

DINÂMICA DE CÁDMIO (Cd) EM SOLOS DO PARQUE NACIONAL DO CATIMBAU: IMPACTO ANTROPOGÊNICO VERSUS BACKGROUND NATURAL

Vinícius Humberto da Silva Bezerra¹; Matheus Andrade Rocha Costa²; Marcelo Belmiro Gomes de Lira³; Crescêncio Andrade Silva Filho⁴; Neura Mendes da Silva⁵; Amanda Katielly Jordão Pessoa Felix da Silva⁶; Raphael Henrique de Moura Pereira⁷; Karolyne Santos da Silva⁸; Nathália Virgínia Ferreira Pereira⁹; Elvis Joacir de França¹⁰.

¹Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), Recife, PE.

²Centro Regional de Ciências Nucleares do Nordeste (CRCN-NE), Recife, PE.

³CRCN-NE, Recife-PE.

⁴CRCN-NE, Recife-PE.

⁵CRCN-NE, Recife-PE.

⁶CRCN-NE, Recife-PE.

⁷CRCN-NE, Recife-PE.

⁸CRCN-NE, Recife-PE.

⁹CRCN-NE, Recife-PE.

¹⁰CRCN-NE, Recife-PE.

PALAVRAS-CHAVE: Cádmio. Caatinga. Valores de referência.

DOI: 10.47094/ICOLUBRAPECI.2026/RE-17

INTRODUÇÃO

Cádmio (Cd) é um dos contaminantes inorgânicos mais relatados na literatura, caracterizando-se como um elemento químico potencialmente tóxico e cumulativo em animais e plantas. Proveniente de fontes antropogênicas (utilização de combustíveis fósseis, mineração e resíduos industriais) e naturais (atividade vulcânica e intemperismo), esse metal pode atingir o solo, as águas e, conseqüentemente plantas, animais e humanos. (Hutton, 1983; Kirkham, 2006; Kabata-Pendias, 2011; Boudia *et al.*, 2022).

Em solos altamente contaminados com Cd, principalmente pela forma iônica Cd²⁺, a transferência desse elemento químico para a parte aérea da planta através da raiz é um processo facilitado (Sterckman; Thomine, 2020). Desta forma, surge a necessidade de quantificar as concentrações de Cd principalmente nos solos, a base do sistema trófico (Kabata-Pendias, 2011).

O Parque Nacional (PARNA) do Catimbau é uma Unidade de Conservação com mais de 60 mil hectares localizada no semiárido pernambucano. Destaca-se como um dos últimos remanescentes de Caatinga ainda em excelente estado de conservação. Apresenta temperatura média anual de 23 a 25 °C e precipitações que variam de 480-1100 mm por ano, a vegetação consiste de árvores e arbustos decíduos de baixa estatura (Dos Santos *et al.*, 2026). Por ser uma área preservada e distante de grandes centros urbanos e industriais, o PARNA do Catimbau surge como um local estratégico para o estabelecimento de valores de referência de elementos químicos na flora e no solo, principalmente para elementos químicos tóxicos como Cd.

OBJETIVO

Comparar as concentrações de Cd em solos de áreas sob regeneração natural com áreas perturbadas por atividades antrópicas em parcelas permanentes no PARNA do Catimbau, visando estabelecer os valores de referência para Cd em solos das caatingas.

METODOLOGIA

As amostras de solo foram coletadas em 34 parcelas (20 x 50 m) permanentes no âmbito do Projeto PELD Catimbau instaladas no PARNA do Catimbau. As parcelas são divididas em áreas de Regeneração em Perturbadas, com atividade antrópica, e parcelas em Regeneração com diferentes idades de abandono (entre 4 e 70 anos), e parcelas em Perturbação (por exemplo, sobrepastoreio, exploração de madeira e caça). As amostras de solo em 3 pontos por parcelas, na profundidade de 0-5 cm, tendo em vista representar maior atividade de microrganismos, fator influenciável na concentração de Cd (Kabata-Pendias, 2011).

Em laboratório foram secas em estufa de circulação de ar a 60° C, cominuídas até tamanhos de partícula menores que 0,5 mm. Posteriormente foi realizada a solubilização ácida (digestão) em forno digestor (Provecto Analítica, DGT 100 Plus) a partir de 0,1 g de cada amostra de solo com 5 ml de HNO₃ a 65%. Posteriormente foram avolumados com água ultrapura e centrifugados para a remoção dos precipitados para posterior análise. A determinação de cádmio foi realizada por Espectrometria de Emissão Óptica por Plasma Acoplado Indutivamente (ICP-OES). O Material de Referência Certificado Montana Soil (SRM 2710) foi utilizado seguindo o mesmo procedimento das amostras de solo para a avaliação da qualidade do procedimento analítico. Para garantir que a metodologia usada seja adequada, o Erro Normalizado foi calculado para assegurar o procedimento empregado (INMETRO, 2020).

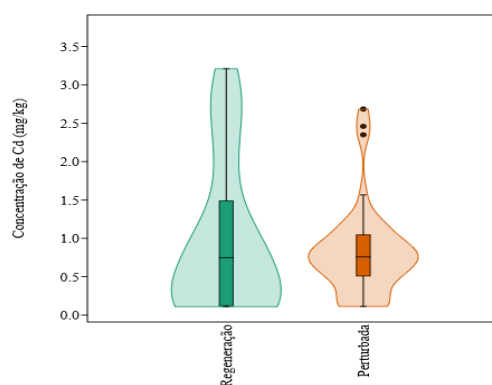
RESULTADOS E DISCUSSÃO

A adequação do método analítico foi avaliada através do Erro Normalizado, calculado a partir dos valores obtidos do material de referência certificado e a incerteza expandida associada a esses valores. A média dos valores do Erro Normalizado foi igual a -0,3, resultado situado entre -1 e 1, indicando a qualidade do procedimento analítico a nível de 95% de confiança para a determinação de Cd em solos do PARNA do Catimbau (INMETRO, 2020).

As concentrações (mediana e média) quantificadas foram de 0,747 e 0,964 mg kg⁻¹ para as áreas sob regeneração, e de 0,759 e 0,818 mg kg⁻¹ para as áreas perturbadas. Esses números estão dentro das faixas encontradas por Cardoso *et al.* (2026) e Fernández *et al.* (2026) para concentrações de Cd em solos da Caatinga e regiões próximas. Essa proximidade nos valores pode ser explicada pela baixa influência dos fatores antropogênicos, fazendo com que os fatores geológicos, como o intemperismo e a erosão, tenham maior efeito (Mikkonen *et al.*, 2018).

Devido à distribuição não normal dos dados (Teste de Shapiro-Wilk: $p < 0,05$), aplicou-se o teste não paramétrico de Mann-Whitney, o qual confirmou a ausência de diferenças estatísticas significativas nas concentrações de Cd entre as duas zonas ($p = 0,64$). A distribuição comparativa pode ser observada nos gráficos de violino da Figura 1, para as concentrações de Cd nas duas zonas estudadas.

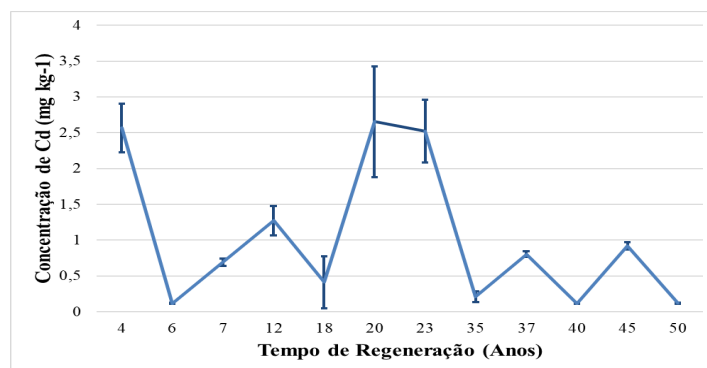
Figura 1: Concentrações de Cd em solos de áreas em regeneração e perturbadas no PARNA do Catimbau.



Fonte: Os autores (2026).

Adicionalmente, para confirmar a hipótese de controle natural com pouca influência antropogênica nas concentrações de Cd em solos do PARNA do Catimbau, a Figura 2 ilustra que o tempo cronológico de regeneração das parcelas não influenciou os teores do analito (Correlação de Pearson: $R = 0,19$; $p = 0,22$).

Figura 1: Concentrações de Cd em solos de áreas em regeneração no PARNA do Catimbau.



Fonte: Os autores (2026).

Essa estabilidade sugere uma baixa influência antropogênica, indicando que fatores geológicos, como o intemperismo, exercem maior controle sobre a dinâmica do Cd local. Tais concentrações corroboram a literatura (Cardoso *et al.*, 2026; Fernández *et al.*, 2026) e, devido à sua homogeneidade, podem ser propostas como valor de referência para solos das caatingas.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo evidenciou que os solos das caatingas do PARNA do Catimbau não apresentam teores de cádmio em áreas de regeneração estatisticamente distintos daqueles encontrados nas áreas perturbadas. Conclui-se que a dinâmica deste elemento na região é governada prioritariamente por fatores de *background* ambiental natural, consolidando as concentrações quantificadas como valores de referência para os solos das Caatingas.

PRINCIPAIS REFERÊNCIAS

BOUIDA, L. *et al.* A review on cadmium and lead contamination: sources, fate, mechanism, health effects and remediation methods. **Water**, v. 14, n. 21, p. 3432, 2022.

BRASIL. **LEI Nº 9.985, DE 18 DE JULHO DE 2000**. Regulamenta o art. 225, § 1o, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências. Diário Oficial da União, DF, Brasília, 2000.

CARDOSO, K. M. *et al.* Assessment of some potentially toxic elements on a watershed-scale through an integrated chemical and biological monitoring framework in the Caatinga-Atlantic Forest ecotone, Northeast Brazil. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 33, p. 4175–4190, 2026.

DOS SANTOS, A. B. *et al.* Soil attributes are key drivers of calcium, potassium, and magnesium

concentrations and stocks in a tropical dry forest. **Journal of Arid Environments**, v. 235, n. 105604, 2026.

FERNÁNDEZ, Z. H. *et al.* Chemical fractionation and environmental risk assessment of potentially toxic elements in topsoils of the caatinga biome. **Química Nova**, v. 49, n. e-20260051, p.1-8, 2026.

INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA (INMETRO). **Orientação sobre Validação de Métodos Analíticos**: DOQ-CGCRE008, jun. 2020.

KABATA-PENDIAS. A. **Trace Elements in Soils and Plants**. 4^a ed. Nova Iorque: Taylor and Francis Group, 2011.

KIRKHAM, M. B. Cadmium in plants on polluted soils: Effects of soil factors, hyperaccumulation, and amendments. **Geoderma**, v. 137, n. 1-2, p. 19-32, 2006.

MIKKONEN, H. G. *et al.* Evaluation of environmental and anthropogenic influences on ambient

background metal and metalloid concentrations in soil. **Science of the Total Environment**, v. 624, p. 599-610, 2018.

STERCKEMAN, T.; THOMINE, S. Mechanisms of Cadmium Accumulation in Plants. **Critical Reviews in Plant Sciences**, v. 39, n. 4, p. 322-359, 2020.