

UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA – UDESC
CENTRO DE CIÊNCIAS AGROVETERINÁRIAS – CAV
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS – PPGCA

GUILHERME DE LIMA STEFFENS

**DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DOS TEORES DE MERCÚRIO E CARBONO
ORGÂNICO EM SOLOS ALTOMONTANOS DO SUL DO BRASIL**

LAGES

2023

GUILHERME DE LIMA STEFFENS

**DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DOS TEORES DE MERCÚRIO E CARBONO
ORGÂNICO EM SOLOS ALTOMONTANOS DO SUL DO BRASIL**

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do título de mestre em Ciências Ambientais pelo Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais do Centro de Ciências Agroveterinárias – CAV, da Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC.

Orientadora: Prof. Dra. Mari Lucia Campos
Coorientadora: Prof. Dra. Cláudia Guimarães Camargo Campos

LAGES

2023

**Ficha catalográfica elaborada pelo programa de geração automática da
Biblioteca Universitária Udesc,
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)**

Steffens, Guilherme de Lima
DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DOS TEORES DE
MERCÚRIO E CARBONO ORGÂNICO EM SOLOS
ALTOMONTANOS DO SUL DO BRASIL / Guilherme de Lima
Steffens. -- 2023.
119 p.

Orientadora: Mari Lucia Campos
Coorientador: Cláudia Guimarães Camargo Campos
Dissertação (mestrado) -- Universidade do Estado de
Santa Catarina, Centro de Ciências Agroveterinárias,
Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, Lages,
2023.

1. Geoestatística. 2. Elementos-traço. 3. Química
ambiental. 4. Geoprocessamento. I. Campos, Mari Lucia. II.
Campos, Cláudia Guimarães Camargo. III. Universidade do
Estado de Santa Catarina, Centro de Ciências
Agroveterinárias, Programa de Pós-Graduação em Ciências
Ambientais. IV. Título.

GUILHERME DE LIMA STEFFENS

**DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DOS TEORES DE MERCÚRIO E CARBONO
ORGÂNICO EM SOLOS ALTOMONTANOS DO SUL DO BRASIL**

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do título de mestre em Ciências Ambientais pelo Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais do Centro de Ciências Agroveterinárias – CAV, da Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC.

Orientadora: Prof. Dra. Mari Lucia Campos
Coorientadora: Prof. Dra. Cláudia Guimarães Camargo Campos

BANCA EXAMINADORA

Dra. Mari Lucia Campos
UDESC

Dra. Cláudia Guimarães Camargo Campos
UDESC

Membros:

Dra. Maria Aparecida Pereira Pierangeli
UNEMAT

Dr. Leonardo Josué Biffi
UDESC

Lages, 14 de julho de 2023.

À minha família

AGRADECIMENTOS

Primeiramente gostaria de agradecer à minha orientadora, professora Dra. Mari Lucia Campos, pela oportunidade, paciência e por todos os conhecimentos que ela me trouxe.

Também gostaria de agradecer à minha coorientadora, professora Dra. Cláudia Guimarães Camargo Campos, e ao professor Dr. David José Miquelluti, pelo apoio na realização deste projeto.

Gostaria de agradecer à UDESC pela estrutura fornecida, à FAPESC pela bolsa de estudos e ao IMA-SC pelo apoio ao projeto.

Meus sinceros agradecimentos a todos os colegas e amigos que me auxiliaram, desde as menores e mais simples atividades até as loucas coletas em temperaturas baixíssimas e de várias histórias que para sempre estarão em meu coração e em minha memória.

Sou extremamente grato à minha família, em especial ao meu pai, Marcio, minha mãe, Fernanda, e à minha irmãzinha, Stefanie, por todo o amor, estrutura e compreensão que me proporcionaram não apenas no meu período de mestrando, mas em toda a minha vida. Além das minhas cadelinhas Belinha, Cachorrinha e a já falecida Madona.

Agradeço também à minha namorada, Laura, por toda a paciência, amor e companheirismo nesta jornada.

Além das pessoas maravilhosas que me auxiliaram nesta jornada, e sem elas nada como isto eu poderia ter alcançado, gostaria de parafrasear o cantor Snoop Dogg: "Quero agradecer a mim por todo esse trabalho. Quero agradecer a mim por não ter me tomado dias livres. Quero agradecer a mim por nunca desistir. Quero agradecer a mim por sempre dar e tentar dar mais do que o que recebo. Quero agradecer a mim por simplesmente ser eu a todo momento".

“Maðr er moldar auki” (Trecho do Poema
Rúnico Norueguês)

RESUMO

O objetivo da presente dissertação foi investigar a distribuição espacial dos teores de mercúrio (Hg) e de carbono orgânico (CO) nas camadas superficiais do solo do Parque Nacional de São Joaquim (PNSJ), em Santa Catarina, bem como identificar as variáveis que influenciam sua acumulação. Para o Hg foi utilizada a krigagem ordinária suavizada e a cokrigagem por Covariáveis Preditivas Ponderadas (CPP). Já o CO foi interpolado por modelagem multipolinomial e cokrigagem. Os resultados mostraram que os teores de Hg possuem correlação negativa com o pH e correlação logarítmica com o CO, sendo mais elevados em áreas de maior altitude, baixa temperatura superficial e maior proximidade dos divisores de água. A krigagem e a cokrigagem por CPP foram estatisticamente similares na predição dos teores de Hg, mas a cokrigagem apresentou maior detalhamento das variações espaciais em relação às covariáveis, indicando que áreas na região nordeste do PNSJ podem apresentar teores de Hg superiores a $0,30 \text{ mg kg}^{-1}$. Já para o CO, a modelagem multipolinomial e a cokrigagem mostraram que a altitude, acidez potencial e teores de Al^{+3} têm relação direta com a acumulação de CO, enquanto a declividade, orientação do relevo e índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI) possuem relação com a acumulação de CO. Apesar da modelagem multipolinomial apresentar maior precisão nos pontos amostrais, o método demonstrou problemas de extrapolação em áreas mais declivosas, enquanto a cokrigagem se mostrou mais conservadora nos resultados. O presente estudo destacou a importância de considerar múltiplas variáveis em modelos de predição e a utilidade da cokrigagem como técnica de interpolação para a investigação da distribuição espacial de Hg e CO em solos de regiões montanhosas.

Palavras-chave: Geoestatística; Elementos-traço; Química ambiental; Geoprocessamento

ABSTRACT

The objective of the proposed dissertation is to investigate the spatial distribution of mercury (Hg) contents and organic carbon (CO) in the topsoil of São Joaquim's National Park (PNSJ), in the State of Santa Catarina and identify variables that affect their accumulation. Smoothed ordinary kriging and cokriging with weighted predictive covariates (CPP) were performed for the Hg contents. CO was interpolated through multipolynomial modeling and cokriging. The results revealed a negative correlation between Hg and pH, as well as a logarithmic correlation between Hg and CO. Furthermore, these correlations were found to be higher in higher altitudes, lower surface temperatures, and near the watersheds. Both kriging and CPP kriging methods were statistically similar in predicting the Hg contents. However, cokriging provided more detailed information on spatial variations using the covariates. This indicates that the northeast areas of PNSJ may have Hg contents above 0.3 mg kg^{-1} . In the case of CO, the multipolynomial modeling and cokriging showed that altitude, potential acidity, and Al^{+3} contents have a direct relationship with CO accumulation. Additionally, factors such as land slope, orientation, and the normalized difference vegetation index (NDVI) showed relation to CO accumulation. Although the multipolynomial modelling presents higher precision, this method showed extrapolation problems in steep slopes areas, while the cokriging was more conservative results. The present research highlights the importance of considering multiple variables in prediction models and demonstrates the applicability of cokriging as an interpolation technique for investigating the spatial distribution of Hg and CO in highland soils

Keywords: Geostatistics; Trace elements; Environmental chemistry; Geoprocessing.