

**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](http://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

<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>1</b>
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>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.8551914031</b>	
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>8</b>
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>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.8551914032</b>	
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>21</b>
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>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.8551914033</b>	
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	<b>28</b>
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>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.8551914034</b>	
<b>CAPÍTULO 5</b> .....	<b>43</b>
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>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.8551914035</b>	

**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**



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

### **Jéssica Santi Boff**

URI – Campus Santiago – RS, Laboratório de Solos – URI – Campus – RS, Avenida Batista Bonoto Sobrinho, nº 733, Santiago-RS, 97700-000.

### **Julio César Wincher Soares**

URI – Campus Santiago – RS, Laboratório de Solos – URI – Campus – RS, Avenida Batista Bonoto Sobrinho, nº 733, Santiago-RS, 97700-000.

### **Claiton Ruviaro**

URI – Campus Santiago-RS, Laboratório de Sólidos – URI – Campus Santiago-RS, Avenida Batista Bonoto Sobrinho, nº 733, Santiago-RS, 97700-000.

### **Kauã Ereno Fumaco**

URI – Campus Santiago-RS, Laboratório de Sólidos – URI – Campus Santiago-RS, Avenida Batista Bonoto Sobrinho, nº 733, Santiago-RS, 97700-000.

### **Daniel Nunes Krum**

URI – Campus Santiago-RS, Laboratório de Sólidos – URI – Campus Santiago-RS, Avenida Batista Bonoto Sobrinho, nº 733, Santiago-RS, 97700-000.

### **Pedro Maurício Santos dos Santos**

URI – Campus Santiago-RS, Laboratório de Sólidos – URI – Campus Santiago-RS, Avenida Batista Bonoto Sobrinho, nº 733, Santiago-RS, 97700-000.

### **Higor Machado de Freitas**

URI – Campus Santiago-RS, Laboratório de Sólidos – URI – Campus Santiago-RS, Avenida Batista

Bonoto Sobrinho, nº 733, Santiago-RS, 97700-000.

### **Lucas Nascimento Brum**

URI – Campus Santiago-RS, Laboratório de Sólidos – URI – Campus Santiago-RS, Avenida Batista Bonoto Sobrinho, nº 733, Santiago-RS, 97700-000.

### **Vitória Silva Coimbra**

URI – Campus Santiago-RS, Laboratório de Sólidos – URI – Campus Santiago-RS, Avenida Batista Bonoto Sobrinho, nº 733, Santiago-RS, 97700-000.

**RESUMO:** As propriedades químicas do solo possuem relações diretas com os processos pedogenéticos, formas de manejo e práticas ligadas a conservação do solo. Este trabalho tem como objetivo avaliar a variabilidade e as relações espaciais das propriedades químicas de Neossolos cultivados com soja, sob cultivo mínimo, numa catena do Pampa. Para o estudo da fertilidade do solo, foi realizado um levantamento pedométrico, utilizando 52 pontos de prospecção, numa malha fixa, com intervalos regulares de 15 m, na profundidade de 0,0 – 0,2 m, perfazendo uma área de 1,17 ha. Os resultados das diferentes variáveis foram submetidos a análise estatística descritiva, de correlação Pearson e de geoestatística. A densidade amostral mostrou-se de grande importância para as definições das variáveis

com exatidão. Foram observadas correlações entre as diferentes propriedades químicas ligadas a fertilidade dos Neossolos cultivados com soja, sob cultivo mínimo, na catena. Assim, as propriedades químicas dos Neossolos apresentaram relações espaciais em sua distribuição. Por fim, os Neossolos cultivados com soja, sob cultivo mínimo, em geral, apresentaram boa fertilidade química, demandando o aporte de corretivos e a suplementação de fósforo.

**PALAVRAS-CHAVE:** Fertilidade do solo. Manejo e conservação do solo. Geoestatística. Agricultura Digital

**ABSTRACT:** The chemical properties of the soil have direct relations with the pedogenetic processes, management forms and practices related to soil conservation. This work aims to evaluate the variability and spatial relationships of the chemical properties of Neossolos cultivated with soybean, under minimum cultivation, in a catena of the Pampa Gaucho. For the study of soil fertility, a pedometer survey was carried out, using 52 prospecting points, in a fixed mesh, with regular intervals of 15 m, in the depth of 0.0 - 0.2 m, for an area of 1.17 there is. The results of the different variables were submitted to descriptive statistical analysis, Pearson correlation and geostatistics. The sample density was of great importance for the definitions of the variables with accuracy. Correlations were observed between the different chemical properties related to the fertility of the Neossolos cultivated with soybean, under minimum cultivation, in the catena. Thus, the chemical properties of the Neosols presented spatial relationships in their distribution. Finally, the Neosols cultivated with soybean, under minimum cultivation, in general, presented good chemical fertility, demanding the supply of correctives and the supplementation of phosphorus.

**Keywords:** Soil fertility. Management and conservation of soil. Geostatistics. Digital Agriculture

## 1 | INTRODUÇÃO

O bioma Pampa compreende uma grande área natural que aos poucos vem sendo ocupada e transformada pela presença humana. A porção do Pampa no Rio Grande do Sul já apresenta áreas intensamente ocupadas, por presença de usos diversos, os quais vêm transformando essa região num grande agroecossistema (DUTRA DA SILVA, 2008).

Os Neossolos desenvolvidos no bioma Pampa, são solos jovens, com profundidades diversas e diferentes materiais de origem. Na estepe gramíneo-lenhosa e nas florestas de galeria do Pampa são encontrados Neossolos Litólicos e Neossolos Regolíticos, que exibem horizonte A ou hístico desenvolvidos sobre horizonte C, ou camadas Cr e R, sem a presença de horizonte B diagnóstico (EMBRAPA, 2013). Conforme Pedron (2007), esses solos apresentam potencial restritivo de uso, devido à presença de contato lítico (EMBRAPA, 2006) ou contato saprolítico (Pedron et al., 2009), muito próximo da superfície.

A demanda pelo desenvolvimento de novas tecnologias para uma agricultura sustentável e eficiente, fez com que a agricultura digital se tornasse importante para a gestão das propriedades; tendo como propósito o manejo da variabilidade espacial e temporal dos fatores de produção, que resulta em benefícios ambientais e ou econômicos (TAYLOR et al., 2003).

As propriedades químicas do solo apresentam variabilidade espacial, a qual tem a sua relação direta com o processo de formação e desenvolvimento deste solo, aliados a forma de manejo e práticas agrícolas ligadas a conservação do solo (CASTRIGNANÒ; STELLUTI, 1999).

O solo desempenha a função de tornar disponíveis os nutrientes para as plantas, sendo que os mesmos irão expressar a qualidade química do solo. A fertilidade química está diretamente ligada ao solo conter os nutrientes essenciais para o crescimento e o desenvolvimento das culturas, de forma que estejam disponíveis em quantidades necessárias. Tal disponibilidade está ligada as propriedades físicas, biológicas e aos fatores climáticos favoráveis (LOPES; GUILHERME, 2007).

Dentre os fatores que afetam a baixa fertilidade dos solos a alta acidez, acompanhada da toxidez por Alumínio (Al) estão entre os principais; em casos mais específicos de regiões tropicais e subtropicais úmidas e sub-úmidas, os solos apresentam a capacidade muito alta de fixação de fósforo (P) (WOOD et al., 2001). No Brasil, a toxidez de alumínio (Al), afeta a maioria dos solos, ultrapassando 63% dos nossos solos, 25% dos solos brasileiros, tem a capacidade de fixação de fósforo altas, estas são algumas das causas naturais da baixa fertilidade dos nossos solos (BOT et al., 2000).

A acidez ativa dos solos é explicada pela quantidade de hidrogênio ( $H^+$ ), dissociado ou disponível da solução do solo, na forma de  $H^+$ , os valores para  $[H^+]$ , são expressos pelo pH, e estes valores podem interferir na disponibilidade de nutrientes as culturas. Já a acidez potencial ( $H+Al$ ) abrange,  $H + Al$  ( $H+$  trocável,  $H$  de ligações covalentes que é dissociado com aumento do pH,  $Al^{3+}$  trocável e em formas de Al que podem ser parcialmente hidrolisadas  $AlOH^{2+}$  e  $Al(OH)^{2+}$ ) (NOVAIS; MELLO, 2007).

A matéria orgânica do solo é definida como os materiais orgânicos da fração do solo, materiais estes que podem ser de origem de restos vegetais ou animais, compostos solúveis, resíduos microbianos, e a matéria orgânica unida fortemente aos argilominerais do solo (STEVENSON, 1994).

A capacidade de troca de cátions (CTC), propriedade muito importante para a nutrição de plantas, expressa os valores de cargas negativas elétricas dos colóides do solo, cargas essas que tem por função apreensão dos cátions do solo, os quais ficarão disponíveis para as raízes das plantas, facilitando a disponibilidade as plantas (RAIJ, 1969).

A partir do princípio que os Neossolos podem ser solos férteis e produtivos na dependência de suas propriedades químicas, o presente trabalho tem como objetivo avaliar a dependência, a variabilidade e as relações espaciais das propriedades

químicas de Neossolos cultivados com soja, sob cultivo mínimo, numa catena do Pampa.

## 2 | MATERIAIS E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido na Fazenda Escola da Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, Campus Santiago, com coordenadas centrais UTM 705.589 E 6.769.112 S (SIRGAS 2000, ZONA 21 S), numa encosta de 1,17 ha.

Conforme a classificação de Köppen (1931), o clima dominante é o Cfa, subtropical úmido, totalizando uma precipitação anual de 1.919 mm ao longo do ano, com temperatura média anual de 17,9 °C (MORENO, 1961). O relevo apresenta feições de suave ondulado a ondulado, com altitude média de 394 metro.

A encosta em estudo é uma catena com Neossolos Litólicos Distróficos e Neossolos Regolíticos Distróficos (EMBRAPA, 2013), onde a cultura desenvolvida foi a soja em cultivo mínimo.

O procedimento amostral contou com a coleta de amostras em 52 pontos de prospecções, numa malha com intervalos regulares de 15 m, na profundidade de 0,0 – 0,2 m. Para locação dos pontos de prospecção utilizou-se um receptor GNSS (Global navigation Satellite System), com dupla frequência (L1/L2) e disponibilidade de posicionamento em tempo real (Real Time Kinematic - RTK), adotando o Datum Horizontal Sirgas 2000.

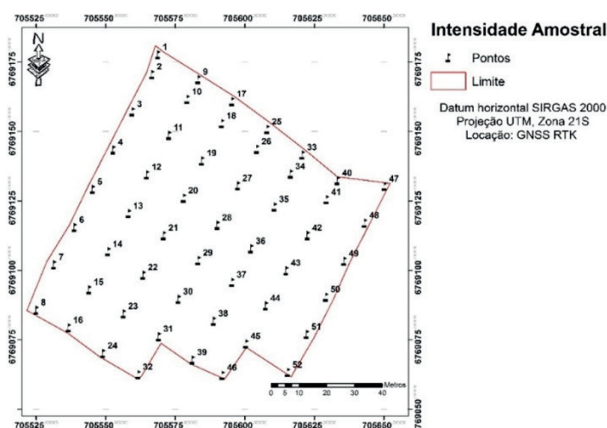


Figura 1. Mapa amostral da distribuição espacial dos pontos de prospecção.

A partir do grid de pontos definidos, foram coletadas amostras pontuais deformadas, as quais foram utilizadas para determinar as seguintes propriedades químicas do solo: cálcio (Ca), magnésio (Mg), potássio (K), alumínio (Al), acidez potencial (H+Al), fósforo (P), pH do solo em água (pH H<sub>2</sub>O), matéria orgânica (MO) e soma de bases (SB), conforme Donagemma et al. (2011). Em seguida, foi realizado o cálculo da capacidade de troca catiônica efetiva (CTC<sub>efetiva</sub>), da capacidade de troca catiônica em pH<sub>7,0</sub> (CTC<sub>pH7</sub>), da saturação por bases (V%) e da saturação por alumínio (m%).

A variabilidade dos dados foi testada pela análise estatística descritiva e por técnicas de geoestatística. O Coeficiente de Variação (CV) foi classificado conforme Warrick e Nielsen (1980), considerando variabilidade baixa ( $CV < 12\%$ ); média ( $12\% < CV < 60\%$ ); e alta ( $CV > 60\%$ ). A normalidade dos dados foi testada por Kolmogorov-Smirnov ( $p < 0,05$ ). Em seguida, foi realizada a análise de correlação de Pearson ( $p < 0,05$ ).

A dependência espacial das propriedades químicas foi avaliada pela análise geoestatística. Foram realizados ajustes de semivariogramas teóricos considerando a Média dos Erros Preditos (M), Média dos Erros Padronizada (MS), Raiz Quadrada da Média do Erro ao Quadrado (RMS), Média da Variância dos Erros Padronizados (ASE) e Raiz Quadrada da Média dos Erros Padronizados ao Quadrado (RMSS). Os modelos que oferecem dados acurados precisam obedecer a premissa de que os valores de M e MS devem estar próximos de zero, e os valores em RMS, ASE e RMSS estejam próximos de 1 (ESRI, 2016). Do ajuste de um modelo matemático aos dados, foram determinados os seguintes parâmetros: efeito pepita, patamar e alcance.

Para as análises geoestatística utilizou-se o software do Sistema de Informações Geográficas ArcGIS® 10.5.1 (ArcToolbox → Geostatistical Analyst → Assistente de geoestatística → Geoestatistical Methods → Kriging → Kriging type → Ordinary).

O grau de dependência espacial (GDE) foi classificado conforme Cambardella et al. (1994), onde a dependência espacial é fraca, quando a razão do efeito pepita for superior a 75 % do patamar, a dependência espacial moderada, quando a razão do efeito pepita for superior a 25 % e inferior ou igual a 75 % do patamar e a dependência espacial forte, quando a razão do efeito pepita for inferior ou igual a 25 % do patamar.

Em seguida, efetuou-se no ArcGIS® 10.5.1. a geração de mapas temáticos das propriedades estudadas.

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise estatística descritiva revelou que apenas os dados de acidez ativa (pH H<sub>2</sub>O) não seguiram a distribuição normal, conforme o teste de Kolmogorov-Smirnov ( $p < 0,05$ ) (TABELA 1).

Propriedades químicas	Nº	Mínimo	Máximo	Média	Desvio padrão	CV (%)	K-S	Sig
pHH <sub>2</sub> O	52	4,30	6,00	5,23	0,32	6,04	1,540	0,017
H+Al (cmol/dm <sup>-3</sup> )	52	1,95	17,30	6,57	3,35	50,99	0,827	0,501
Al (cmol/dm <sup>-3</sup> )	52	0,20	4,70	1,76	0,93	52,79	1,036	0,234
m (%)	52	2,05	41,11	15,70	8,54	54,42	0,896	0,399
K (cmol/dm <sup>-3</sup> )	52	0,43	1,24	0,89	0,17	19,56	0,713	0,689
Ca (cmol/dm <sup>-3</sup> )	52	3,00	7,30	5,43	1,00	18,49	0,895	0,400



Mg (cmol/dm <sup>-3</sup> )	52	0,90	6,20	3,22	1,27	39,50	0,581	0,889
SB (cmol/dm <sup>-3</sup> )	52	6,06	14,41	9,53	1,63	17,14	0,609	0,852
V (%)	52	33,05	87,31	61,25	12,36	20,17	0,543	0,929
CTC <sub>efet</sub> (cmol/dm <sup>-3</sup> )	52	9,02	16,41	11,29	1,42	12,56	0,578	0,892
CTC <sub>pH7,0</sub> (cmol/dm <sup>-3</sup> )	52	9,15	25,84	16,10	3,70	22,96	0,572	0,899
P (mg dm <sup>-3</sup> )	52	2,80	7,60	4,80	1,21	25,24	0,814	0,522
MO (%)	52	3,00	5,30	4,05	0,43	10,60	0,644	0,802

**Tabela 1** - Estatística descritiva para as propriedades químicas de Neossolos cultivados com soja, sob cultivo mínimo, numa catena do Pampa.

pH H<sub>2</sub>O: Acidez ativa. H+Al: Acidez potencial. Al: Alumínio. MO: Matéria orgânica. K: Potássio. Ca: Cálcio. Mg: Magnésio. SB: Soma de bases. CTC<sub>efet</sub>: Capacidade de troca de cátions efetiva. Capacidade de troca de a pH 7. V%: Saturação por bases. m%: Saturação por Alumínio. P: Fosforo CV: Coeficiente de variação. K-S: Teste de Kolmogorov-Smirnov. Sig: Significância (p<0,05).

Conforme o CQFSRS (2004), o pH H<sub>2</sub>O foi classificado como baixo, entre 5,1 e 5,4 (TABELA 1).

Considerando os valores de H + Al descritos na Tabela 1, pode-se inferir que, a acidez potencial é boa, conforme a classificação proposta por Alvarez et al. (1999). De acordo com Sobral et. al., (2015), o Al<sup>3+</sup> foi classificado como alto com valores superiores a 1,0 cmol/dm<sup>-3</sup>. Quanto a m% teve classificação baixa, entre 15,1 e 30,0% (ALVAREZ et al. 1999). (TABELA 1).

Segundo a EMBRAPA (2015), para o K, Ca e Mg, os valores foram classificados como altos (<60 mg dm<sup>-3</sup>, >3,0; >1,0 cmol/dm<sup>-3</sup> e > 1,0 cmol/dm<sup>-3</sup>), respectivamente (TABELA 1).

Os resultados encontrados para a SB e V% foi classificado como muito bom (>6,00 cmol/dm<sup>-3</sup>) e bom (60,1 – 80,0 %), conforme Alvarez et al. (1999) (TABELA 1).

Para a CTC<sub>efetiva</sub> e CTC<sub>pH7</sub> os valores foram classificados como alto de >4,0 cmol/dm<sup>-3</sup>, e médio, entre 5,0 e 15,0 cmol/dm<sup>-3</sup>, nesta ordem, corroborando com a EMBRAPA (2015) (TABELA 1).

Conforme CQFSRS (2004) o P teve classificação muito baixo (<5,0 mg dm<sup>-3</sup>) sendo pouco disponível para as culturas. Finalmente o teor de MO obteve classificação média (2,6 - 5,0 %) (TABELA 1).

Os valores do coeficiente de variação foram classificados segundo Warrick e Nielson (1980), para a pH H<sub>2</sub>O e MO, observou-se baixa variação; já a H+Al, Al, K, Mg e Ca foi de média variação. O mesmo comportamento foi observado para os dados de SB, CTC<sub>efetiva</sub>, CTC<sub>pH7</sub>, V%, m% e P. (Tabela 1).

As propriedades químicas dos solos estudados apresentaram correlações, conforme a tabela 2. Em relação a acidez ativa, observou-se que, quanto menor os valores de pH H<sub>2</sub>O, maior será acidez potencial, com maior disponibilidade de alumínio toxico para a cultura, desta maneira, maior será a saturação por alumínio na CTC<sub>efetiva</sub>.

Os solos que apresentam quantidades altas de  $Al^{3+}$ , adjuntos ou não ao  $Mn^{2+}$ , com alta acidez, podem proporcionar limitações ao crescimento normal e também ao desenvolvimento radicular das plantas (SOUZA et al., 2007).

A acidez potencial correlacionou-se com a  $CTC_{efetiva}$ , demonstrando que quanto maiores os valores de  $H+Al$ , maior será a  $CTC_{efetiva}$ ; assim, quanto maior acidez potencial, menor será saturação por bases. Segundo Ronquim (2010), um índice de saturação por bases baixo significa que há pequenas quantidades de cátions, como  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$  e  $K^+$ , saturando as cargas negativas dos colóides, e que a maioria delas está sendo neutralizada por  $H^+$  e  $Al^{3+}$ . Desta maneira, pode-se inferir que quanto maior o valor de  $pH_{H_2O}$ , maior será soma e a saturação por bases. Então, sendo assim, quanto menor o  $pH_{H_2O}$ , maiores os teores de alumínio, e menores serão os valores de cálcio, potássio e magnésio; estabelecendo uma relação antagônica entre a saturação por alumínio e os teores de bases (TABELA 2).

Conforme a tabela 2, incrementos nos teores de MO ocasionam a redução da atividade do Al tóxico, e este processo é descrito por Mancin (2010), que relata que o aumento da MO do solo proporciona uma complexação do alumínio, modificando os teores de Al trocável e, especialmente, de Al não trocável na solução do solo.

Os teores de K têm influência direta na  $CTC_{efetiva}$ , ou seja, quanto maior a quantidade de K maior serão os valores para a  $CTC_{efetiva}$  e conseqüentemente, maior a soma de bases. Para a  $CTC_{pH7}$  há uma maior contribuição do Al e do  $H^+$ , quando comparado com as bases (Tabela 2), Novais et al. (2007), explicam que o  $Al^{3+}$ , sendo trivalente é mais fortemente retido do que os cátions divalentes.

A análise de correlação demonstrou que incrementos nos teores de cálcio, aumentam a  $CTC_{efetiva}$  e a saturação por bases, reduzindo a saturação por alumínio. O alumínio trocável reduz a  $CTC_{efetiva}$  amortizando a disponibilidade de cátions como potássio, magnésio e cálcio. Sendo assim, explica-se a importância da prática de calagem, que aumenta o  $pH$  do solo e neutraliza o alumínio, com posterior disponibilização de nutrientes na solução do solo (SPOSITO, 2008). Assim, com o incremento do Mg, também ocorre o incremento na  $CTC_{efetiva}$  e na  $CTC_{pH7}$ . Porém, para a  $CTC_{efetiva}$  há maior importância do cálcio, observamos também que, quanto maior o teor de magnésio, maior será soma de bases e menor será a saturação por alumínio. Conforme Scipioni et al. (2010), estes processos estão diretamente relacionados ao desenvolvimento do solo, apresentando maiores teores de cálcio, em consequência, maior relação  $Ca:Mg$  e maior capacidade de troca de cátions (CTC).

Prop.	pH H <sub>2</sub> O	H+Al	MO	K	P	Al	Ca	Mg	CTC <sub>efetiva</sub>	CTC <sub>pH7</sub>	SB	V	m
pH H <sub>2</sub> O	1	-0,42*	-0,05	-0,05	-0,17	-0,42**	-0,47**	0,11	0,15	-0,21	0,37**	0,44**	-0,46**
H+Al		1	0,37**	0,10	0,02	-0,08	-0,11	0,05	-0,077	0,89**	-0,02	-0,94**	-0,08
MO			1	0,14	-0,05	-0,28**	-0,06	-0,06	-0,26	0,31*	-0,06	-0,38**	-0,19
K				1	0,04	0,20	0,17	0,18	0,55**	0,25	0,36**	-0,01	0,1
P					1	0,01	-0,00	0,15	0,14	0,07	0,12	0,03	-0,01
Al						1	-0,48**	-0,28*	0,07	-0,29*	-0,50**	-0,01	0,97**
Ca							1	-0,05	0,36**	0,15	0,59**	0,24	-0,58**
Mg								1	0,69**	0,38**	0,76**	0,17	-0,42**
CTC <sub>efet</sub>									1	0,29*	0,82**	0,31*	-0,14
CTC <sub>pH7</sub>										1	0,42**	-0,72**	-0,37**
SB											1	0,28*	-0,67**
V%												1	-0,07
m%													1

**Tabela 2** - Significância e coeficientes de correlação de Pearson ( $p < 0,01$ ) para as propriedades químicas de Neossolos cultivados com soja, sob cultivo mínimo, numa catena do Pampa.

pH H<sub>2</sub>O: Acidez ativa. H+Al: Acidez potencial. Al: Alumínio. MO: Matéria orgânica. K: Potássio. Ca: Cálcio. Mg: Magnésio. SB: Soma de bases. CTC<sub>efet</sub>: Capacidade de troca de cátions efetiva. CTC<sub>pH7,0</sub>: Capacidade de troca de a pH 7,00. V%: Saturação por bases. m%: Saturação por Alumínio. P: Fosforo CV: Coeficiente de variação. K-S: Teste de Kolmogorov-Smirnov. Sig: Significância ( $p < 0,05$ ).

Conforme a Tabela 3, as variáveis de acidez ativa, acidez potencial, fosforo, CTC<sub>efetiva</sub>, CTC<sub>pH7</sub> e saturação por bases, ajustaram-se ao modelo Stable.

Os ajustes para os valores de matéria orgânica e cálcio seguiram o modelo Gaussiano (TABELA 3). Para a matéria orgânica, o ajuste vai de encontro ao observado por Pontelli, (2006) e Libanio, (2014), já o cálcio, segue o ajuste observado por Libanio, (2014).

Por fim, o modelo matemático circular foi o que melhor descreveu os dados de potássio, alumínio, saturação por alumínio e a soma de bases, e o modelo o exponencial foi o que melhor se ajustou aos dados de magnésio (TABELA 3).

Os valores de alcance obtidos para todas as propriedades estudadas foram superiores a equidistância da malha amostral, que foi de 15 m, indicando um elevado padrão de acurácia nas predições. O alcance torna-se uma referência indispensável, para avaliação da grade amostral, avaliando-a se foi suficiente para a determinação das variáveis espaciais estudadas, ou seja, a distância máxima correlacionadas espacialmente (MCBRATNEY & WEBSTER, 1986; PANOSSO et al., 2008). Tal parâmetro é condicionado pelo patamar, o valor máximo do semivariograma, o qual equivale ao limite da covariância entre dois pontos quando sua separação tende a zero.

O efeito pepita para a maioria das propriedades químicas estudadas foi igual ou próximo a 0, e estes valores indicam a não ocorrência do erro experimental, ou a ocorrência de erros desprezíveis (TRANGMAR et al., 1985); exceto para a saturação por alumínio, a qual apresentou um elevado valor de pepita, e esta variação conforme

Vieira (2000), está associada a variabilidade não descrita pelo modelo.

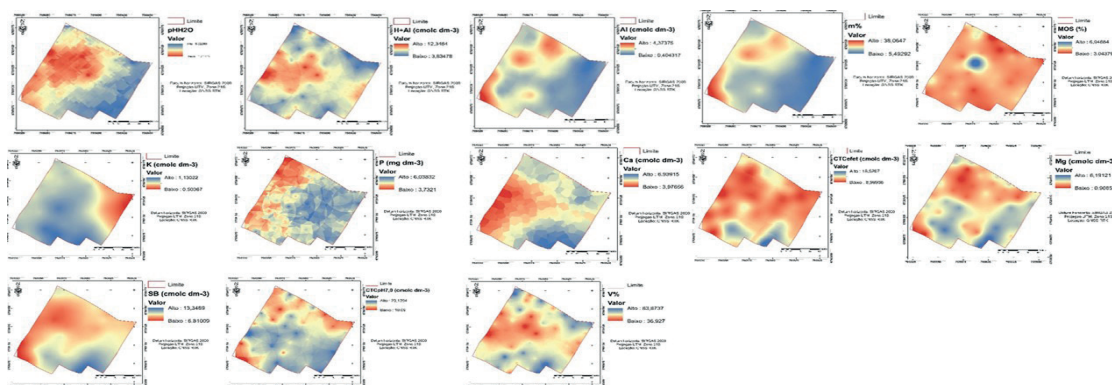
A dependência espacial, tendência a que o valor de uma variável associada a uma determinada localização assemelha-se mais ao valor de suas amostras vizinhas do que ao restante das localizações do conjunto amostral pode ser avaliada pelo grau de dependência espacial que, conforme a Tabela 3, foi classificado como forte para a maioria das propriedades químicas estudadas, com a razão do efeito pepita inferior ou igual a 25% do patamar.

Prop.	Modelo	Alcance	Patamar	Pepita	M	RMS	MS	RMSS	ASE	DE	GDE (%)
pH H <sub>2</sub> O	Stable	72,35	0,11	0,000	0,013	0,337	0,039	0,976	0,345	Forte	0,00
H+Al	Stable	35,25	11,85	0,000	0,025	3,398	0,007	1,000	3,386	Forte	0,00
MO	Gaussiano	36,75	0,45	0,000	0,005	0,605	0,006	1,014	0,600	Forte	0,00
K	Circular	167,79	0,06	0,006	-0,000	0,119	-0,008	1,013	0,118	Forte	12,26
P	Stable	27,50	1,52	0,000	-0,009	1,289	-0,007	1,034	1,248	Forte	0,00
Al	Circular	30,06	0,34	0,275	-0,031	0,714	-0,034	0,967	0,738	Fraco	79,85
Ca	Gaussiano	109,43	0,85	0,564	0,032	0,810	0,036	0,990	0,822	Moderado	66,21
Mg	Exponencial	30,17	1,67	0,000	-0,005	1,185	-0,005	0,997	1,196	Forte	0,00
CTCe	Stable	30,48	17,45	0,001	0,003	1,135	-0,000	0,999	1,126	Forte	0,01
CTCpH7	Stable	32,26	13,87	0,000	0,088	3,692	0,022	1,000	3,684	Forte	0,00
SB	Circular	73,19	2,76	0,527	0,019	1,169	0,009	1,006	1,163	Forte	19,11
V%	Stable	35,74	157,83	0,000	-0,322	12,166	-0,027	1,000	12,141	Forte	0,00
m%	Esferico	73,19	70,21	13,789	-0,235	6,158	-0,025	0,990	6,307	Forte	19,64

**Tabela 3** - Parâmetros dos modelos de semivariogramas ajustados para as propriedades químicas de Neossolos cultivados com soja, sob cultivo mínimo, numa catena do Pampa.

pH H<sub>2</sub>O: Acidez ativa. H+Al: Acidez potencial. Al: Alumínio. MO: Matéria orgânica. K: Potássio. Ca: Cálcio. Mg: Magnésio. SB: Soma de bases. CTCefet: Capacidade de troca de cátions efetiva. Capacidade de troca de a pH 7,00: CTCpH7,0. V%: Saturação por bases. m%: Saturação por Alumínio. P: Fosforo. Prop.: Propriedades químicas. Pepita: Efeito pepita. M: Média. RMS: Raiz quadrada média. MS: Média padronizada. RMSS: raiz quadrada média padronizada. ASE: Erro médio padrão. DE: Dependencia Espacial, GDE (%): Grau de dependencia espacial.

As propriedades químicas que apresentaram correlações somáticas e inversas na tabela 2, seguiram o mesmo padrão de correlação durante a sua distribuição espacial, conforme os modelos digitais apresentados na figura 2.



**Figura 2** – Modelos digitais das propriedades químicas de Neossolos cultivados com soja, sob cultivo mínimo, numa catena do Pampa.

pH H<sub>2</sub>O: Acidez ativa. H+Al: Acidez potencial. Al: Alumínio. m%: Saturação por alumínio. MOS: Matéria orgânica do solo. K: Potássio. P: Fósforo Ca: Cálcio. Mg: Magnésio. SB: Soma de bases. CTC<sub>efet</sub>: Capacidade de troca de cátions efetiva. Capacidade de troca de a pH 7,00: CTC<sub>pH7,0</sub>. V%: Saturação por bases.

Este trabalho abre novos caminhos para estudos futuros, primeiramente para análise de correlação das propriedades químicas com as propriedades físicas do solo. Também, será possível estabelecer padrões de distribuição espacial das propriedades do solo baseados nas feições do relevo.

#### 4 | CONCLUSÕES

- A densidade amostral mostrou-se de grande importância para as definições das variáveis com exatidão.
- Foram observadas correlações entre as diferentes propriedades químicas ligadas a fertilidade dos Neossolos cultivados com soja, sob cultivo mínimo, na catena.
- As propriedades químicas dos Neossolos apresentaram relações espaciais em sua distribuição.
- Os Neossolos cultivados com soja, sob cultivo mínimo, em geral, apresentaram boa fertilidade química, demandando o aporte de corretivos e a suplementação de fósforo.

#### REFERÊNCIAS

- ALVAREZ V., V. H. et al. **Interpretação dos resultados das análises de solos**. In: Ribeiro, A. C.; Guimarães, P. T. G.; Alvarez V., V. H. Recomendações para uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais - 5ª Aproximação. Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, p.25-32. 1999.
- ANSELMÍ, A. A. **Adoção da agricultura de precisão no Rio Grande do Sul**. Porto Alegre,RS: UFRGS Dissertação (Mestrado)Centro de estudos e Pesquisas em Agronegócios, 104f. 2012.
- ARAÚJO, Q.K.; FIGUEIREDO, M.S.; COSTA, L.M.; LOURES, E.G.; REGAZZI, A.J.; FONTES, L.E.F. & CASALI, V.W.D. **Ação da queima e da percolação sobre propriedades químicas de um Latossolo Vermelho-Amarelo variação una**. R. Ceres, 41:537-558, 1994.
- BOT, A, J.; NACHTERGAELE, F.O.; YOUNG, A. **Land resource potetial and constraints at regional and country levels**. Rome, Land and Water Development Division, Food and Agriculture Organization,. 114p. 2000.
- CAMBARDELLA, C. A.; MOORMAN, T. B.; NOVAK, J. M.; PARKIN, T. B.; KARLEN, D. L.; TURCO, R. F.; KONOPKA, A. E. **Field-scale variability of soil properties in Central Iowa soils**. Soil Science Society America Journal, v.58, 1994. p.1501-1511, 1994.
- CASTRIGNANÒ, A.; STELLUTI, M. Fractal geometry and geostatistics for describing the field variability of soilaggregation. **Journal of Agricultural Engineering**, v. 73, n. 1, p. 13-18, 1999.
- CQFSRS/SC. **Manual de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. 10. ed. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo – Núcleo Regional Sul/ UFRGS, 400p. 2004.



- DONAGEMMA, G. K.; CAMPOS, D. V. B.; CALDERANO, S. B.; TEIXEIRA, W. G.; VIANA, J. H. M. **Manual de métodos de análise de solos**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos (Documentos, 132), 230 p. 2011
- DUTRA DA SILVA, M. **Análise da fragilidade ambiental da região sul do Rio Grande do Sul: uma ferramenta para o planejamento e gestão de áreas naturais**. 2008, 157 p. Tese de doutorado (PPG Agronomia), Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, RS, agosto de 2008.
- Empresa Brasileira De Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3.ed. Brasília, 2013. 353p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2.ed. Rio de Janeiro, 2006. 306p
- ENVIROMENMENTAL SYSTEMS RESEARCH INSTITUTE. **Using ArcGIS geostatistical analyst**. Redlands, 2016.
- GUIA PRÁTICO PARA INTERPRETAÇÃO DE RESULTADOS DE ANÁLISES DE SOLOS /Lafayette Franco Sobral ... [et al.] – Aracaju: **Embrapa Tabuleiros Costeiros**, 2015.13 p. (Documentos / Embrapa Tabuleiros Costeiros, ISSN 1678-1953; 206).
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Mapa de biomas do Brasil: primeira aproximação. Escala 1:5.000.000**. Rio de Janeiro: IBGE, 2004.
- KIEHL, E.J. **Manual de edafologia: Relações solo planta**. São Paulo: Agronomia Ceres,. 262p. 1979.
- KÖPPEN, W. Climatologia. México, **Fundo de Cultura Econômica**, 1931.
- LIBANIO P.A., CALDEIRA, S.F. SANTOS, V.S. **Variabilidade espacial dos atributos químicos do solo em povoamento de tectona grandis**. Lavras, MG: UFLA. CERNE, vol. 20, núm. 3, pp. 377-384. 2014.
- LOPES, A.S.; GUILHERME L.R.G. **Fertilidade do solo e produtividade agrícola**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007, 1017p.
- MANCIN C.R. **Matéria orgânica e formas de alumínio em um latossolo vermelho distroférrico sob sistema plantio direto consolidado**. Dourados, MS: UFGD, 2010. 80 p.
- McBRATNEY, A. B.; WEBSTER, R. **Choosing functions for semi-variograms of soil properties and fitting them to sampling estimates**. Journal of Soil Science, v.37, p.617-639. 1986.
- MELLO, G., Bueno C.R.P. & PEREIRA, G.T., **Variabilidade espacial das propriedades físicas e químicas do solo em áreas intensamente cultivadas**. Campina Grande, PB, DEAg/UFCG. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental v.10, n.2, p.294–305. 2006.
- MORENO, J. A. **Clima do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre, Secretaria da Agricultura, 42p, 1961.
- NOVAIS, R.F.; MELLO, J.W.V. **Fertilidade do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007, 1017p.
- PANOSSO, A.R.; PEREIRA, GENER, T.; MARQUES JÚNIOR, J.; LA SCALA JÚNIOR, N. **Variabilidade espacial da emissão de CO<sub>2</sub> em latossolo sob cultivo de cana de açúcar em dois sistemas de manejo**. Jaboticabal – SP: UNESP, 28:227-236, 2008.

PEDRON, F.A.; AZEVEDO, A.C.; DALMOLIN, R.S.D., et al. Morfologia e classificação taxonômica de Neossolos e saprolitos derivados de rochas vulcânicas da formação Serra Geral no Rio Grande do Sul. **R. Bras. Ci. Solo**, 33:119-128, 2009

PEDRON, F.A. **Mineralogia, morfologia e classificação de saprolitos e Neossolos derivados de rochas vulcânicas no Rio Grande do Sul**. 2007. 160p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2007.

PONTELLI, C.B. **Caracterização da variabilidade espacial das características químicas do solo e da produtividade das culturas utilizando as ferramentas de agricultura de precisão**. 2006. 112p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Maria (RS).

RAIJ, B.van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. & FURLANI, A.M.C. **Recomendações de adubação e de calagem para o Estado de São Paulo**. 2.ed. Campinas, SP. Instituto Agrônomo/ Fundação IAC, 285p. 1997.

RONQUIM, C.C. **Conceitos de fertilidade do solo e manejo adequado para as regiões tropicais**. – Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2010

SCIPIONI M.C, LONGHINI S.J., REINERT D.J., ARAÚJO M.M., PEDRON F.A. **Distribuição do compartimento arbóreo em gradiente de relevo e solos na energia Meridional da Serra Geral, RS**. *Ciência Rural*, v.40, n.6, jun, 2010.

SOBRAL L.F. et al. **Guia prático para interpretação de resultados de análises de solos** – Aracaju :Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2015.13 p. (Documentos / Embrapa Tabuleiros Costeiros, ISSN 1678-1953; 206).

SOUZA, D. M.G; MIRANDA, L.N.; OLIVEIRA, S.A. **Fertilidade do Solo**. Viçosa- MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Cap. V, 2007. p 221

SPOSITO, G. **The chemistry of soils**. New York, USA: Oxford university press, 328p. 2008.

STEVENSON, F. J. **Humus chemistry: genesis, composition, reactions**. 2 ed., New York: John Wiley & Sons, 1994. 496 p.

STÜRMER, S.L.K. **Infiltração de água em neossolos Regolíticos do rebordo do planalto do Rio grande do sul**. Santa Maria, RS: UFSM. (Dissertação de mestrado). 104p. 2008

TAYLOR, J.C. et al. Soil factors and their influence on within-field crop variability, Part II: Spatial analysis and determination of management zones. **Bios. Eng.**, v. 84, p. 441-453, 2003.

TRANGMAR, B.B.; YOST, R.S.; UEHARA G. **Application of geostatistics to spatial studies of soil properties**. *Advances in Agronomy*, San Diego, v.38, p.45-94, 1985.

VIEIRA, S. R. **Geoestatística em estudos de variabilidade espacial do solo**. IN: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. H.; SCHAEFER, C. E. G. R. (eds). *Tópicos em ciência do solo*. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2000. v.1, p.1-53.

WARRICK, A.W. & NIELSEN, D.R. **Spatial variability of soil physical properties in the field**. In: Hillel, D., ed. **Applications of soil physics**. New York, Academic Press, 1980.

WOOD, S. et al. **Soil resource condition**. A joint study by the International Food Policy Research Institute And World Resources Institute. Washington: International Food Policy Research Institute And World Resources Institute, 2001. p.45-54

## **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

