

EMERSON JULIANO DOS SANTOS SILVA

**AVALIAÇÃO DA FITORREMEDIAÇÃO DO PROPANIL E 3,4-DCA
POR *PISTIA STRATIOTES***

**Uruguaiana, RS.
2016**

EMERSON JULIANO DOS SANTOS SILVA

**AVALIAÇÃO DA FITORREMEDIAÇÃO DO PROPANIL E 3,4-DCA
POR *PISTIA STRATIOTES***

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Ciências da Natureza - Licenciatura da Universidade Federal do Pampa, como requisito parcial para obtenção do título de Licenciado em Ciências da Natureza.

Orientador: Prof. Dr. Rafael Roehrs

Co-orientadora: Bruna Piaia Ramborger

**Uruguaiana, RS.
2016**

EMERSON JULIANO DOS SANTOS SILVA

**AVALIAÇÃO DA FITORREMEDIAÇÃO DO PROPANIL E 3,4-DCA
POR *PISTIA STRATIOTES***

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Ciências da Natureza - Licenciatura da Universidade Federal do Pampa, como requisito parcial para obtenção do título de Licenciado em Ciências da Natureza.

Trabalho de conclusão de curso defendido e aprovado em: ____/____/____
Banca examinadora:

Prof. Dr. Rafael Roehrs
Orientador
Curso de Ciências da Natureza - Licenciatura – UNIPAMPA

Prof. Lic. Dandara Fidélis Escoto
Curso de Ciências da Natureza - Licenciatura – UNIPAMPA

Me. Jefferson de Jesus Soares
UNIPAMPA Campus Uruguaiana

AGRADECIMENTOS

- À minha família, em especial minha mãe, avó e tia, por estarem sempre preocupadas comigo e incentivando-me.
- À minha namorada Bárbara, por estar comigo em todos os momentos me apoiando e dando dicas para as escritas.
- Ao professor Dr. Rafael Roehrs pela amizade, orientação, conselhos e por mostrar-me o caminho.
- À Bruna por ensinar-me a usar os equipamentos, paciência e orientação.
- Ao pessoal do GIPPE pelos espaços de discussões e aprendizado.
- Aos pais da Bárbara que sempre nos esperam com uma refeição quente depois da aula.
- Enfim, a todos que tornaram possível este trabalho o meu muito obrigado.

RESUMO

O propanil está entre os três agrotóxicos mais usados na cultura de arroz. Em alguns dias este herbicida é degradado a 3,4-dicloroanilina (3,4-DCA) que é muito mais persistente e possui uma toxicidade aguda mais elevada. Devido à grande utilização deste herbicida na cultura de arroz é preciso buscar formas de remover este composto, a fim de combater a contaminação ambiental. Assim a fitorremediação vem como uma técnica de baixo custo para a remoção dessas substâncias. Esta técnica consiste em utilizar plantas para a degradar ou sequestrar poluentes orgânicos ou inorgânicos sendo em muitas vezes mais eficaz que a remediação convencional. Dessa forma o objetivo deste trabalho foi avaliar a fitorremediação do propanil e 3,4-DCA por *Pistia stratiotes*. A presença dos compostos foi analisada através da cromatografia líquida de alta eficiência com detecção por arranjo de diodos (HPLC-DAD). Para a avaliação da fitorremediação duas mudas de *P. stratiotes* foram tratadas com soluções contendo 10 mg L⁻¹ de propanil e 7,4 mg L⁻¹ de 3,4-DCA durante o período de 14 dias. No 14º dia não foi possível quantificar o propanil nos controles e tratamentos além de ter sido observado a diminuição da concentração de 3,4-DCA produzido pela degradação do propanil. Nas amostras tratadas somente com 3,4-DCA também foi possível observar a degradação do metabólito durante o período de análise. A cultura de *Pistia stratiotes* mostrou-se uma estratégia eficaz e de baixo custo na fitorremediação de águas contaminadas por propanil e 3,4-DCA.

Palavras-chave: Alface d'água. biorremediação. cromatografia. pesticidas. herbicidas.

ABSTRACT

The propanil is among the three most commonly used pesticides in rice cultivation. In just days this herbicide is degraded to 3,4-dichloroaniline (3,4-DCA) which is much more persistent and has a higher acute toxicity. Because of the wide use of the herbicide in rice culture, it is necessary to find ways of removing this compound in order to combat environmental contamination. Therefore, phytoremediation comes as a low-cost technique for removing these substances. This technique consists in using plants to degrade or sequester organic and inorganic pollutants being many times more efficient than conventional remediation. In that way the objective of this study was to evaluate the phytoremediation of propanil and 3,4-DCA by *Pistia stratiotes*. The presence of compounds was analyzed by high-performance liquid chromatography with diode array detection (HPLC-DAD). For the evaluation of phytoremediation two changes of *P. stratiotes* were treated with solutions containing 10 mg of L⁻¹ propanil and 7.4 mg L⁻¹ of 3,4-DCA during the period of 14 days. On the 14th day it has not been possible to quantify the propanil in the control and treatments addition to being observed to decline in the concentration of 3,4-DCA produced by degradation of the propanil. In the samples treated only with 3,4-DCA also was possible to observe the degradation of the metabolite during the analysis period. The culture of *Pistia stratiotes* showed to be an effective and low-cost strategy for the phytoremediation of contaminated water by propanil and 3,4-DCA.

Keywords: Water lettuce, bioremediation, chromatography, pesticides, herbicides.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	9
2. MATERIAIS E MÉTODOS.....	10
2.1 Teste de sensibilidade.....	10
2.2 Condições Cromatográficas.....	10
2.3 Figura de mérito.....	10
2.4 Preparação de amostras.....	11
2.5 Cinética de degradação.....	11
3. RESULTADOS.....	11
3.1 Sensibilidade.....	11
3.2 Fitorremediação do herbicida propanil.....	12
3.3 Fitorremediação do metabólito 3,4-DCA.....	13
4. CONCLUSÕES.....	15
REFERÊNCIAS.....	15
ANEXOS.....	17

Avaliação da fitorremediação do propanil e 3,4 – DCA por *Pistia stratiotes*

Phytoremediation evaluation of propanil and 3,4 – DCA by *Pistia stratiotes*

Emerson Juliano dos Santos Silva¹, Bruna Piaia Ramborger² e Rafael Roehrs³

¹Acadêmico do curso de Ciências da Natureza Licenciatura, UNIPAMPA, Uruguaiiana, RS, Brasil

²Aluna do Programa de Pós Graduação em Bioquímica, UNIPAMPA, Uruguaiiana, RS, Brasil

³Doutor em química, Curso Ciências da Natureza, UNIPAMPA, Uruguaiiana, RS, Brasil

Resumo

O propanil está entre os três agrotóxicos mais usados na cultura de arroz. Em alguns dias este herbicida é degradado a 3,4-dicloroanilina (3,4-DCA) que é muito mais persistente e possui uma toxicidade aguda mais elevada. Devido à grande utilização deste herbicida na cultura de arroz é preciso buscar formas de remover este composto, a fim de combater a contaminação ambiental. Assim a fitorremediação vem como uma técnica de baixo custo para a remoção dessas substâncias. Esta técnica consiste em utilizar plantas para a degradar ou sequestrar poluentes orgânicos ou inorgânicos sendo em muitas vezes mais eficaz que a remediação convencional. Dessa forma o objetivo deste trabalho foi avaliar a fitorremediação do propanil e 3,4-DCA por *Pistia stratiotes*. A presença dos compostos foi analisada através da cromatografia líquida de alta eficiência com detecção por arranjo de diodos (HPLC-DAD). Para a avaliação da fitorremediação duas mudas de *P. stratiotes* foram tratadas com soluções contendo 10 mg L⁻¹ de propanil e 7,4 mg L⁻¹ de 3,4-DCA durante o período de 14 dias. No 14º dia não foi possível quantificar o propanil nos controles e tratamentos além de ter sido observado a diminuição da concentração de 3,4-DCA produzido pela degradação do propanil. Nas amostras tratadas somente com 3,4-DCA também foi possível observar a degradação do metabólito durante o período de análise. A cultura de *Pistia stratiotes* mostrou-se uma estratégia eficaz e de baixo custo na fitorremediação de águas contaminadas por propanil e 3,4-DCA.

Palavras-chave: Alface d'água, biorremediação, cromatografia, pesticidas, herbicidas.

Abstract

The propanil is among the three most commonly used pesticides in rice cultivation. In just days this herbicide is degraded to 3,4-dichloroaniline (3,4-DCA) which is much more persistent and has a higher acute toxicity. Because of the wide use of the herbicide in rice culture, it is necessary to find ways of removing this compound in order to combat environmental contamination. Therefore, phytoremediation comes as a low-cost technique for removing these substances. This technique consists in using plants to degrade or sequester organic and inorganic pollutants being many times more efficient than conventional remediation. In that way the objective of this study was to evaluate the phytoremediation of propanil and 3,4-DCA by *Pistia stratiotes*. The presence of compounds was analyzed by high-performance liquid chromatography with diode array detection (HPLC-DAD). For the evaluation of phytoremediation two changes of *P. stratiotes* were treated with solutions containing 10 mg of L⁻¹ propanil and 7.4 mg L⁻¹ of 3,4-DCA during the period of 14 days. On the 14th day it has not been possible to quantify the propanil in the control and treatments addition to being observed to decline in the concentration of 3,4-DCA produced by degradation of the propanil. In the samples treated only with 3,4-DCA also was possible to observe the degradation of the metabolite during the analysis period. The culture of *Pistia stratiotes* showed to be an effective and low-cost strategy for the phytoremediation of contaminated water by propanil and 3,4-DCA.

Keywords: Water lettuce, bioremediation, chromatography, pesticides, herbicides.

1 Introdução

Desde os primórdios a agricultura busca alternativas para aumentar a produção e minimizar as perdas causadas pelas pragas, essas buscas deram origem aos compostos denominados de agroquímicos, incluindo fertilizantes e agrotóxicos (SILVA e FAY, 2004). Com o grande aumento populacional e a demanda de alimentos foi preciso desenvolver formas de maximizar a produção agrícola. No mundo, anualmente 20 a 30% do que é plantado é perdido devido à ação de pragas na agricultura. Dessa forma, os pesticidas, desde seu desenvolvimento, desempenharam um importante papel no crescimento da agricultura moderna (PRESTES et al., 2009). Após a Segunda Guerra Mundial, o número de substâncias novas e o uso intensivo destas na agricultura aumentaram enormemente. O Hexaclorobenzeno (BHC) e o Diclorodifeniltricloroetano (DDT) surgiram como uns dos mais importantes produtos químicos, sendo aplicados em larga escala nas lavouras para combater insetos (SANCHES et al., 2003). Os pesticidas têm sido utilizados principalmente para combater pragas e doenças de plantas. Para isso, é necessário que estes produtos apresentem toxicidade intrínseca ao organismo alvo, porém, na maioria das vezes, estes acabam atingindo os organismos não-alvo, causando impactos negativos ao meio ambiente (BRITO et al., 2010).

De acordo com o estudo realizado por França-Salgueiro (2013) o cultivo de arroz tem destaque ao nível de potencial de contaminação das águas superficiais com produtos químicos de origem agrícola. Devido à grande área cultivada, aplicação de alguns pesticidas de elevada toxicidade para a biota aquática e sua necessidade da proximidade da área plantada com rios e lagos. Na safra de 2007/2008 o Rio Grande do Sul produziu 62,1% do arroz do Brasil e cerca de 7.361,7 mil toneladas (CONAB, 2008). Os herbicidas usados na cultura do arroz irrigado têm um efeito prejudicial para a vida aquática, pois a drenagem da água coincide com a época de reprodução dos peixes (PRIMEL, et al., 2005). Mesmo que a concentração da maioria destas moléculas seja baixa na água, a interação contínua entre a biota, o sedimento e a água pode acarretar impacto negativo por muito tempo, mesmo que não ocorram mais entradas destes compostos no ambiente (DE MOURA, 2008).

Na cultura de arroz é utilizado uma elevada quantidade de pesticidas, entre os três mais usados está o propanil (3,4-dicloropropionanilida) (RIOS, 2008). Pertence à classe toxicológica II, onde I é extremamente tóxico, II é altamente tóxico, III é medianamente tóxico, IV é pouco tóxico (SOSBAI, 2014). Este herbicida é derivado das cloroanilidas, seletivo de contato e pós emergente, que causa inibição da fotossíntese causando clorose seguida de necrose nas folhas das gramíneas anuais e de algumas ervas anuais de folha larga (RIOS, 2008; TOMLIN et al., 2009; ROEHRS et al., 2012). Em apenas alguns dias o propanil é degradado ao seu metabólito mais conhecido: o 3,4-dicloroanilina (3,4 DCA) que é muito mais tóxica e leva mais tempo para ser degradado (ROEHRS et al., 2012; CHEN e SCHÄFFER, 2016).

Devido à grande toxicidade e a alta utilização deste herbicida na agricultura, técnicas de remoção deste composto devem ser realizadas a fim de reduzir a contaminação ambiental. A remediação ou remoção desses compostos pode ser de um custo muito elevado e algumas vezes geram subprodutos mais tóxicos, dessa forma, a fitorremediação vem como uma alternativa para a remoção dessas substâncias. A fitorremediação é uma técnica que consiste em utilizar plantas para degradar ou sequestrar poluentes orgânicos ou inorgânicos, sendo um método mais eficaz e de menor custo em relação a remediação convencional (SOUTO, 2011). Lamego e Vidal (2007) apontam alguns parâmetros que as plantas devem possuir para serem capazes de realizar tal processo: Ter crescimento rápido, grande produção de biomassa, competitividade, vigor e tolerância à poluição. A planta selecionada para esse estudo foi a *Pistia stratiotes* por ter se mostrado eficaz em alguns trabalhos como a remoção de cromo e cobalto (PRAJAPAT et al., 2012) e remoção de baixas concentrações de Zn, Cr, Cu, Cd, Pb, Hg e Ag (ODJEGBA e FASIDI, 2004).

A *P. stratiotes* é uma planta aquática, de flutuação livre encontrada em lagoas rasas e tem imensa gama ao longo dos trópicos. O caule é curto tendo folhas em forma de roseta. Possui numerosas raízes longas e finas. As folhas são em forma de cunha, esponjosas, em forma inflada variando de 5 a 10 cm de comprimento (MANJUNATH e KOUSAR, 2016). Sua reprodução se dá de duas formas: Através da reprodução sexuada e reprodução clonal através do rompimento das conexões entre rametes, sendo essa última a mais comum (CARDOSO et al., 2005). Essa espécie tem sido amplamente utilizada, principalmente pela sua resistência e em estudos recentes mostrou-se eficaz na remoção de cobre, manganês, ferro, nitratos e fosfatos de efluentes de indústria têxtil (MANJUNATH e KOUSAR, 2016) e remoção de fármacos e produtos para cuidados pessoais (LIN e LI, 2016). Dessa forma o objetivo desse trabalho é avaliar o potencial de fitorremediação do propanil e seu metabólito 3,4-DCA por *Pistia stratiotes*.

2 Materiais e métodos

2.1 Teste de Sensibilidade

Dois exemplares de *Pistia stratiotes* foram tratados com soluções contendo propanil nas seguintes concentrações: 2,5; 5; 10; 50 mg L⁻¹. Essas concentrações foram escolhidas partindo da dosagem recomendada para a cultura de arroz, que é de 5 mg L⁻¹.

Outros dois exemplares foram tratados em soluções contendo 3,4-DCA nas seguintes concentrações: 1,8; 3,7; 7,4 e 37,1 mg L⁻¹ para a verificação da concentração máxima suportada pelo vegetal em um período máximo de 14 dias. As concentrações do 3,4-DCA foram estipuladas através da estequiometria de degradação do Propanil.

2.2 Condições cromatográficas

Para analisar a presença dos compostos Propanil e 3,4-DCA nas amostras coletadas foi utilizada a Cromatografia Líquida de Alta Eficiência (CLAE, do inglês HPLC). O método utilizado foi adaptado do descrito por Roehrs et al, (2012) por fase reversa em coluna C18 com as seguintes condições cromatográficas: fase móvel contendo acetonitrila, metanol e água nas proporções de 30%, 24%, 46% respectivamente. O pH da fase móvel foi ajustado a pH 3 com ácido fosfórico aquoso solução de (1:1, v/v), com uma taxa de fluxo de 0,9 ml min⁻¹. O volume de injeção foi 20 µL e detecção em comprimentos de onda de 220 nm. Todas as análises foram realizadas à temperatura ambiente.

Foi utilizado um sistema cromatográfico YL9100 (Young Lin, Coreia do Sul) equipado com um degaseificador a vácuo YL90 bomba quaternária YL9110, auto injetor YL9150, forno de coluna YL9131 e detector de arranjo de diodos YL9160. As análises foram realizadas utilizando coluna cromatográfica Synergi 4µ Fusion-RP 80Å (250 x 4,6 mm) e pré-coluna Fusion-RP (4 x 3,0 mm) (Phenomenex, Estados Unidos). O controle do equipamento e a aquisição dos dados foram feitos através do software YL-Clarity. A acetonitrila utilizada nas análises cromatográficas era grau HPLC (J. T. Baker, Holanda), a água ultrapura foi adquirida a partir de um sistema Milli-Q (Millipore, Estados Unidos) e o metanol era grau HPLC (J. T. Baker, Holanda).

2.3 Figura de mérito

A linearidade analítica da curva foi avaliada com base em injeções das soluções padrão contendo propanil e 3,4-DCA preparado em metanol em concentrações de 0,5, 1, 2, 4, 6, 8 e 10 mg L⁻¹. Esta sequência foi injetada 3 vezes (n = 3) e foram determinados as equações da curva de calibração, os coeficientes de terminação (R²) e faixas lineares.

Para as condições cromatográficas do trabalho obtivemos a equação da reta do composto propanil de $y=330,13x + 9,8288$, $R^2= 0,9996$ e uma faixa linear de 0,5 a 10 mg L⁻¹. Já para o composto 3,4-DCA, a equação da reta obtida foi: $y=105,86x - 14,545$, $R^2= 0,9955$ e faixa linear de 0,5 a 10 mg L⁻¹.

2.4 Preparação de amostras

A extração em fase sólida é uma técnica empregada para a extração e/ou pré-concentração de analitos presentes em matrizes complexas. Ela utiliza sorventes recheados em cartuchos, nas formas de barril ou seringa, e os mecanismos de retenção são idênticos aos envolvidos na cromatografia líquida em coluna (QUEIROZ et al., 2001). A figura abaixo mostra as quatro etapas envolvidas na extração em fase sólida.

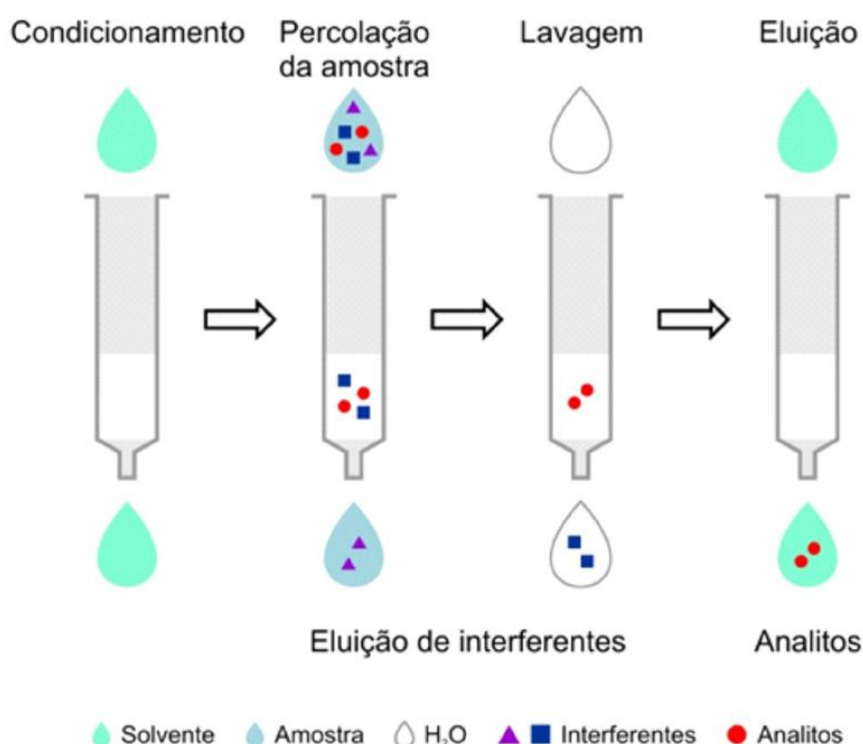


Fig 1. Etapas de extração por fase sólida. Fonte: CALDAS et al., 2011.

Uma amostra de 100 mL de água foi acidificada para pH 3,0 com ácido fosfórico. A solução foi pré concentrada em um cartucho Strata X previamente condicionado com 3 mL de metanol, 3 mL de água e 3 mL de água pH 3,0. O pH foi ajustado com ácido fosfórico. A eluição foi realizada com 10 mL de metanol. O eluato foi evaporado em rotaevaporador a 40 °C a 150 rpm e dissolveu-se novamente em 1,5 mL de metanol grau HPLC. O extrato foi injetado no sistema HPLC-DAD.

2.5 Cinética de degradação

A cinética de diminuição da concentração dos pesticidas isolados foi avaliado cromatograficamente por um período de 14 dias nas mesmas condições de temperatura e umidade. Simultaneamente foi avaliado a presença do metabólito 3,4-DCA dos pesticidas.

3 Resultados

3.1 Sensibilidade

Para encontrar a dose letal para a planta foi construída uma curva de sensibilidade. As *P. stratiotes* foram expostas à concentrações de 2,5; 5; 10 e 50 mg L⁻¹ de Propanil e 1,8; 3,7; 7,4 e 37,1 mg L⁻¹ de 3,4-DCA.



Fig 2. Foto *P. stratiotes*. A) 1º dia da análise da sensibilidade. B) 7º dia da análise da sensibilidade. C) Mudas tratadas com soluções de 50 mg L⁻¹ de propanil no 7º dia de análise. D) Mudas tratadas com soluções de 37,1 mg L⁻¹ de 3,4-DCA no 7º dia de análise.

A partir do 5º dia percebeu-se que as folhas das mudas tratadas com concentrações de 50 mg L⁻¹ de propanil começaram a se abrir e secar. Já no 7º essas plantas morreram, conforme pode ser observado na figura 2 C. Somente a concentração de 50 mg L⁻¹ causou a morte das mudas em 14 dias de tratamento. Não foram observadas nenhuma mudança nas plantas tratadas com as outras concentrações.

Da mesma forma que a concentração mais alta de propanil a concentração de 37 mg L⁻¹ de 3,4-DCA causou a morte das mudas tratadas com solução após 7 dias conforme pode ser observado na figura 2 D. Ao longo dos 14 dias de observação não foram visualizadas nenhuma alteração nas mudas tratadas com concentrações menores. Outra observação foi que no 14º dia a maioria das plantas estavam com mudas, exceto as que foram utilizadas como controle e não foram tratadas com nenhum dos dois compostos.

A *P. stratiotes* mostrou-se resistente a concentrações menores que 10 e 7,4 mg L⁻¹ de propanil e 3,4-DCA, respectivamente. Essas concentrações correspondem ao dobro do recomendado para a aplicação do propanil na cultura de arroz que é de 5 mg L⁻¹ (SOSBAI, 2014). Deixando evidente a sua possível utilização em águas contaminadas com esse herbicida e seu metabólito.

3.2 Fitorremediação do herbicida Propanil

Para avaliar a cinética de degradação do propanil, duas mudas de *Pistia stratiotes* foram tratadas com soluções de 10 mg L⁻¹ de Propanil que foi a concentração que não causou danos no crescimento e desenvolvimento das plantas. As coletas foram realizadas no dia 0, 7 e 14. Os controles possuíam

somente água com o herbicida. O gráfico abaixo (figura 3) mostra que inicialmente já existia aproximadamente 10% do metabólito 3,4-DCA, proveniente da auto degradação do propanil.

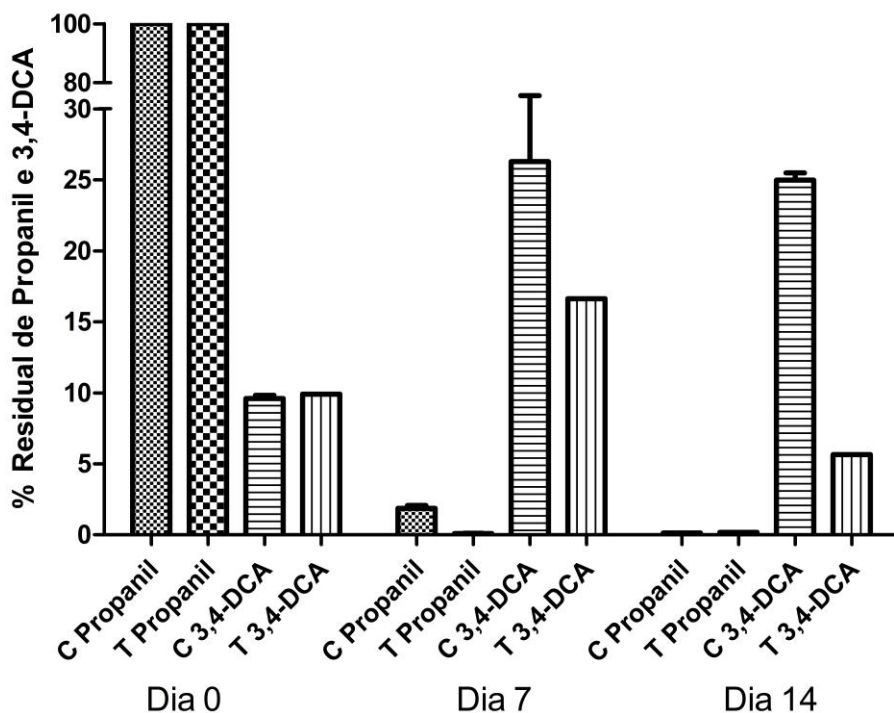


Fig 3. Gráfico da fitorremediação do propanil. C = Controle. T = Tratamento.

Após 7 dias podemos observar a diminuição de propanil, em ambos controle e tratamento com o aumento do metabólito 3,4-DCA. No 7º dia havia apenas 1,8% de propanil no controle e já não foi possível quantificar o tratamento. Após 14 dias a concentração de 3,4-DCA teve uma baixa variação nos controles, 26,28% no 7º dia e 24,97% no 14º dia, já nos tratamentos a concentração diminuiu de 16,63 para 5,65%. No 14º dia não foi possível quantificar o propanil em ambos controle e tratamento. Esses dados vão ao encontro dos resultados de ROEHRS et al., (2012) com a biorremediação através de culturas de bactérias do gênero *Enterobacter Cloacae* e (ROSA, 2013) com a fitorremediação através do cultivo hidropônico de alface (*Lactuca sativa L.*) onde foi visualizada a ausência do propanil e seu metabólito 3,4-DCA nos tratamentos.

3.3 Fitorremediação do metabólito 3,4-DCA

Para confirmar a fitorremediação do metabólito 3,4-DCA, duas mudas de *Pistia stratiotes* foram tratadas com soluções de 7,4 mg L⁻¹ de 3,4-DCA para que fosse analisado a cinética da fitorremediação. As coletas foram realizadas nos dias 0, 7 e 14. Os controles possuíam somente água com 3,4-DCA.

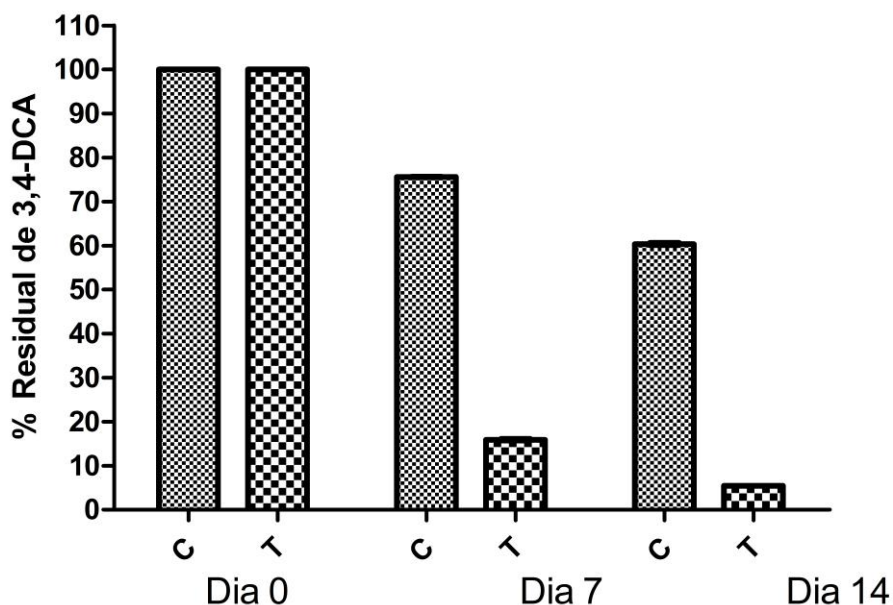


Fig 4. Gráfico da fitorremediação do 3,4-DCA. C = Controle. T = Tratamento.

Assim como no herbicida propanil, houve uma diminuição da concentração do 3,4-DCA após os 7 dias de estudo, confirmando que a planta realmente consegue fitorremediar esse composto. Vários estudos já apontam que ao final do processo de fitorremediação do Propanil não há o aparecimento de seu metabólito (ROEHRS et al., 2012; ROSA, 2013). Outros estudos do grupo mostraram resultados parecidos, dessa forma fica evidenciado a capacidade de fitorremediação desse metabólito. O 3,4-DCA é um metabólito de vários outros herbicidas conforme mostra a figura 5. A degradação do 3,4-DCA pela *P. stratiotes* é um fato importante, visto que esse composto é muito mais tóxico que o propanil e tem uma meia vida mais elevada (CHEN e SCHÄFFER, 2016). Assim essa planta pode ser utilizada para a remoção de águas contaminadas com outros compostos que geram o 3,4-DCA como metabólito.

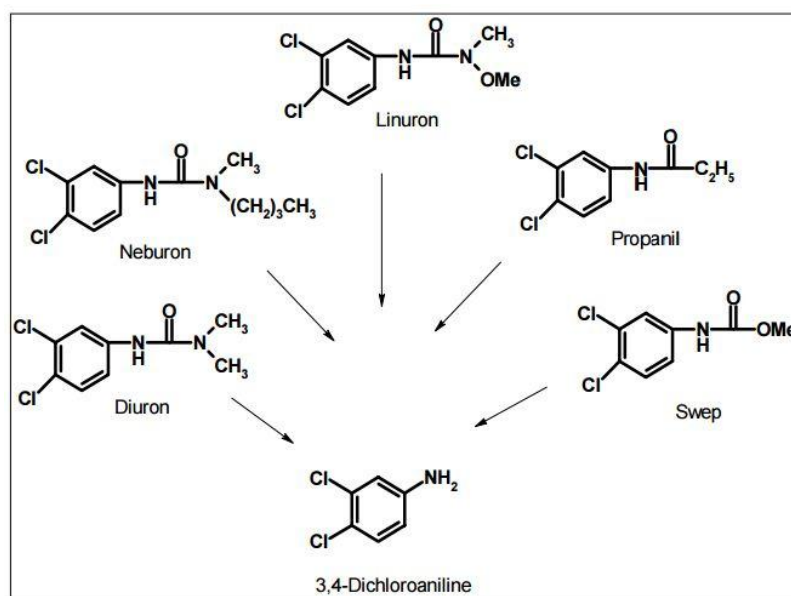


Fig 5. 3,4-DCA e seus pesticidas relacionados. Fonte: (EPPERLEIN et al., 2006).

4 Conclusões

A *P. stratiotes* mostrou-se resistente ao dobro da concentração recomendada para a aplicação de propanil na agricultura. Este trabalho mostrou que a cultura de *Pistia stratiotes* pode ser uma estratégia eficaz e de baixo custo na fitorremediação de águas contaminadas pelo herbicida propanil e o metabólito 3,4-DCA, produzido pelo propanil ou outro herbicida. Estudos adicionais devem ser realizados para determinar a rota do metabolismo do 3,4-DCA nas plantas.

Referências

- BRITO, L.T. de L.; MELO, R. F. de; GIONGO, V. (Ed.). Impactos ambientais causados pela agricultura no Semiárido brasileiro. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2010.
- CALDAS, S. S.; GONÇALVES, F. F.; PRIMEL, E. G. Principais técnicas de preparo de amostra para determinação de resíduos de agrotóxicos em água por cromatografia líquida com detecção por arranjo de diodos e espectrometria de massas. *Química Nova*. p.1604-1617, 2011.
- CARDOSO, L.R.; MARTINS, D.; MORI, E. S.; TERRA, M. A. Variabilidade genética entre populações de *Pistia stratiotes*. *Planta daninha, Viçosa, MG*, v.23, n. 2, p. 181-185, June 2005. Available from <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-83582005000200003&lng=en&nrm=iso>. Access on 17 June 2016.
- CHEN, Zhongli; SCHÄFFER, Andreas. The fate of the herbicide propanil in plants of the littoral zone of the Three Gorges Reservoir (TGR), China. *Journal of Environmental Sciences*, 2016.
- CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. Relatório de gestão 2008. Disponível em: <www.conab.gov.br>. Acesso em: Jun, 2016.
- DE MOURA, Mônica Accaui Marcondes; DE SIQUEIRA FRANCO, Daniel Andrade; MATALLO, Marcus Barifouse. Impacto de herbicidas sobre os recursos hídricos. 2008.
- EPPERLEIN, Nadin et al. GC/MS-Determination of 3,4-Dichloroaniline as a metabolite of selected herbicides. *TIC*, v. 400000, p. 600000, 2006.
- FRANÇA-SALGUEIRO, F. M. Avaliação da toxicidade de agrotóxicos utilizados na cultura do arroz irrigado para girinos de *Lithobates catesbeianus*. Tese (doutorado em Ciências – Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia Industrial na Área de Conversão de Biomassa. Escola de Engenharia de Lorena da Universidade de São Paulo; 2012.
- LAMEGO, F.P.; VIDAL, R.A. Fitorremediação: plantas como agentes de despoluição. *Pesticidas: r. Ecotoxicol. e Meio Ambiente*. Vol. 17, p. 9-18, 2007.
- LIN, Yi-Li; LI, Bing-Kun. Removal of pharmaceuticals and personal care products by *Eichhornia crassipes* and *Pistia stratiotes*. *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers*, v. 58, p. 318-323, 2016.
- MANJUNATH, S.; KOUSAR, H. Phytoremediation of textile industry effluent using *Pistia Stratiotes*. *International Journal of Environmental Sciences*, v. 5, n.2, p. 75-81, 2016.
- ODJEGBA, V. J.; FASIDI, I. O. Accumulation of trace elements by *Pistia stratiotes*: implications for phytoremediation. *Ecotoxicology*, v. 13, n. 7, p. 637-646, 2004.
- PRAJAPATI, Santosh Kumar; MERAVIDI, Neelima; SINGH, Shivangee. Phytoremediation of Chromium and Cobalt using *Pistia stratiotes*: A sustainable approach. *Proceedings of the International Academy of Ecology and Environmental Sciences*, v. 2, n. 2, p. 136-138, 2012.
- PRESTES, Osmar D. et al. QuEChERS–um método moderno de preparo de amostra para determinação multirresíduo de pesticidas em alimentos por métodos cromatográficos acoplados à espectrometria de massas. *Química Nova*, v. 32, n. 6, p. 1620-1634, 2009.

- PRIMEL, E.G.; ZANELLA, R.; KURZ, M.H.S.; et. al. Poluição das águas por herbicidas utilizados no cultivo do arroz irrigado na região central do estado do Rio Grande do Sul, Brasil: predição teórica e monitoramento. *Química Nova*, São Paulo, v. 28, n. 4, p. 605-609, jul./ago. 2005.
- QUEIROZ, S. C. N.; COLLINS, C. H.; JARDIM, I. C. S. F. Métodos de extração e/ou concentração de compostos encontrados em fluidos biológicos para posterior determinação cromatográfica. *Química Nova*. Issue 1, v.24, p.68-76, 2001.
- RIOS, Amanda Cristobal. Comportamento do herbicida propanil em cultura de arroz irrigado. Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas. Botucatu, 2008.
- ROEHRS, R.; ROEHRS, M.; MACHADO, S. L. O.; ZANELLA, R. Biodegradation of Herbicide Propanil and Its Subproduct 3,4-Dichloroaniline in Water. *Clean – Soil, Air, Water*. Issue 9, v.40, p.958-964, 2012.
- ROSA, A. S. Fitorremediação de pesticidas utilizados em lavouras de arroz através do cultivo hidropônico de alface (*Lactuca sativa* L.). Dissertação (Mestrado em Bioquímica. Universidade Federal do Pampa. Uruguaiana, 2013.
- SANCHES, Sérgio Marcos; DE CAMPOS, Sandro Xavier; VIEIRA, Eny Maria. Pesticidas e Seus Respectivos Riscos Associados À Contaminação da Água. *Pesticidas: R. Ecotoxicol. e Meio Ambiente*, v. 13, p. 54, 2003.
- SILVA, C.M.M de S. e FAY, E.F. Agrotóxicos e ambiente. Embrapa Informação Tecnológica; Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2004.
- SOSBAI. Arroz Irrigado: Recomendações Técnicas da Pesquisa para o Sul do Brasil: Porto Alegre - RS, 2014.
- SOUTO, Kelen Müller. Fitorremediação de solo de várzea contaminado com herbicidas imazetapir e imazapique. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós-Graduação em Agronomia. Santa Maria, 2011.
- TOMLIN, Clive DS et al. The pesticide manual: a world compendium. British Crop Production Council, 2009.

ANEXO – Regras para submissão da Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental

Como parte do processo de submissão, os autores são obrigados a verificar a conformidade da submissão em relação a todos os itens listados a seguir. As submissões que não estiverem de acordo com as normas serão devolvidas aos autores.

1. A contribuição é original e inédita, e não está sendo avaliada para publicação por outra revista;
2. **ATENÇÃO:**

**** SUBMISSÕES QUE NÃO ESTIVEREM ADEQUADAS AO TEMPLATE E/OU SEM A DECLARAÇÃO DE AUTORIA DEVIDAMENTE ASSINADA PELOS AUTORES SERÃO AUTOMATICAMENTE REJEITADAS.**

**** ATENTAR PARA O PREENCHIMENTO DOS METADADOS DE TODOS OS AUTORES.**

Quanto a formatação:

Os autores deverão encaminhar como "documento suplementar" a Declaração de originalidade e exclusividade cujo texto está no item "Declaração de direito autoral". Ela deve conter as seguintes informações sobre os autores: nome completo, endereço de e-mail e assinatura.

Adequar seu artigo ao template da revista - colar seu texto no arquivo word do template conforme o modelo.