

ESTUDO DA LIXIVIAÇÃO DO CARBARIL EM COLUNAS DE SOLO SOB A INFLUÊNCIA DE DIFERENTES VOLUMES E pH DE PRECIPITAÇÃO

Danniany Vieira Gomes dos Santos, Lidiane Simões Servato, Adilson Correia Goulart, João Paulo Victorino Santos, Simone Machado Goulart

Laboratório de Química, Departamento de Áreas Acadêmicas, Instituto Federal de Goiás, 75524-245, Itumbiara, Brasil.

E-mail: simone.goulart@ifg.edu.br

Recebido em: 13/06/2022

Aceito em: 02/06/2022

RESUMO

Em 2008, o Brasil assumiu o posto de maior consumidor mundial de agrotóxicos. O Carbaril apresenta nomenclatura metil 1-naftil carbamato, a fórmula química $C_{12}H_{11}NO_2$ é um inseticida de contato com alta toxicidade e ampla gama de usos, adequado para quase todos os tipos de cultivos. A lixiviação envolve o movimento vertical de agrotóxicos ao longo do perfil do solo, que ocorre em conjunto com a infiltração de água da chuva ou irrigação. As colunas de solo têm sido amplamente utilizadas no estudo experimental para avaliação do potencial de lixiviação de agrotóxicos. Em resumo, este estudo teve como objetivo simular diferentes precipitações e pH, usando coluna de solo e Cromatografia Líquida de Alta Eficiência (HPLC). Para a realização deste estudo, 5 colunas de solo foram preenchidas com solo do tipo latossolo vermelho e no topo de cada coluna, com exceção do branco, foi aplicada doses do princípio ativo carbaril. Após a aplicação, foram simulados diferentes volumes, 50 mm, 100 mm (pH=4 e pH=5) e 150 mm de precipitações. Posteriormente, amostras de solo foram coletadas em diferentes profundidades ao longo da coluna de solo. A concentração de carbaril foi determinada pelo método de extração sólido-líquido com partição à baixa temperatura (ESL-PBT) e análise por HPLC com detector de ultravioleta (UV). Com os resultados das análises, foi observado que a coluna cuja precipitação foi de maior volume, 150 mm, o carbaril lixiviou para perfis mais profundos da coluna em relação à coluna de menor precipitação, 50 mm. Variando o pH, verificou-se que a coluna onde o valor de pH foi menor (pH=4), a lixiviação do carbaril foi favorecida, pois concentrações do princípio ativo foram encontradas em camadas profundas do perfil do solo. Quando a simulação da precipitação foi com pH=5, o carbaril foi detectado apenas na camada superficial do perfil do solo. Desta forma, com a realização deste estudo; pode-se inferir que as variáveis, volume de precipitação e valor de pH, podem interferir na movimentação vertical do carbaril no solo.

Palavras-chave: Deslocamento vertical; Carbaril no solo; precipitação e pH.

1 Introdução

Substâncias químicas com fins de controle de pragas e doenças, têm registros entre os escritos gregos e romanos há mais de 3.000 anos [1]. Porém, usá-las por meses, anos ou mesmo décadas pode ter efeitos crônicos, manifestados em uma variedade de doenças, como câncer, malformações congênitas, doenças endócrinas, neurológicas e mentais [2]. Após a aplicação, os agrotóxicos podem ter como destino o solo, que

cujo contato permite diferentes formas do transporte dos agrotóxicos, como por exemplo, a lixiviação ou o escoamento superficial [3].

O agrotóxico carbaril, que tem a estrutura química conforme a Figura 1 é um inseticida autorizado para diferentes tipos de culturas, algumas delas são: Abacaxi; Abóbora; Algodão; Alho; Banana; Feijão; Pepino e outras. Também é classificado quimicamente como um carbamato, com nomenclatura oficial 1-naftil metilcarbamato.

Toxicologicamente, está no grupo de substâncias altamente tóxicas [4]. Após a primeira aplicação, a persistência do carbaril em solo decresce a cada 2 dias, podendo ser encontrado por um período de até 30 dias, dependendo do pH do solo, de casos de pulverizações e lavagem pelas águas das chuvas. A degradação acontece de forma rápida, sendo de 2 dias em solos e águas com pH básico (8,0); em aproximadamente 10 a 16 dias em pH neutro (7,0-7,4) e onde o pH é ácido (5,0) vai depender do clima, não excedendo 30 dias; porém na água a degradação do carbaril pode se estender por até quatro anos [5].

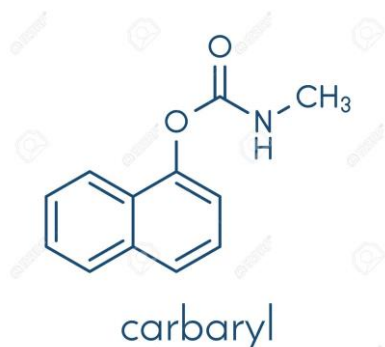


Figura 01 - Fórmula estrutural do Carbaril.

A lixiviação consiste na movimentação vertical do agrotóxico ao longo do perfil do solo, este deslocamento acontece devido à infiltração da água seja de chuva ou irrigação. Várias propriedades podem influenciar a lixiviação de um composto químico como, por exemplo, o tipo de solo, volume de precipitação, variação do pH tanto do solo quanto da água e as características físico-químicas da substância presente no solo [6-7]. A utilização de grandes quantidades de agrotóxicos pode interferir na acidez do solo, pelo seu grau de toxicidade e presença de componentes poluidores, como metais pesados, emulsificantes, surfactantes, entre outros, que podem prejudicar o crescimento das plantas e causar poluição do meio ambiente como, por exemplo, das águas subterrâneas; através da lixiviação [8]. A presença de chuva ácida no país é mais comum do que se imagina, principalmente em regiões de plena atividade industrial, devido à emissão de poluentes no ar. Essa acidez está associada à presença de ácidos sulfúrico e nítrico, que são produtos da oxidação de compostos de enxofre e nitrogênio emitidos através de processos de queima, especialmente de combustíveis fósseis. As águas das chuvas normalmente possuem impurezas e o equilíbrio com o CO₂ atmosférico causa

uma fraca acidez considerada “aceitável” com pH 5,6. Porém a chuva ácida pode apresentar valores mais baixos de pH entre 4,0 e 2,0 que podem causar diversos tipos de danos [8]. Esta pesquisa teve como objetivo avaliar em laboratório o potencial de lixiviação do carbaril em diferentes volumes e valores de pH de precipitação, por meio de colunas de solo. Para este estudo, será utilizado o método de extração sólido-líquido com partição a baixa temperatura (ESL-PBT) e análise em cromatógrafo a líquido de alta eficiência (CLAE-UV).

2 Metodologia

Para a realização deste estudo, após o preenchimento das colunas com o solo, foram aplicadas doses do padrão carbaril seguindo as indicações do produto comercial SEVIN®. Após a aplicação, foram simulados diferentes volumes e valores de pH de precipitação. Posteriormente à simulação, foram realizadas coletas do solo em diferentes profundidades para avaliar a lixiviação do carbaril no perfil do solo presente na coluna. A concentração do carbaril, no solo, ao longo do perfil das colunas, foi determinada utilizando o método de extração sólido-líquido com partição a baixa temperatura (ESL-PBT) e análise por cromatografia líquida de alta eficiência (HPLC-UV). Os testes de lixiviação, o preparo das amostras de solo, a extração do carbaril e as análises cromatográficas foram realizadas no laboratório de Química Analítica do Instituto Federal de Goiás, Campus Itumbiara.

2.1 Preparação das colunas de solo

Para a confecção das colunas de solo seguiu-se o procedimento conforme descrito por Faria [9], Inove e colaboradores [10] com algumas modificações. Foram utilizadas colunas de PVC de 10 cm de diâmetro por 60 cm de comprimento. Antes do preenchimento, as colunas foram parafinadas internamente para que no momento da precipitação as paredes de PVC não facilitassem ou criassem rotas preferenciais no transporte da água. A metodologia escolhida para a parafinação foi utilizando velas e esponjas. Submeteu-se cerca de quatro velas em um béquer, levando-o à chapa aquecedora. À medida que a parafina chegava ao seu ponto de fusão (estado sólido para o líquido), com o auxílio de um bastão de vidro, realizava a homogeneização da parafina e com a ajuda de uma esponja, as laterais internas de toda coluna eram agilmente parafinadas.

As colunas foram preenchidas com latossolo vermelho retirado da própria instituição, pelo fato de não existir histórico de utilização de agrotóxicos que eventualmente pudessem interferir na pesquisa. Priorizou-se a retirada do perfil do solo o mais próximo da condição real, retirando camadas de acordo com as medidas das colunas, as quais foram preenchidas de acordo com a profundidade retirada, até que se obteve um preenchimento de mais ou menos 50 cm da coluna. Posteriormente, com o preenchimento das colunas, os cálculos foram feitos para o preparo da calda de carbaril e, em seguida, aplicado no topo das colunas.

2.2 Aplicação do carbaril para avaliação da lixiviação

Foi preparado 15 mililitros de uma solução do padrão carbaril na concentração de 100 mg L⁻¹. Para isso, 1,5 mg do padrão carbaril foram dissolvidos em 15 mL de água deionizada. Em seguida, aproximadamente 3,15 mL da solução foram aplicadas no topo de cada coluna, respeitando a dose por hectare indicada na bula do produto comercial. Após um período de, aproximadamente, 3 horas; foi iniciado o processo de precipitação.

2.3 Simulação da precipitação e coleta das amostras

Tomando como base os índices pluviométricos da região sul do Estado de Goiás, para avaliar a influência do volume de precipitação na lixiviação do carbaril, foram simulados 50 mm e 150 mm de precipitação. Para avaliar a influência do pH no deslocamento vertical do carbaril, foi fixado o valor de 100 mm de precipitação, variando o potencial hidrogeniônico em pH=4 e pH=5.

Para as coletas das amostras de solo, foram efetuados furos de mais ou menos 2 cm de diâmetro ao longo da coluna para retirada da amostra. As profundidades das coletas foram, 0-20, 25-35, 35-45 cm respeitando a ordem do perfil do solo. Após a retirada das amostras e a secagem em temperatura ambiente, elas foram submetidas à extração sólido-líquido, com partição a baixa temperatura. A Figura 02 mostra o esquema da simulação da precipitação em milímetros e a profundidade das coletas em centímetros. Uma coluna foi mantida sem aplicação do carbaril como controle.

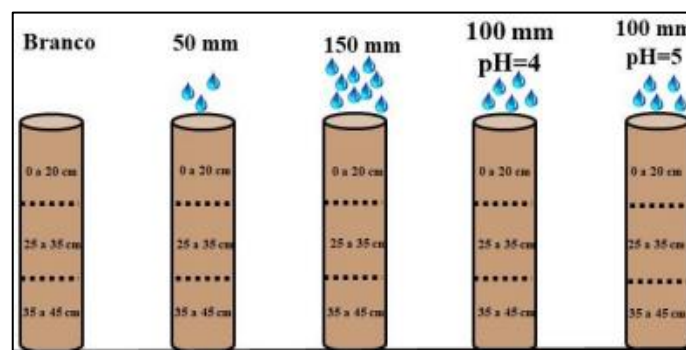


Figura 2 - Esquema demonstrando a simulação da precipitação e coleta das amostras. Fonte: Os autores (2022)

2.4 Extração sólido-líquido com partição a baixa temperatura

Foi utilizada a metodologia otimizada por Goulart [11] para a extração e quantificação das concentrações do carbaril nas matrizes. Para a extração do carbaril na matriz de solo, pesou-se 1,0000g do material seco em frascos de vidro com tampa e capacidade de 22 mL. Em seguida, adicionou-se 1,5 mL de água deionizada, 4 mL do solvente extrator acetoneitrila. Logo depois, o sistema foi agitado em agitador de tubos do tipo vortex e, posteriormente, deixado em freezer por um período de 2 horas a uma temperatura de aproximadamente -20 °C para que ocorresse a partição a baixa temperatura. Após a partição, foi retirada uma alíquota de 1 mL do sobrenadante, fase orgânica, para análise em cromatógrafo à líquido de alta eficiência.

2.5 Análise cromatográfica

O sistema operacional do cromatógrafo foi configurado com as seguintes condições: detector UV a 195 nm; coluna Kinetex 5 µm EVO C18 - 150 x 4,6 mm; fase móvel (modo isocrático); acetoneitrila:Água 35:65 v/v; Vazão da fase móvel 0,8 mLmin⁻¹; temperatura da coluna 35 °C; volume de injeção 20 µL; e tempo de análise 7 min.

O carbaril foi identificado por meio da comparação com o tempo de retenção do padrão na análise sob mesmas condições. A quantificação foi obtida pelo método da padronização externa. Para isso, foi construída uma curva analítica com diferentes concentrações do padrão carbaril de 0,5 a 10 mg L⁻¹.

3 Resultados e discussões

3.1 Curva Analítica

A análise quantitativa para verificar a concentração do carbaril nas amostras de solo foi realizada com base na curva analítica apresentada na Figura 3.

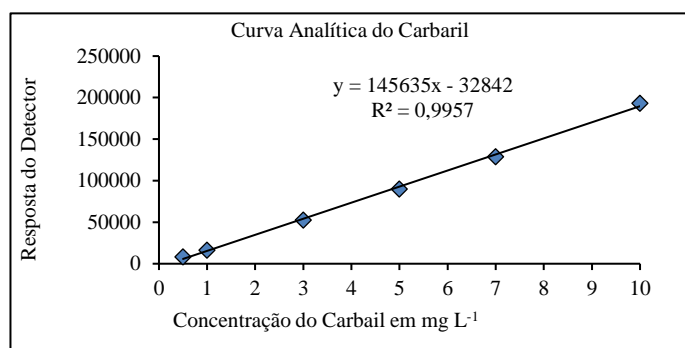


Figura 3- Curva Analítica do padrão carbaril em diferentes concentrações (0,5 a 10 mg L⁻¹).

Como visto na Figura 3, a equação da reta apresentou um coeficiente de correlação de 0,9957, demonstrando uma ótima relação entre a concentração do carbaril e as respostas do detector. Segundo a ANVISA, coeficientes de correlação iguais ou superiores a 0,99 são ideais para o ajustamento dos resultados [12].

3.2 Identificação do Carbaril

O Cromatograma apresentado na Figura 4, mostra a comparação realizada entre uma solução do padrão carbaril a 5 mg L⁻¹ com uma solução do extrato do branco da matriz.

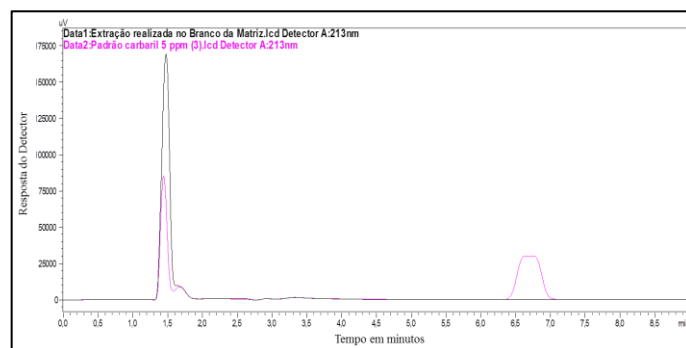


Figura 4- Cromatograma de uma solução do padrão carbaril a 5 mg L⁻¹ em comparativo com o extrato obtido de uma amostra do branco da matriz.

Como pode ser verificado na Figura 4, o tempo de retenção do agrotóxico carbaril foi de 6,8 minutos. Não houve interferentes no tempo de retenção do mesmo; desta forma, observa-se que as condições cromatográficas adotadas para as análises foram adequadas na identificação do carbaril.

3.3 Concentração do carbaril ao longo do perfil da coluna

Aproximadamente 3,15 mL de uma solução do padrão carbaril a 100 mg L⁻¹, foram aplicadas no topo de cada coluna. Na Tabela 1, são apresentadas as concentrações detectadas em cada perfil das colunas.

Tabela 1: Concentração de carbaril detectadas ao longo do perfil das colunas.

Perfil Coluna	Colunas			
	150 mm	50 mm	pH4	pH5
Concentração em mg L ⁻¹ detectada				
0-20 cm	90,98	96,67	94,1	93,46
25-35 cm	24,93	*	5,86	*
35-45 cm	5,23	*	*	*

*Amostras sem detecção do carbaril.

Nos próximos tópicos, serão apresentados os cromatogramas correspondentes a cada perfil.

3.4 Variação do volume de precipitação

Os Cromatogramas apresentados na Figura 5 correspondem às análises realizadas nas amostras de solo coletadas na coluna onde foi simulado 50 mm de precipitação.

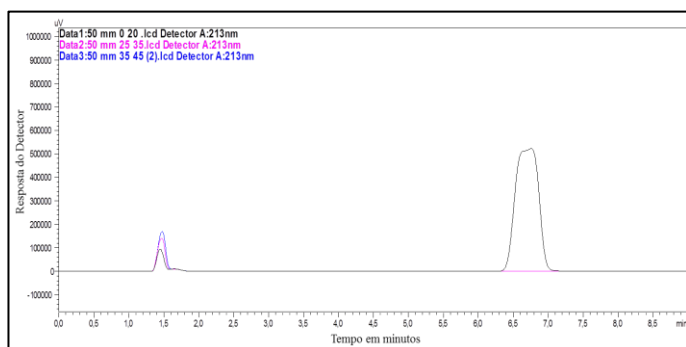


Figura 5- Cromatograma coluna 50 mm de precipitação.

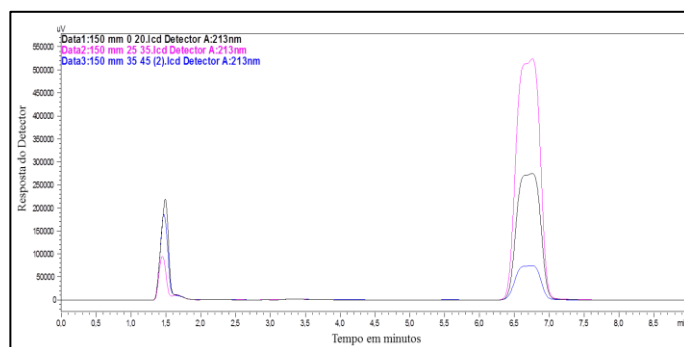
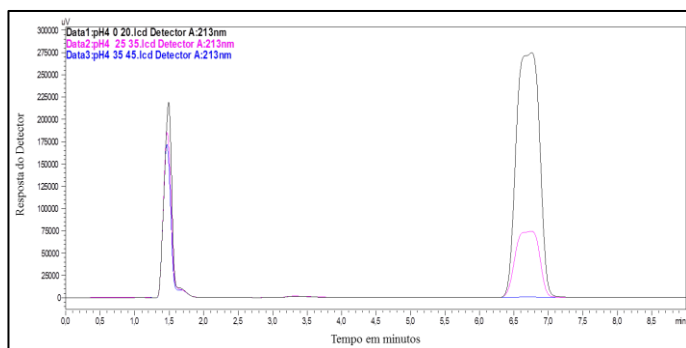


Figura 6 – Cromatograma da coluna de 150 mm de precipitação



Como visto na Figura 5, ao simular 50 mm de precipitação, o princípio ativo carbaril foi encontrado apenas nas camadas superficiais da coluna (0 a 20 cm). As amostras coletadas nos demais perfis (25 a 45 cm) não apresentaram concentrações de carbaril, o que demonstra que o agrotóxico não se movimentou para áreas mais profundas do perfil da coluna. Segundo Garbellini e Uiana [13], devido às características de adsorção e dessorção, aliada à baixa persistência do carbaril no solo, o princípio ativo apresenta baixa movimentação. Além disso, segundo os autores, quando o agrotóxico carbaril é aplicado de maneira correta e em condições normais, estas características fazem com que o produto fique nas camadas superficiais do solo.

Na Figura 6 são apresentados os cromatogramas resultantes das extrações realizadas nas amostras coletadas na coluna onde foi simulado 150 mm de precipitação.

Observa-se na Figura 6 que, ao aumentar 3 vezes o volume de precipitação (50 mm para 150 mm), o princípio ativo carbaril se movimentou para todos os perfis da coluna de solo. Como visto nos cromatogramas, foram encontradas concentrações de carbaril nos três perfis analisados. Desta forma, pode se inferir que o volume de precipitação interfere na lixiviação do princípio ativo no solo. Segundo dados obtidos na *International Union of Pure and Applied Chemistry – IUPAC*, o carbaril apresenta baixa solubilidade em água, no entanto apresenta tendência moderada de movimentação no solo [14]. Além disso, no que se refere à movimentação, o tipo de solo é um fator fundamental. As colunas foram preenchidas com latossolo vermelho, esse tipo de solo apresenta boa drenagem e alta permeabilidade [15]. Tais características, tanto do solo quanto do princípio ativo carbaril, podem ser um indicativo para a lixiviação ao longo do perfil da coluna quando o volume de precipitação é aumentado [3].

3.5 Variação no valor do pH

A Figura 07 demonstra os cromatogramas das análises realizadas nas amostras onde o pH da água, utilizada na simulação da precipitação, foi alterado para um valor de pH=4. Para esta simulação, o volume de precipitação foi fixado em 100 mm.

Figura 7 - Cromatograma da coluna de 100 mm de precipitação com pH=4,0

Como observado na Figura 07, ao simular um volume de precipitação de 100 mm com um pH=4 foram encontradas

concentrações do agrotóxico carbaril até o perfil intermediário da coluna (0 a 35 cm).

Na Figura 08, são demonstrados os cromatogramas resultantes do aumento do potencial hidrogeniônico (pH=5) da água utilizada na simulação da precipitação. Como pode ser observado, a elevação do pH em 1 unidade desfavorece a movimentação vertical do carbaril ao longo da coluna de solo, pois foram observadas concentrações de carbaril apenas na camada superficial da coluna (0 a 20 cm).

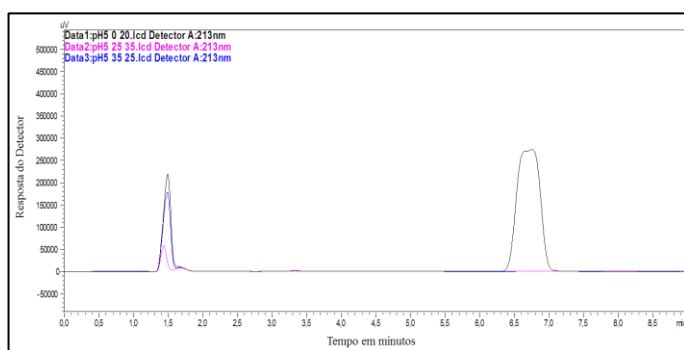


Figura 8 – Cromatograma da coluna de 100 mm de precipitação com pH= 5,0.

Não foram encontradas na literatura científica pesquisas com objetivo de avaliar a influência de chuva ácida ou variação de pH da água na lixiviação de agrotóxicos. Os trabalhos encontrados na literatura científica avaliaram somente a variação de pH no solo. Uma possível explicação para o carbaril ter sofrido menor lixiviação em pH mais elevado (pH=5) pode estar no seu tempo de meia vida na água e sua hidrólise em água. Segundo Garbellini e Uliana [13] a persistência do carbaril em água é influenciada pelo pH do meio e o seu tempo de meia vida decresce consideravelmente em função do pH, ou seja, sua estabilidade é inversamente proporcional ao valor de pH. Desta forma, meios aquosos com valores de pH menor promovem maior estabilidade ao princípio ativo. Ainda segundo os autores Garbellini e Uliana [13], o mesmo ocorre com a hidrólise dos agrotóxicos: em sua grande maioria, esses compostos são estáveis à hidrólise em meios aquosos ácidos; no entanto, a hidrólise é facilitada em meios aquosos mais alcalinos.

4 Considerações Finais

Com base nos padrões preestabelecidos e na metodologia aplicada para a condução da presente pesquisa, os resultados foram satisfatórios, sendo possível verificar a ocorrência da lixiviação do Carbaril no perfil do solo e analisar a relação existente entre o volume de precipitação e condições diferentes de pH.

O uso de colunas de solo permitiu avaliações de forma mais realista, conseguindo reproduzir em laboratório a modelagem do transporte do agrotóxico carbaril ao longo do perfil do solo, aliado às análises laboratoriais que permitiram a detecção do agrotóxico e de sua concentração, possibilitando resultados exatos.

A lixiviação do agrotóxico ocorreu mesmo com um valor baixo de volume de precipitação permanecendo nas camadas superficiais do solo, o que demonstra uma tendência do princípio ativo lixiviar e atingir o lençol freático. Porém, percebe-se que o agrotóxico tende a alcançar maiores profundidades da camada do solo quando se eleva o volume de precipitação e através da alteração do pH da água que pode acontecer proveniente de chuva ácida.

Existem fatores que contribuem ou interferem no processo de lixiviação de um agrotóxico em condições reais, como característica e qualidade do solo, capacidade de absorção e dessorção, biodegradação, volatilização, acidez; entre muitos outros. Porém, essa pesquisa demonstra que a aplicação de agrotóxicos, seja por meio de pulverização ou diretamente ao solo, pode sim ocasionar riscos à saúde e ao meio ambiente através da lixiviação desse produto no perfil do solo ocasionado pelas irrigações ou água das chuvas.

Em áreas com ocorrência de chuvas ácidas o problema pode se agravar devido à facilidade de escoamento estando o produto em meio ácido, podendo atingir as camadas mais profundas e, possivelmente, o lençol freático; causando sérios problemas de contaminação nos rios. Contudo, é necessário estudo como este para que se possa cada vez mais desenvolver análises e técnicas experimentais que tragam o conhecimento sobre o comportamento destes agrotóxicos em solo. Além da quantidade de novas liberações para uso no país, podendo ser um risco à população.

Agradecimentos

Nossos agradecimentos ao Instituto Federal de Goiás (IFG)- Campus Itumbiara onde foram realizados todos os procedimentos do projeto e ao Núcleo de Pesquisas em Química de Goiás (NUPEQUI).

STUDY OF CARBARYL LEACHING IN SOIL COLUMNS UNDER THE INFLUENCE OF DIFFERENT VOLUMES AND PH OF PRECIPITATIONS

ABSTRACT: In 2008, Brazil became the world's largest consumer of pesticides. Carbaryl has the nomenclature methyl 1-naphthyl carbamate, the chemical formula $C_{12}H_{11}NO_2$ is a contact insecticide with high toxicity and wide range of uses, suitable for almost all types of crops. Leaching involves the vertical movement of pesticides along the soil profile, which occurs in conjunction with the infiltration of rainwater or irrigation. Soil columns have been widely used in experimental studies to evaluate the leaching potential of pesticides. In summary, this study aimed to simulate different rainfall and pH, using soil column and High-Performance Liquid Chromatography (HPLC). To carry out this study, 5 soil columns were filled with red latosol type soil and at the top of each column, with the exception of the white one, doses of the active carbaryl principle were applied. After application, different volumes were simulated, 50 mm, 100 mm (pH=4 and pH=5) and 150 mm of precipitation. Subsequently, soil samples were collected at different depths along the soil column. The carbaryl concentration was determined by the solid-liquid extraction method with low temperature partition (SLE-LTP) and HPLC analysis with an ultraviolet (UV) detector. With the results of the analysis, it was observed that the column whose precipitation was of greater volume, 150 mm, the carbaryl leached to deeper profiles of the column in relation to the column with less precipitation, 50 mm. Varying the pH, it was verified that the column where the pH value was lower (pH=4) the leaching of carbaryl was favored, since concentrations of the active ingredient were found in deep layers of the soil profile. When the precipitation simulation was performed with pH=5, carbaryl was detected only in the surface layer of the soil profile. Thus, with the accomplishment of this study, it can be inferred that the variables, precipitation volume and pH value, can interfere in the vertical movement of carbaryl in the soil.

Keywords: Vertical displacement; Carbaryl in the soil; precipitation and pH.

REFERÊNCIAS

- [1] ALVES FILHO, J.P. Uso de agrotóxicos no Brasil - controle social e interesses corporativos. São Paulo: Annablume, Fapesp; 2002.
- [2] CARNEIRO, Fernando Ferreira et al. Segurança alimentar e nutricional e saúde. CARNEIRO et al. Dossiê ABRASCO: um alerta sobre os impactos dos agrotóxicos na saúde. São Paulo: Expressão Popular, p. 46-89, 2015.
- [3] REBELO, R.; CALDAS, E. D. Avaliação de risco ambiental de ambientes aquáticos afetados pelo uso de agrotóxicos. Química Nova. vol.37, n.7, pp.1199-1208, 2014.
- [4] ANVISA. AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (Brasil). Monografias de agrotóxicos. Disponível em: <http://portal.anvisa.gov.br>. Acesso em: 27 jul. 2021.
- [5] ROZO, J. C.; LÓPEZ, J. A. G.. Rutas de degradación del plaguicida n-metil carbamato carbaril.. Universidad de Boyacá. I3+, v. 2, n. 2, p. 134-147, 2015. Disponível em: <http://revistasdigitales.uniboyaca.edu.co/index.php/reiv3/article/view/115/113>. Acesso em: 25/08/2020.
- [6] SCORZA JR, R. P. Embrapa desenvolve programa computacional para avaliar risco de contaminação por agrotóxicos. Jornal dia de Campo, 2018. Disponível em: <http://www.diadecampo.com.br/zpublisher/secoes/Home.asp>>; Acesso em: 20/09/2020.
- [7] STEFFEN, G. P. K.; STEFFEN, R. B.; ANTONIOLLI, Z. I. Contaminação do solo e da água pelo uso de agrotóxicos. Tecno-logica, v. 15, n. 1, p. 15-21, 2011. Acesso em:24/09/2020.
- [8] SOUZA, G., SILVA, R., OLIVEIRA JUNIOR, J. M., & MENDONÇA, N.; Chuva Ácida: Estudo de Caso Na Região Metropolitana de Belém/PA. V Simpósio de Estudos e Pesquisas em Ciências Ambientais na Amazônia, v. 4, 2016. Anais do Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental e Sustentabilidade - Vol. 4: Congestas 2016 ISSN 2318-7603. Disponível em: <http://eventos.ecogestaobrasil.net/congestas2016/trabalhos/pdf/congestas2016-et-05-015.pdf>. Acesso em: 24/09/2020.
- [9] FARIA, A.T. Sorção, desorção, meia-vida e lixiviação do tebutiuron em latossolos brasileiros.2013. 71 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa 2013.
- [10] INOUE, M. H.; SANTANA, D. C.; OLIVEIRA JR. R.S.; CLEMENTE, R. A.; DALLACORT, R.; POSSAMAI, A. C. S.; SANTANA, C. T. C.; PEREIRA, K. M. Potencial de lixiviação de herbicidas utilizados na cultura do algodão em colunas de solo. Planta Daninha, v. 28, n. 4, p. 825-833, 2010.
- [11] GOULART, A. C. Otimização e aplicação da extração sólido líquido com partição a baixa temperatura para determinação de carbofurano em solo. 2017. 99 f. Dissertação (Mestrado em Meio Ambiente e Qualidade Ambiental) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2017.

[12] ANVISA. AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA; RE nº 899, de 29/05/2003: Guia para validação de métodos analíticos e bioanalíticos, Ministério da Saúde: Brasil, 2003.

[13] GARBELLINI, G. S.; ULIANA, C. V. Toxidez, degradação no meio-ambiente e métodos eletroanalíticos de detecção do pesticida carbaril. Pesticidas: Revista de Ecotoxicologia e Meio Ambiente, [S.l.], v. 17, dez. 2007. ISSN 0103-7277.

[14] IUPAC. International Union of Pure and Applied Chemistry. IUPAC. Footprint pesticides properties database. Disponível em: <http://sitem.herts.ac.uk/aeru/iupac/atoz.htm>. Acesso em 21 ago. 2021.

[15] AGEITEC. AGÊNCIA EMBRAPA DE INFORMAÇÃO TECNOLÓGICA. Latossolos vermelhos. Disponível em: http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/solos_tropicais/arvore/CONT000fzyjaywi02wx5ok0q43a0r9rz3uhk.html. Acesso em: 12 ago. 2021.