

**Leonardo Tullio
(Organizador)**

**CARACTERÍSTICAS DOS
SOLOS E SUA INTERAÇÃO
COM AS PLANTAS**

Atena
Editora
Ano 2019

Leonardo Tullio
(Organizador)

Características dos Solos e sua Interação com as Plantas

Atena Editora
2019

2019 by Atena Editora

Copyright © da Atena Editora

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Diagramação e Edição de Arte: Lorena Prestes e Geraldo Alves

Revisão: Os autores

Conselho Editorial

- Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista
Profª Drª Deusilene Souza Vieira Dall’Acqua – Universidade Federal de Rondônia
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Profª Drª Juliane Sant’Ana Bento – Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)

C257 Características dos solos e sua interação com as plantas [recurso eletrônico] / Organizador Leonardo Tullio. – Ponta Grossa (PR): Atena Editora, 2019.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader.

Modo de acesso: World Wide Web.

Inclui bibliografia

ISBN 978-85-7247-185-5

DOI 10.22533/at.ed.855191403

1. Ciência do solo. 2. Solos e nutrição de plantas. 3. Solos – Pesquisa – Brasil. I. Tullio, Leonardo.

CDD 625.7

Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores.

2019

Permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

www.atenaeditora.com.br

APRESENTAÇÃO

A obra “Características dos solos e sua interação com as plantas” aborda uma apresentação de 18 capítulos, no qual os autores tratam as mais recentes e inovadoras pesquisas voltadas para a área da Ciência do Solo.

O envolvimento das plantas com o solo requer conhecimento técnico de alto nível, pois a interação Solo – Planta – Ambiente é sem dúvida um universo complexo de informações e resultados que são influenciados por vários agentes externos e internos e que respondem no potencial produtivo de uma cultura. Entretanto, essa interação exige modelagem de dados que muitas vezes são inacabáveis, fazendo assim estimativas conforme os parâmetros estudados.

Porém, com a pesquisa voltada cada vez mais para o estudo do ambiente como um complexo sistema de produção, torna-se favorável para conhecer mais sobre os processos químicos, físicos e biológicos envolvidos no solo e na planta.

Assim, o conhecimento da relação Solo - Planta é fundamental para o entendimento desse sistema de produção, no qual a sua interação com as diversas características define seu potencial.

Por fim, espero que esta obra atenda a demanda por conhecimento técnico de qualidade e que novas pesquisas surjam neste contexto.

Leonardo Tullio

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
CLASSIFICAÇÃO DE GENÓTIPOS DE MILHO QUANTO À RESPOSTA E EFICIÊNCIA NO USO DO POTÁSSIO	
<i>Lucas Carneiro Maciel</i>	
<i>Weder Ferreira dos Santos</i>	
<i>Rafael Marcelino da Silva</i>	
<i>Layanni Ferreira Sodré</i>	
<i>Eduardo Tranqueira da Silva</i>	
<i>Fernando Assis de Assunção</i>	
<i>Lázaro Tavares da Silva</i>	
DOI 10.22533/at.ed.8551914031	
CAPÍTULO 2	8
DINÂMICA ESPAÇO-TEMPORAL DAS FRAÇÕES DA MATÉRIA ORGÂNICA DE NEOSSOLOS E SUAS RELAÇÕES COM A GEOMORFOLOGIA DE UMA CATENA DO PAMPA	
<i>Daniel Nunes Krum</i>	
<i>Julio César Wincher Soares</i>	
<i>Lucas Nascimento Brum</i>	
<i>Jéssica Santi Boff</i>	
<i>Higor Machado de Freitas</i>	
<i>Pedro Maurício Santos dos Santos</i>	
<i>Gabriel Rebelato Machado</i>	
DOI 10.22533/at.ed.8551914032	
CAPÍTULO 3	21
EFEITOS DAS FORMAS DE MANEJO SOBRE OS ATRIBUTOS QUÍMICOS E FÍSICOS EM LATOSSOLO VERMELHO DISTROFÉRRICO TÍPICO EM DIFERENTES AGROECOSSISTEMAS	
<i>Valéria Escaio Bubans</i>	
<i>Adriano Udich Bester</i>	
<i>Murilo Hedlund da Silva</i>	
<i>Tagliane Eloíse Walker</i>	
<i>Leonir Terezinha Uhde</i>	
<i>Cleusa Adriane Menegassi Bianchi</i>	
DOI 10.22533/at.ed.8551914033	
CAPÍTULO 4	28
EFFECTS OF SOIL, SPATIAL PARAMETERS AND FOLIAR PHENOLIC CONTENTS ON ENTOMOFAUNA VARIABILITY IN PEQUIZEIRO	
<i>Deomar Plácido da Costa</i>	
<i>Gislene Auxiliadora Ferreira</i>	
<i>Suzana Costa Santos</i>	
<i>Pedro Henrique Ferri</i>	
DOI 10.22533/at.ed.8551914034	
CAPÍTULO 5	43
EFICIÊNCIA DE AQUISIÇÃO DE NUTRIENTES DO CAPIM-TIFTON 85 ADUBADO COM DEJETO LÍQUIDO DE SUÍNOS	
<i>Alexandra de Paiva Soares</i>	
<i>Oscarlina Lúcia dos Santos Weber</i>	
<i>Cristiane Ramos Vieira</i>	
DOI 10.22533/at.ed.8551914035	

CAPÍTULO 6 47

ESTRATÉGIA NA SELEÇÃO DE MILHO QUANTO A EFICIÊNCIA AO NITROGÊNIO NO ESTADO DO PARÁ SAFRA 2017/2018

Weder Ferreira dos Santos
Elias Cunha de Faria
Layanni Ferreira Sodré
Rafael Marcelino da Silva
Eduardo Tranqueira da Silva
Fernando Assis de Assunção
Lázaro Tavares da Silva

DOI 10.22533/at.ed.8551914036

CAPÍTULO 7 54

VARIABILIDADE ESPAÇO-TEMPORAL DA ESTRUTURA DE NEOSSOLOS, APÓS A INSERÇÃO DA CULTURA DA SOJA, COM PREPARO CONVENCIONAL

Lucas Nascimento Brum
Julio César Wincher Soares
Daniel Nunes Krum
Jéssica Santi Boff
Higor Machado de Freitas
Pedro Maurício Santos dos Santos
Vitória Silva Coimbra
Matheus Ribeiro Gorski
Thaynan Hentz de Lima

DOI 10.22533/at.ed.8551914037

CAPÍTULO 8 65

ÍNDICE DE ESTRATIFICAÇÃO DE CARBONO EM ÁREAS DE EXPANSÃO DA AGRICULTURA NA REGIÃO SUL DO BRASIL

Nádia Goergen
Felipe Bonini da Luz
Ijésica Luana Streck
Marcos André Bonini Pires
Jovani de Oliveira Demarco
Vanderlei Rodrigues da Silva

DOI 10.22533/at.ed.8551914038

CAPÍTULO 9 74

NUTRITIONAL AND PHENOLOGICAL INFLUENCE IN ESSENTIAL OILS OF *Eugenia dysenterica* ("CAGAITEIRA")

Yanuzi Mara Vargas Camilo
Eudécio Bonfim dos Santos Dias
Eli Regina Barboza de Souza
Suzana Costa Santos
José Realino de Paula
Pedro Henrique Ferri

DOI 10.22533/at.ed.8551914039

CAPÍTULO 10 88

QUIMIOVARIAÇÕES EM CASCAS E SEMENTES DE JABUTICABAS EM FUNÇÃO DOS NUTRIENTES DO SOLO DE CULTIVO DOS FRUTOS

Gustavo Amorim Santos
Luciane Dias Pereira
Suzana da Costa Santos

Pedro Henrique Ferri

DOI 10.22533/at.ed.85519140310

CAPÍTULO 11 103

RESPOSTA DA CULTURA DO MILHO SOBRE EFEITO DE INOCULAÇÃO EM DIFERENTES DOSAGENS DE NITROGÊNIO

Leandro dos Santos Barbosa

Fernando Zuchello

Paula Fernanda Chaves Soares

DOI 10.22533/at.ed.85519140311

CAPÍTULO 12 112

SOLUÇÕES CONSERVANTES EM ARMADILHAS *PITFALL TRAPS* PARA CAPTURA DA FAUNA EPIEDÁFICA

Ketrin Lohrayne Kubiak

Dinéia Tessaro

Jéssica Camile Silva

Luis Felipe Wille Zarzycki

Karina Gabrielle Resges Orives

Regiane Franco Vargas

Maritânia Santos

Bruno Mikael Bondezan Pinto

DOI 10.22533/at.ed.85519140312

CAPÍTULO 13 127

USO DE COVARIÁVEIS AMBIENTAIS PARA A PREDIÇÃO ESPACIAL DO CONTEÚDO DE CARBONO ORGÂNICO DO SOLO

Nícolás Augusto Rosin

Ricardo Simão Diniz Dalmolin

Jean Michel Moura-Bueno

Taciara Zborowski Horst

João Pedro Moro Flores

Diego José Gris

DOI 10.22533/at.ed.85519140313

CAPÍTULO 14 136

USO DO BIOATIVADOR DE SOLO E PLANTA NA CULTURA DO MILHO SEGUNDA SAFRA

Cláudia Fabiana Alves Rezende

Rodrigo Caixeta Pinheiro

Jéssica de Lima Pereira

Carlos Henrique Melo

Thiago Rodrigues Ramos Farias

João Maurício Fernandes Souza

DOI 10.22533/at.ed.85519140314

CAPÍTULO 15 148

UTILIZAÇÃO DE PSEUDO-AMOSTRAGEM NO MAPEAMENTO DIGITAL DE SOLOS NO MUNICÍPIO DE SÃO JOÃO DO POLÉSINE-RS UTILIZANDO FLORESTA ALEATÓRIA

Daniely Vaz Rodrigues da Silva

Ricardo Simão Diniz Dalmolin

Jéssica Rafaela da Costa

Jean Michel Moura-Bueno

Cândida Regina Müller

Beatriz Wardzinski Barbosa

DOI 10.22533/at.ed.855191403

CAPÍTULO 16 156

VARIABILIDADE E CORRELAÇÕES ESPACIAIS DAS PROPRIEDADES QUÍMICAS DE NEOSSOLOS, SOB CULTIVO MÍNIMO, NUMA CATENA DO PAMPA

Jéssica Santi Boff

Julio César Wincher Soares

Claiton Ruviano

Kauã Ereno Fumaco

Daniel Nunes Krum

Pedro Maurício Santos dos Santos

Higor Machado de Freitas

Lucas Nascimento Brum

Vitória Silva Coimbra

DOI 10.22533/at.ed.85519140316

CAPÍTULO 17 168

VARIABILIDADE ESPAÇO-TEMPORAL DA MATÉRIA ORGÂNICA, FÓSFORO E POTÁSSIO DE NEOSSOLOS, APÓS A INSERÇÃO DA CULTURA DA SOJA, COM PREPARO CONVENCIONAL

Higor Machado de Freitas

Julio César Wincher Soares

Pedro Maurício Santos dos Santos

Daniel Nunes Krum

Lucas Nascimento Brum

Jéssica Santi Boff

Matheus Ribeiro Gorski

Thaynan Hentz de Lima

DOI 10.22533/at.ed.85519140317

SOBRE O ORGANIZADOR..... 176

UTILIZAÇÃO DE PSEUDO-AMOSTRAGEM NO MAPEAMENTO DIGITAL DE SOLOS NO MUNICÍPIO DE SÃO JOÃO DO POLÊSINE-RS UTILIZANDO FLORESTA ALEATÓRIA

Daniely Vaz Rodrigues da Silva

Universidade Federal de Santa Maria (UFSM),
Doutoranda, Pós-Graduação em Ciência do Solo
Santa Maria – RS

Ricardo Simão Diniz Dalmolin

Universidade Federal de Santa Maria (UFSM),
Professor Titular, Pós-Graduação em Ciência do
Solo
Santa Maria – RS

Jéssica Rafaela da Costa

Universidade de São Paulo (USP), Doutoranda,
Pós-Graduação em Geografia Física
São Paulo – SP

Jean Michel Moura-Bueno

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
(EMBRAPA – Cocais), Pesquisador Visitante
São Luís – MA

Cândida Regina Müller

Universidade Federal de Santa Maria (UFSM),
Mestranda, Pós-Graduação em Ciência do Solo
Santa Maria – RS

Beatriz Wardzinski Barbosa

Universidade Federal de Santa Maria (UFSM),
Mestranda, Pós-Graduação em Ciência do Solo
Santa Maria – RS

RESUMO: Os solos são uma peça fundamental para o desenvolvimento da vida na Terra. Dessa maneira, existe uma crescente demanda sobre informações a respeito da distribuição dos solos

na paisagem para que se consiga manejá-lo adequadamente, garantindo segurança alimentar e ambiental. A utilização de técnicas estatísticas dentro da pedologia, aliada às suas relações com as covariáveis ambientais, possibilitam a geração de modelos preditivos e a obtenção de mapas digitais de solos. O objetivo deste trabalho é gerar um mapa digital de classes de solos e avaliar sua incerteza utilizando técnicas de mapeamento digital de solos (MDS). Dessa forma, foi gerado um MDS para o município de São João do Polêsine-RS utilizando o método estatístico Floresta Aleatória, considerando os atributos do terreno (elevação, declividade e curvatura vertical) derivados de um Modelo Digital de Elevação com resolução espacial de 30 metros. O mapa digital de classes de solo apresentou acurácia de 0,52 e índice Kappa de 0,43. O modelo preditivo gerado pelo método de Floresta Aleatória mostrou-se com potencial para predição das classes de solos na área estudada, principalmente para os solos que ocorrem em posições da paisagem bem definidas pelas covariáveis do terreno (áreas com relevo plano e forte ondulado a montanhoso). Áreas com relevo suave ondulado confundiram o modelo preditivo, onde foi observado as maiores incertezas na predição. Entretanto, mesmo com essa adversidade, pôde-se obter um índice de acurácia considerado como bom.

PALAVRAS-CHAVE: Modelagem espacial. Pseudo-amostragem. Pedologia quantitativa. Incerteza.

ABSTRACT: Soils are a fundamental piece for the development of life on Earth. Therefore, there is a growing demand for information on the distribution of soils in the landscape so it can be managed properly, ensuring food and environmental security. The use of statistical techniques in pedology, allied to its relations with environmental covariates, allows the generation of predictive models and the creation of digital soil maps. The objective of this work is to generate a digital map of soil classes and evaluate their uncertainty using digital soil mapping (DSM) techniques. Thus, a DSM was generated for the city of São João do Polêsine - RS using the Random Forest statistical method, considering the attributes of the terrain (elevation, slope and vertical curvature) derived from a Digital Elevation Model with spatial resolution of 30 meters. The digital map of soil classes showed an accuracy of 0.52 and a Kappa index of 0.43. The predictive model generated by the Random Forest method showed a potential for prediction of soil classes in the studied area, mainly for the soils that occur in well-defined landscape positions by the covariates of the terrain (areas with plain relief and strong undulating to hilly). Smooth corrugated areas confounded the predictive model, where were observed the greatest uncertainties in prediction. However, even with this adversity, it was possible to obtain an accuracy index considered as good.

KEYWORDS: Spatial modeling. Pseudo-sampling. Quantitative pedology. Uncertainty.

1 | INTRODUÇÃO

O solo é fundamental para o desenvolvimento da vida. Atualmente, existe uma crescente demanda sobre informações a respeito da distribuição dos solos na paisagem, a fim de proporcionar seu adequado manejo para garantir a segurança alimentar e ambiental (DALMOLIN & TEN CATEN, 2015). A avaliação adequada dos recursos do solo torna-se importante para manter o seu uso racional e correto, como também o desenvolvimento adequado das comunidades que possuem a agricultura como principal fonte econômica. De acordo com Santos (2017), 140 milhões de hectares de terras brasileiras estão degradadas, o que corresponde a 16,5% do território nacional. Portanto, a demanda por conhecer os solos em escalas mais detalhadas encontra-se cada vez maior, para que se alcance a compressão de suas potencialidades e fragilidades. A utilização de geotecnologias aliadas a modelos estatísticos/matemáticos dentro da pedologia foi o caminho para a extrapolação das ideias de Hans Jenny a respeito dos fatores de formação já consagrados na Ciência do Solo, surgindo o Mapeamento Digital de Solos (MCBRATNEY et al., 2003).

O conceito clássico de MDS está descrito em Lagacherie e McBratney (2006) como: “criação e população de sistemas espaciais de informação de solos, através do uso de modelos numéricos para a inferência das variações espaciais e temporais dos tipos de solos e de suas propriedades, a partir de observações e conhecimento

dos solos e de variáveis ambientais correlacionadas”. No MDS as informações obtidas a partir de dados associados as variáveis ambientais são empregadas em modelos que permitem a geração de mapas de solos com as incertezas e erros associados (MINASNY et al., 2008; BRUS et al., 2011; TEN CATEN et al., 2012).

De acordo com Bishop et al. (2015) e com McBratney et al. (2003), a ideia de mapeamento digital de solos torna-se mais consistente na pedologia, chegando a proposição do termo pedometria. Por pedometria entende-se uma área da ciência do solo baseada em modelos numéricos/estatísticos, que busca elucidar as relações entre variáveis ambientais e o solo, possibilitando a geração de mapa preditivo (SCULL et al., 2003; TEN CATEN et al., 2012). Os mapas da distribuição espacial do solo podem ter sua qualidade atestada com a utilização de técnicas matemáticas e com o uso do Sistema de Informação Geográfica (SIG). Para tanto, faz-se o uso de algumas ferramentas, destacando a geoinformação e a estatística (Modelos Lineares Generalizados, Redes Neurais, Árvores de Decisão, Regressões, Análise de Componentes Principais), bem como informações prévias sobre os solos da área de estudo (BRUS et al., 2011).

No entanto, mostra-se importante a realização de pesquisas para a avaliação da qualidade do mapa gerado, a qual pode ser testada com informações obtidas no campo (TEN CATEN, 2011) ou fazendo comparação com mapas legados (TEN CATEN et al., 2012; GIASSON et al. 2013);

Pode-se realizar o exercício de comparação do mapa digital com mapeamentos não digitais da área. Assim, existe a potencialidade de avaliação dos produtos cartográficos gerado pelo MDS (Mapeamento Digital do Solo) através do índice Kappa – onde quanto mais próximo de 100%, mais confiável os resultados.

Devido a existência de diversos métodos estatísticos, é preciso que o pesquisador que trabalha com MDS tenha clareza sobre as limitações no uso das técnicas matemáticas, para que assim, consiga discernir sobre a melhor delas e predizer os atributos ou classe de solos de sua área de estudo. Para a escolha da melhor técnica estatística, torna-se importante considerar os materiais disponíveis e as características do local.

O método estatístico que tem demonstrado bons resultados na predição de classes ou atributos do solo tem sido a árvore de decisão, mais especificamente, a Floresta Aleatória, a qual tem sido citada como de alta eficiência (DHARUMARAJAN et al., 2017). Deste modo, o objetivo do trabalho foi gerar um mapa de classes de solos e avaliar sua incerteza utilizando técnicas de mapeamento digital.

2 | MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo compreende a área no município de São João do Polêsine, localizado na região Depressão Central do Estado do Rio Grande do Sul, Brasil. A

área tem aproximadamente 90 km², onde é drenada pelo Rio Jacuí e dividida em duas sub-bacias, a do Rio Soturno e a do Rio Vacacaí Mirim. O relevo que abrange a maior parte do município é suave ondulado, onde as altitudes são inferiores a 200 metros. Existem também áreas de encosta com altitudes em torno de 400 metros, onde o relevo é forte ondulado a montanhoso (KLAMT et al., 1997). Trabalho de Klamt et al. (1997) identificou nessa região a ocorrência predominante das seguintes classes de solos: Planossolos, Gleissolos, Argissolos, Cambissolos, Neossolos e Nitossolos.

Foi gerado um MDS considerando atributos do terreno (elevação, declividade e curvatura vertical) derivados do Modelo Digital de Elevação (MDE) TOPODATA (VALERIANO & ROSSETTI, 2011), com resolução espacial de 30 metros, disponível no Banco de Dados Geomorfométricos do Brasil (<http://www.dsr.inpe.br/topodata/acesso.php>).

No ambiente de Sistemas de Informação Geográfica (SIG) do *software* Quantum GIS 2.18.14, foram gerados pseudo-pontos para serem utilizados no treinamento do modelo de predição. Utilizou-se uma técnica de pseudo-amostragem digital, na qual foram gerados 400 pontos aleatórios dentro do limite do município. Esses pontos foram sobrepostos em imagem do Google Earth, mapas de elevação, declividade e curvatura vertical. Considerando a relação solo-paisagem identificada previamente no campo e o conhecimento especialista (*expert knowledge*), foi definido para cada ponto de modo empírico a classe de solo até o segundo nível categórico do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos – SiBCS (SANTOS et al., 2018). Para a validação do mapa digital de classes de solos gerado, utilizou-se 30 pontos coletados a campo de forma aleatória, com a identificação da classe de solo. Para a validação das classes de solo foi utilizado as covariáveis do terreno elevação, declividade e curvatura vertical, derivadas do MDE TOPODATA. O método estatístico utilizado para gerar o modelo de predição foi o método da Floresta Aleatória – FA (*Random Forest - RF*). Os parâmetros usados para avaliar a qualidade da predição e do mapa de solos foram a Acurácia geral e Índice Kappa. Além disso, foi gerado o mapa de incerteza da predição das classes de solo, o qual foi representado pelo índice de confusão. Esse índice é uma medida da confusão que o modelo preditivo faz entre as duas classes de solos mais prováveis. O índice varia entre 0 e 1, onde 1 significa máxima confusão e 0 mínima confusão.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Apartir dos resultados encontrados, obteve-se um índice Kappa de 0,43 e acurácia de 0,52 (Tabela 1). O modelo gerado pelo método de Floresta Aleatória mostrou-se com potencial para a identificação das classes de solo, principalmente para os solos que ocorrem em posições da paisagem bem definidas pelas covariáveis do terreno (áreas de relevo plano, forte ondulado e montanhoso). Áreas de relevo suave ondulado confundiram o modelo estatístico, entretanto, mesmo com essa adversidade, pôde-

se obter um índice considerado como bom, posto que a análise de Kappa reflete a apreciação da precisão temática, sendo abordado em seu cálculo todos os elementos da matriz de confusão. Segundo Fonseca (2000), o valor de índice Kappa entre $0,4 < K \leq 0,6$ considera-se como uma boa classificação para se analisar o desempenho do método.

Em ambientes com grandes mudanças do relevo, ao contrário do que ocorre em áreas planas, há muita variação nos tipos de solos. Assim, gerando estimativas de incerteza maiores (GRIMM et al., 2008). Para melhor resultado na acurácia do mapa, do presente estudo, poderá ser alcançado utilizando mais covariáveis do terreno, com o objetivo de caracterizar melhor a paisagem e sua relação com os solos. Isso acarretaria no aumento do poder de discretização das classes de solo pelo modelo de predição. Além disso, aumentar o número de pontos de amostragem nas áreas com maior incerteza, proporcionará maior treinamento do modelo de predição e consequentemente aumentaria a acurácia das predições.

ITEM	DESCRIÇÃO
Classes de solos preditas	CX; GX; PBAC; PV; PVA; RL; SX; NV
Validação-Cruzada	Acurácia=0,52; Índice Kappa=0,43
Covariáveis ambientais	Elevação; Declividade; Curvatura <u>vertical</u>

Tabela 1. Resumo do resultado das predições.

CX: Cambissolo Háplico; GX: Gleissolo Háplico; PBAC: Argissolo Bruno-Acinzentado; PV: Argissolo Vermelho; PVA: Argissolo Vermelho-Amarelo; R: Neossolo Litólico e Regolítico; SX: Planossolo Háplico; NV: Nitossolo Vermelho.

Em relação ao mapa de distribuição das classes de solo (Figura 1), gerado pelo modelo de FA, foi constatado que a distribuição encontrada se assemelhou ao mapa de Klamt et al. (1997). Assim, mostrando a confiabilidade do modelo de predição. A estratégia de pseudo-amostragem de pontos com base no estudo e conhecimento da relação solo-paisagem em nível de campo, pode otimizar a amostragem e aumentar o número de pontos para uso no treinamento de modelos de predição do MDS. No entanto, essa estratégia deve ser realizada com base no conhecimento especialista (*expert knowledge*), com conferência de campo de alguns pontos e, principalmente, utilizar para a validação do modelo pontos obtidos em nível de campo.

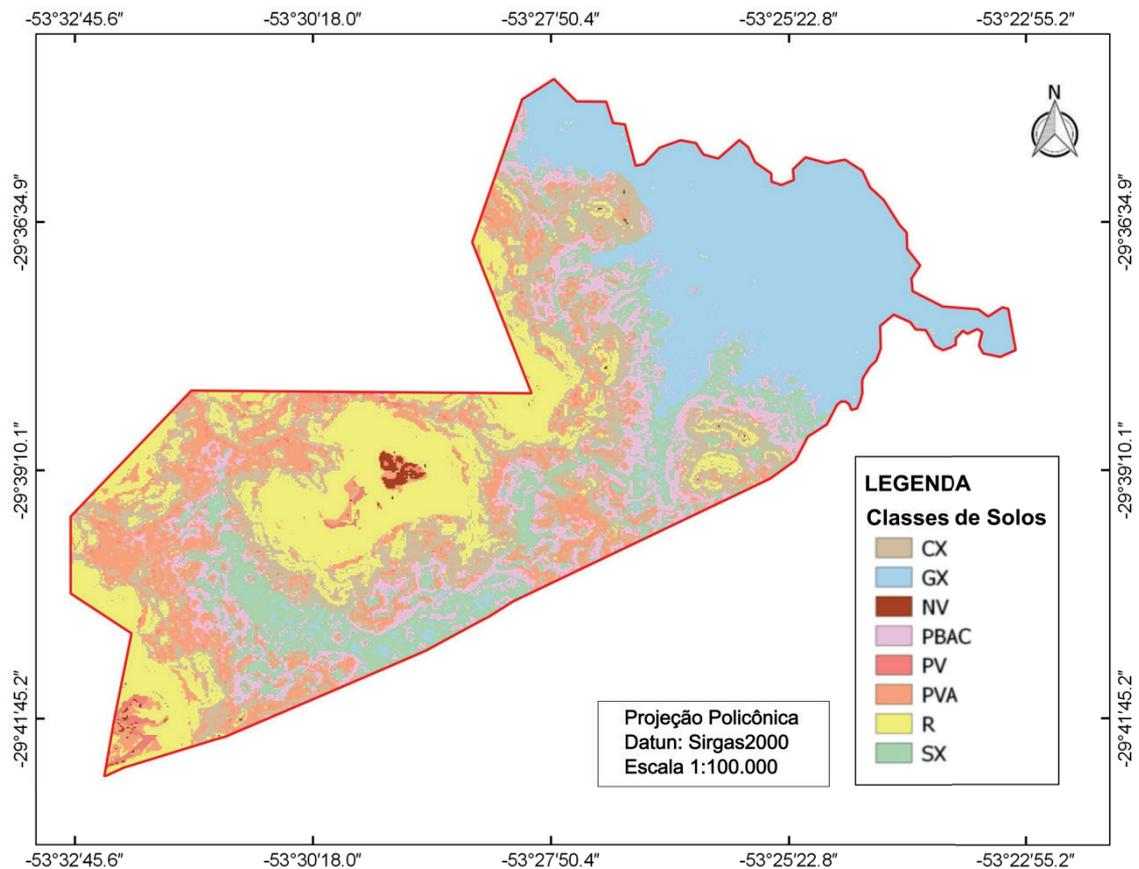


Figura 1. Mapa digital de classes de solo no município de São João do Polêsine. CX: Cambissolo Háplico; GX: Gleissolo Háplico; NV: Nitossolo Vermelho; PBAC: Argissolo Bruno-Acinzentado; PV: Argissolo Vermelho; PVA: Argissolo Vermelho-Amarelo; R: Neossolo Litólico e Regolítico; SX: Planossolo Háplico.

O mapa de distribuição de incerteza da predição das classes de solo (Figura 2), mostra uma expressiva área na qual o modelo estatístico se apresenta confuso (áreas de cor azul). Nessas áreas, foi observado no campo, que ocorrem diferentes classes de Argissolos, os quais se diferenciam no segundo nível categórico pela cor. Assim, as covariáveis utilizadas na construção do modelo de predição não foram capazes de discriminar essas classes. É esperado, que ao aumentar o número de pontos de treinamento nessas áreas de maior incerteza, o modelo consiga maior acurácia. Da mesma forma, o mapa de incertezas apresenta locais da paisagem onde deve-se intensificar a amostragem e/ou utilizar outras covariáveis do terreno para alcançar maior poder de discretização das classes pelo modelo de predição.

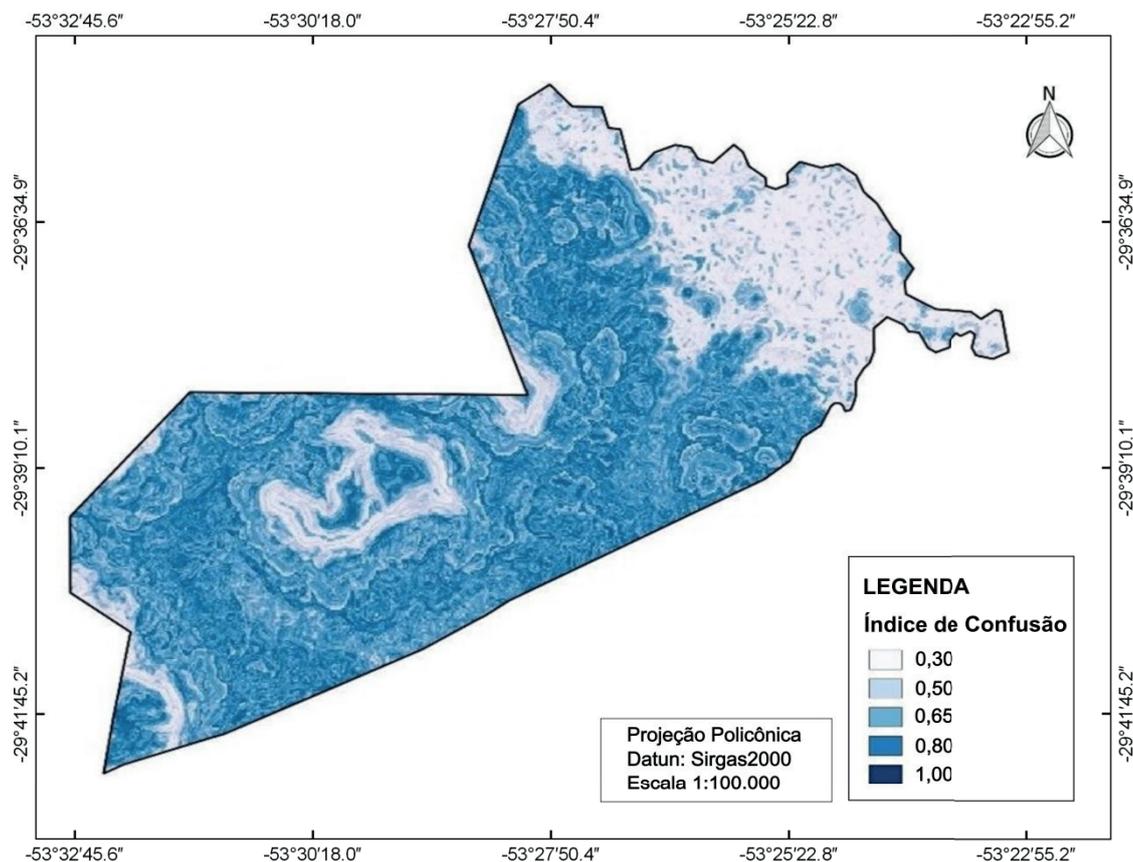


Figura 2. Mapa de incerteza (Índice de Confusão) na predição de classes de solos.

4 | CONCLUSÕES

O modelo de predição gerado pelo método estatístico Floresta Aleatória apresentou acurácia satisfatória na predição das classes de solos no município de São João do Polêsine.

As maiores incertezas nas predições do modelo ocorreram em áreas de relevo suave ondulado, onde predominam diferentes classes de Argissolos.

O método de pseudo-amostragem de pontos para uso no Mapeamento Digital de Solos apresentou potencial para geração de mapas de solos, quando conhecida e estudada a relação solo-paisagem em nível de campo.

REFERÊNCIAS

BISHOP, T. F. A.; HORTA, A.; KARUNARATNE, S. B. **Validation of digital soil maps at different spatial supports.** *Geoderma*, p. 238–249, 2015. doi: 10.1016/j.geoderma.2014.11.026

BRUS, D.J.; KEMPEN, B.; HEUVELINK, G. B. M. **Sampling for validation of digital soil maps.** *Eur J Soil Sci*, v. 62, n. 3, p. 394–407, 2011.

DALMOLIN, R. S. D.; TEN CATEN, A. **Mapeamento Digital: nova abordagem em levantamento de solos.** *Invest Agr*, v. 17, p. 77-86, 2015. doi: 10.18004/investig.agrar.2015.diciembre.77-86.

DHARUMARAJAN, S.; HEGDE, R.; SINGH, S. K. **Spatial prediction of major soil properties**

using Random Forest techniques - A case study in semi-arid tropics of South India. Geoderma Regional, v. 10, p. 154–162, 2017. doi: 10.1016/j.geodrs.2017.07.005

FONSECA, L. M. G. **Processamento digital de imagens.** Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2000.

GIASSON, E.; HARTEMINK, A. E.; TORNQUIST, C. G.; TESKE, R.; BAGATINI, T. **Avaliação de cinco algoritmos de árvores de decisão e três tipos de modelos digitais de elevação para mapeamento digital de solos a nível semidetalhado na Bacia do Lageado.** Santa Maria, RS, Brasil. Ciência Rural (UFSM. Impresso), v. 43, p. 1967-1973, 2013.

GRIMM, R.; BEHRENS, T.; MÄRKER, M.; ELSENBEER, H. **Soil organic carbon concentrations and stocks on Barro Colorado Island - Digital soil mapping using Random Forests analysis.** Geoderma, v. 146, p. 102-113, 2008. doi: 10.1016/J.geoderma.2008.05.008

LAGACHERIE, P.; MCBRATNEY, A.B. **Spatial soil information systems and spatial soil inference systems: perspectives for digital soil mapping.** LAGACHERIE, P.; MCBRATNEY, A.B.; VOLTZ, M. (Eds.). Digital soil mapping - an introductory perspective. Amsterdam: Elsevier, 2006. p.3-22

KLAMT, E.; DALMOLIN, R. S. D.; CABRAL, D. R. **Solos do Município de São João do Polêsine.** Santa Maria: Depto.de Solos/CCR/UFSM, 1997.

MCBRATNEY, A. B.; MENDONÇA-SANTOS, M. L.; MINASNY, B. **On digital soil mapping.** Geoderma, v. 117, n. 3-52, 2003. doi: 10.1016/S0016-7061(03)00223-4.

MINASNY, B.; MCBRATNEY, A. B. **Regression rules as a tool for predicting soil properties from infrared reflectance spectroscopy.** Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems, v. 94, n. 1, p. 72–79, 15 nov. 2008.

SANTOS, E. **Programa fará mapeamento completo dos solos brasileiros** [internet]. Brasília, DF: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 2016. Acesso em: 06 fev. 2018. Disponível em: <<http://www.embrapa.br/solos/busca-de-noticias/-noticia/17550684/programa-fara-mapeamento-completo-dos-solos-brasileiros>>.

SCULL, P.; FRANKLIN, J.; CHADWICK, A. O.; MCARTHUR, D. **Predictive soil mapping: a review.** Prog Phys Geogr, v. 27, p. 171-197, 2003. doi: 10.1191/0309133303pp366ra

Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto; 21-26 abr. 2007; Florianópolis. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa; 2007. p. 5755-5762.

TEN CATEN, A. et al. **Mapeamento digital de classes de solos:** características da abordagem brasileira. Cienc. Rural, v. 41, n. 5, p. 812-816, 2012.

TEN CATEN, A. **Mapeamento digital de solos:** metodologias para atender a demanda por informação espacial em solos. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) – Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2011. 106 p.

VALERIANO, M. M.; ROSSETI, D. F. **Topodata:** Brazilian full coverage refinement of SRTM data. Applied Geography, Amsterdam, v. 32, n. 2, p. 300-309, 2011.

SOBRE O ORGANIZADOR

Leonardo Tullio - Doutorando em Ciências do Solo pela Universidade Federal do Paraná – UFPR (2019-2023), Mestre em Agricultura Conservacionista – Manejo Conservacionista dos Recursos Naturais (Instituto Agrônomo do Paraná – IAPAR (2014-2016), Especialista MBA em Agronegócios – CESCAGE (2010). Engenheiro Agrônomo (Centro de Ensino Superior dos Campos Gerais- CESCAGE/2009). Atualmente é professor colaborador do Departamento de Geociências da Universidade Estadual de Ponta Grossa – UEPG, também é professor efetivo do Centro de Ensino Superior dos Campos Gerais – CESCAGE. Tem experiência na área de Agronomia. E-mail para contato: leonardo.tullio@outlook.com

Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-85-7247-185-5

