

TEORES DE CÁDMIO E CHUMBO EM SOLOS DE ÁREAS DE PRODUÇÃO DE LÚPULO NA REGIÃO SERRANA DO RIO DE JANEIRO

Data de aceite: 01/04/2024

Maria Gabriela Alves da Cruz

Estudante de graduação da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ)

Mariana Ferreira Santa Cruz Coimbra

Doutoranda do Programa de Pós-graduação em Fitotecnia (UFRRJ/ PPGF)

Vitoria Gomes Ribeiro

Estudante de graduação da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ)

Farley Alexandre da Fonseca Breda

Pós doutorando do Departamento de Solos da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (PPGCS-A/ UFRRJ)

Nelson Moura Brasil do Amaral Sobrinho

Professor do Programa de Pós-graduação em Agronomia – Ciência do Solo da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ)

Erica Souto Abreu Lima

Professora do Programa de Pós-graduação em Fitotecnia da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ)

cervejas, e o interesse no seu cultivo vem aumentando, mas pouco se conhece a respeito da presença de metais no solo e a sua relação com os fertilizantes solúveis utilizados no seu cultivo. Objetivou-se neste trabalho avaliar os teores dos metais pesados Cd e Pb e associar estes valores aos atributos químicos e físicos em área de produção de lúpulo na Região Serrana do Rio de Janeiro. Foram coletadas 20 amostras de solo na profundidade de 0-20 cm na propriedade. Para a determinação dos teores dos metais pesados foi utilizada a metodologia da EPA 3050B (USEPA, 1996). Os extratos foram analisados respectivamente em aparelho de Espectrometria de Absorção Atômica (EAA). Esses resultados foram confrontados com as características químicas e físicas dos solos através da Análise de Componentes Principais (ACP) usando o programa estatístico SAS versão 9.2 (SAS, 2010). Os teores de Pb apresentaram valores próximos aos valores naturais obtidos para solos da região Serrana, não representando potencial risco para o ambiente. No entanto, para o elemento Cd foi evidenciado aumento expressivo em alguns pontos, despertando maior preocupação com os possíveis impactos sobre o agroecossistema, e

RESUMO: O lúpulo é uma planta mundialmente utilizada na produção de

também na qualidade do lúpulo produzido na região. Além disso evidenciou-se que a declividade contribuiu para o aumento de Cd e Pb nos pontos de menor elevação do terreno.

PALAVRAS-CHAVE: agricultura de montanha, contaminação, metais pesados

CADMIUM AND LEAD CONTENT IN SOILS IN HOP PRODUCTION AREAS IN THE MOUNTAIN REGION OF RIO DE JANEIRO

ABSTRACT: Hops are a plant used worldwide in beer production, and interest in their cultivation has been increasing, but little is known about the presence of metals in the soil and their relationship with the soluble fertilizers used in their cultivation. The objective of this work was to evaluate the levels of heavy metals Cd and Pb and associate these values with chemical and physical attributes in a hop production area in the mountainous region of Rio de Janeiro. 20 soil samples were collected at a depth of 0-20 cm on the property. To determine the levels of heavy metals, the EPA 3050B methodology was used (USEPA, 1996). The extracts were analyzed respectively in an Atomic Absorption Spectrometry (AAS) device. These results were compared with the chemical and physical characteristics of the soils through Principal Component Analysis (PCA) using the statistical program SAS version 9.2 (SAS, 2010). The Pb contents presented values close to the natural values obtained for soils in the Mountain region, not representing a potential risk to the environment. However, for the Cd element, a significant increase was evident in some points, raising greater concern about the possible impacts on the agroecosystem, and also on the quality of hops produced in the region. Furthermore, it was evident that the slope contributed to the increase in Cd and Pb at the lowest elevation points of the terrain.

KEYWORDS: contamination, heavy metals, mountain agriculture.

INTRODUÇÃO

O cultivo de lúpulo (*Humulus lupulus L.*) é direcionado principalmente para o mercado cervejeiro por causa de sua rica composição química, que confere aroma e amargor a estas bebidas (MARCOS et al., 2011; PERAGINE, 2011). O Brasil é um dos maiores produtores e consumidores de cerveja no mundo e, recentemente, o cultivo de lúpulo no Brasil tem se apresentado viável em várias regiões do país, e sua produção tem despertado a atenção de muitos produtores de cerveja.

Diante do aumento da produção do lúpulo na Região Serrana do Rio de Janeiro, se torna fundamental a compreensão dos fatores edáficos da região e, portanto, é muito importante o desenvolvimento de pesquisas a respeito do impacto antrópico sobre o solo utilizado para o cultivo.

Compreender a relação dos metais com a fertilidade do solo e o relevo, e identificar se o teor destes elementos está equivalente aos valores naturais da região, se torna fundamental para promover um cultivo ambientalmente seguro. Neste contexto foram avaliados os teores de Cd e Pb com o objetivo de associar estes valores aos atributos químicos e físicos em área de produção de lúpulo na Região Serrana do Rio de Janeiro.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado na fazenda GP, pertencente à empresa de bebidas Grupo Petrópolis, localizada na Serra do Capim, no município de Teresópolis, Região Serrana do Rio de Janeiro, coordenadas 22°10'50.8"S, 42°50'59.8"W, Brasil.

Foram coletados 20 pontos de amostras simples de solo em uma área de produção de lúpulo (aproximadamente 12.800 m²) na profundidade de 0 a 20 cm.

As amostras de terra foram secas ao ar, destorroadas, tamizadas com peneira de malha de 2 mm (n° 10 ABNT) e homogeneizadas. Posteriormente, foram maceradas em almofariz de ágata e peneiradas em tamiz de malha de 0,150 mm para determinação dos teores pseudototais de metais pesados utilizando o método USEPA 3050B. A leitura dos metais foi realizada através de Espectrometria de Absorção Atômica.

Também foram analisadas quanto ao teor de carbono orgânico (Corg), pH (H₂O), Ca, Mg, K e Al trocáveis, P assimilável, H+Al (acidez potencial), soma de bases, saturação por bases (V%) e CTC a pH 7,0, e granulometria (areia, silte e argila), segundo a metodologia proposta pela Embrapa (TEIXEIRA et al, 2017).

Para avaliação da qualidade das análises de solo, foi utilizado material certificado SRM 2709a - San Joaquin Soil (NIST, 2003), certificado pelo National Institute of Standards and Technology.

Os dados foram analisados através de estatística descritiva, com valores de média, mínimo e máximo, e através da análise de componentes principais (ACP) utilizando o programa estatístico SAS versão 9.2 (SAS, 2010).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabelas 1 e 2 são apresentados os resultados da análise química e granulometria (areia, silte e argila) do solo, conforme metodologia proposta pela Embrapa (2017).

Tabela 1 : Caracterização química de solo da área de cultivo de lúpulo na região Serrana do Rio de Janeiro.

	pH	P	K+	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na+	S	Al	H + Al	CTC	V	C org	Argila	Silte	Areia
	(H ₂ O)	mg dm ⁻³				cmolc dm ⁻³								%	
Media	5,2	17,5	0,1	2,66	1,21	0,1	3,98	0,3	10,7	5,4	29,6	4,66	55	8,0	36
Mínimo	4,5	10,25	0,05	0,98	0	0,02	1,57	0,09	4,42	2,2	11,8	0,84	50	4	33
Máximo	6,33	86,59	0,19	5,27	3,75	0,26	7,32	0,94	20,02	40,2	76,8	6,01	62	10	41

É possível observar que o valor médio de pH (Tabela 1) foi igual a 5,2, o que caracteriza um solo ácido para o cultivo do lúpulo. No entanto, alguns pontos apresentaram valores maiores, sendo o valor máximo igual a 6,33. Essas faixas de pH caracterizam os solos da região como ácidos, e essa condição favorece a solubilidade dos metais, principalmente em solos muito intemperizados, devido à presença de óxidos, hidróxidos e oxihidróxidos de Fe, Al e Mn, que possuem majoritariamente grupamentos funcionais pH dependentes, que nessa condição, estão carregados positivamente. (RIEUWERTS et al., 2006).

O K apresentou teor médio de $0,1 \text{ cmolc dm}^{-3}$ (39 mg kg^{-1}), sendo seus teores mínimo e máximo de $0,05 \text{ cmolc dm}^{-3}$ e $0,19 \text{ cmolc dm}^{-3}$ (equivalente a $19,5 \text{ mg kg}^{-1}$ e $74,1 \text{ mg kg}^{-1}$), respectivamente. De acordo com o Manual de Adubação e Calagem do Rio de Janeiro, esses valores são considerados baixos para K, sendo o teor ideal acima de 81 mg dm^{-3} (FREIRE et al., 2013). Segundo Chen et al. (2008), o K, assim como o N, também é um macronutriente para o crescimento do lúpulo, exercendo o controle da pressão osmótica, ajuste do turgor e controle da polarização da membrana e biossíntese de proteínas.

O teor médio da soma dos teores de Ca e Mg, é considerado como mediano, ou seja, está entre a faixa $2,1 - 6,0 \text{ cmolc dm}^{-3}$, segundo Freire et al. (2013). Já o teor médio de Al trocável ($0,3 \text{ cmolc dm}^{-3}$) é considerado como tóxico para as plantas, sendo necessária a recomendação de práticas como a calagem para a neutralização do Al.

Para o elemento P, os valores variaram entre $10,25$ e $86,59 \text{ mg dm}^{-3}$, com média de $17,5 \text{ mg dm}^{-3}$ (tabela 1). Segundo Freire et al. (2013), o teor médio encontrado nos solos é considerado como mediano ($11 - 20 \text{ mg dm}^{-3}$), enquanto o valor máximo pode ser considerado muito alto ($> 30 \text{ mg dm}^{-3}$), quando a análise foi realizada com extrator Mehlich-1. Ressalta -se que estes valores atendem à demanda nutricional deste elemento para o lúpulo ($2,00 \text{ mg dm}^{-3}$) (RODOLFI et al., 2021) A grande variação de P pode ter sido causada pela aplicação localizada de adubos fosfatados solúveis, o que refletiu em uma variação muito grande deste elemento entre os pontos. O uso excessivo de adubos fosfatados foi verificado também por Gonçalves et al. (2022), analisando amostras de solo de áreas produtoras de couve comum em Petrópolis (Região Serrana – RJ). Esses autores verificaram que 70,5% das amostras apresentavam teores muito altos ($> 30 \text{ mg kg}^{-1}$) de P.

Em relação a análise granulométrica, observa-se que em todos os pontos as amostras foram classificadas como de textura argilosa à muito argilosa (teor de argila de 50-52%).

Na Tabela 2, verifica-se que o teor médio de Cd ($0,20 \text{ mg kg}^{-1}$) foi superior ao valor de referência de qualidade (VRQ) da região ($0,04 \text{ mg kg}^{-1}$) (LIMA et al., 2018), cerca de 5 vezes superior. Ao analisar o conjunto de dados observa-se que alguns pontos apresentaram teores muito elevados, sendo o valor máximo igual a $0,90 \text{ mg kg}^{-1}$, o que representa um enriquecimento superior a 20 vezes o valor natural dessas áreas, classificando esses pontos como de severa contaminação, o que representa um potencial risco para as áreas produtoras de lúpulo. Enquanto que o Pb apresentou teor médio de $5,55 \text{ mg kg}^{-1}$ e máximo de $18,83 \text{ mg kg}^{-1}$, teores inferiores ao VRQ da região (29 mg kg^{-1}).

Tabela 2: Teores de Cd e Pb em solos de área de cultivo de lúpulo na região Serrana do Rio de Janeiro.

	Cd	Pb
	mg kg ⁻¹	
Média	0,20	5,55
Mínimo	0,00	0,00
Máximo	0,90	18,83

Na figura 1 é apresentado o gráfico biplot, obtido através da Análise de Componentes Principais (ACP), dos teores pseudototais de Cd e Pb, com os atributos do solo e do relevo (elevação). Observa-se que os teores de Cd e Pb apresentaram relação estreita e positiva com os teores de P assimilável e K trocável, e inversa com os teores de argila, Corg e Elevação, evidenciando a contribuição antropogênica no enriquecimento de Cd e Pb nos solos, provenientes possivelmente do uso de adubos fosfatados solúveis e potássicos que são aplicados na área de estudo. Dentre os fertilizantes comumente utilizados nos cultivos agrícolas na região Serrana do estado do Rio de Janeiro, os fosfatados solúveis, obtidos por meio de tratamento ácido de rochas fosfatadas (apatitas), ganham destaque pela presença de metais pesados como Cd e Pb, que são tidos como impurezas na sua composição (ZOFOLLI et al., 2013; AMARAL SOBRINHO; ZONTA, 2016; SOUSA et al. 2020). Esse adubo, quando aplicado ao solo reduz o pH, em torno dos grânulos, para valores muito próximos a 2,0 e, nessas condições, os metais pesados, presentes como impurezas, são solubilizados e se tornam biodisponíveis para as plantas (SALDANHA, 2022).

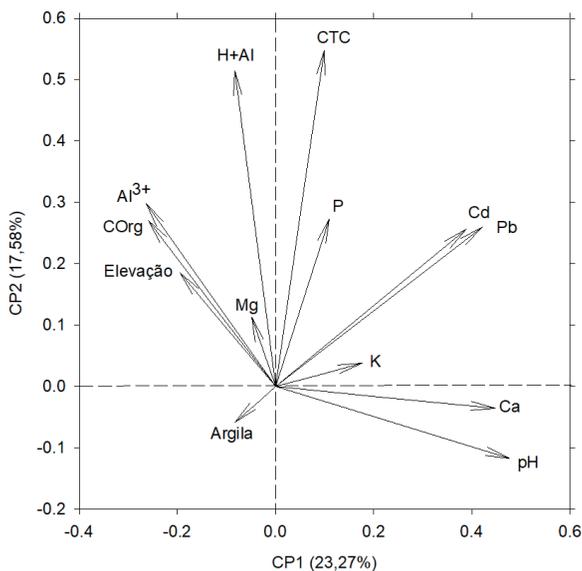


Figura 1: Análise de Componentes Principais entre os teores pseudototais de Cd e Pb e os atributos do solo.

Verificou-se também alta influência do relevo nos teores de Cd e Pb, onde os maiores teores foram encontrados nos pontos de menor elevação (Figura 1). A acumulação pode ter ocorrido pelo arraste de partículas do solo através do processo de erosão, acumulando-se nas partes mais baixas do relevo. O processo provoca o arraste de P assimilável e K trocável, o que também justifica os maiores teores desses nutrientes nos pontos de menor elevação.

Os teores de Pb na área de produção de lúpulo encontram-se próximos aos valores naturais obtidos para solos da região Serrana, não representando potencial risco para o ambiente. No entanto, para o elemento Cd foi evidenciado aumento expressivo em alguns pontos, despertando maior preocupação com os possíveis impactos sobre o agroecossistema, e também na qualidade do lúpulo produzido na região.

As diferenças no relevo associado ao uso de fertilizantes minerais fosfatados solúveis e potássicos foram os fatores que mais contribuíram para o aumento dos metais na área de estudo.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a parceria, disponibilidade de área de pesquisa, suporte técnico e logístico fornecido pelo Grupo Petrópolis (Sede: Teresópolis) e aos Programas de Pós- graduação em Fitotecnia da UFRRJ e de Agronomia - Ciência do Solo da UFRRJ.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CHEN, Y.-F.; WANG, Y.; WU, W.-H. Membrane Transporters for Nitrogen, Phosphate and Potassium Uptake in Plants. *J. Integr. Plant Biol.* 2008, 50, 835–848.

FREIRE, L. R et al. (2013). Manual de calagem e adubação do Estado do Rio de Janeiro. Brasília, DF: Embrapa ; Seropédica, RJ : Editora Universidade Rural. 430p.

LIMA, E.S.A.; MATOS. T de S.; PINHEIRO, H. S. K.; GUIMARÃES, L. D. D.; PÉREZ, D. V.;

AMARAL SOBRINHO, N. M. B. Soil heavy metal content on the hillslope region of Rio de Janeiro, Brazil: reference values. **Environmental monitoring and assessment**, v. 190, n 6, p. 1-11, 2018.

MARCOS, J. A. M. et al. Guia del cultivo del lúpulo. [Galícia]: [s.n.], 2011.

NIST – National Institute Standards and Technology. Standard Reference Materials – SRM 2709 – San Joaquin Soil. **Baseline Trace Element Concentrations**. Certificate Issue Date: 18 July 2003.

PERAGINE, J. Growing your own hops, malts, and brewing herbs. **Ocala: Atlantic**, 2011.

PRIEUWERTS, J. S. et al. The influence of soil characteristics on the extractability of Cd, Pb and Zn in upland and moorland soils. **Science of the total Environment**, v. 366, n. 2-3, p. 864-875, 2006

RODOLFI, M., BARBANTI, L., GIORDANO, C., RINALDI, M., FABBRI, A., PRETTI, L. & GANINO, T. (2021). Efeito de diferentes adubações foliares orgânicas sobre características fisiológicas e químicas em folhas e cones de lúpulo (*Humulus lupulus* L., cv Cascade). **Ciências Aplicadas**, 11 (15), 6778.

SALDANHA, G. R.; Fracionamento geoquímico de Cu, Pb e Cr em solos da Região Serrana – RJ: Valores de referência de biodisponibilidade e avaliação da contaminação em áreas cultivadas com hortaliças de folha. Dissertação (Mestrado em Solos), Universidade Federal rural do Rio de Janeiro, 2022.

SAS Institute Inc. SAS OnlineDocR 9.2. Cary, NC: SAS Institute Inc. 2010.

TEIXEIRA, P. C., DONAGEMMA, G. K., FONTANA, A., & TEIXEIRA, W. G. (2017). Manual de métodos de análise de solo.

ZOFOLLI, H., AMARAL SOBRINHO, N. M. B., ZONTA, E., LUISI, M. V., MARCON, G., & BECERRA, A. T. Inputs of heavy metals due to agrochemical use in tobacco fields in Brazil's Southern Region. **Environmental Monitoring and Assessment**, 185(3), 2423–2437, 2013.

WU, S., PENG, S., ZHANG, X., WU, D., LUO, W., ZHANG, T., WU, L. (2015). Níveis e avaliações de risco à saúde de metais pesados em solos urbanos em Dongguan, China. **Jornal de Exploração Geoquímica**, 148, 71-78