



Geoprocessamento Aplicado no Planejamento de Bacias Hidrográficas

Sérgio Campos
Marcelo Campos
Bruno Timóteo Rodrigues
Flávia Luíze Pereira de Souza
Mateus de Campos Leme

Sérgio Campos
Marcelo Campos
Bruno Timóteo Rodrigues
Flávia Luíze Pereira de Souza
Mateus de Campos Leme

Geoprocessamento Aplicado no Planejamento de Bacias Hidrográficas

Atena Editora
2019

2019 by Atena Editora
Copyright © Atena Editora
Copyright do Texto © 2019 Os Autores
Copyright da Edição © 2019 Atena Editora
Editora Executiva: Prof^a Dr^a Antonella Carvalho de Oliveira
Diagramação: Lorena Prestes
Edição de Arte: Lorena Prestes
Revisão: Os Autores

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

Conselho Editorial

Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

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
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof^a Dr^a Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Prof^a Dr^a Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Prof^a Dr^a Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Prof^a Dr^a Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof^a Dr^a Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof^a Dr^a Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Ciências Agrárias e Multidisciplinar

Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano
Prof^a Dr^a Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof^a Dr^a Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

Ciências Biológicas e da Saúde

Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás
Prof.^a Dr.^a Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará

Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Conselho Técnico Científico

Prof. Msc. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo
Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba
Prof. Msc. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão
Prof.ª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
Prof. Msc. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Msc. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará
Prof. Msc. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista
Prof.ª Msc. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia
Prof. Msc. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof.ª Msc. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal
Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

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

G345 Geoprocessamento aplicado no planejamento de bacias hidrográficas [recurso eletrônico] / Organizadores Sérgio Campos... [et al.]. – Ponta Grossa (PR): Atena Editora, 2019.

Formato: PDF
Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader
Modo de acesso: World Wide Web
Inclui bibliografia.
ISBN 978-85-7247-407-8
DOI 10.22533/at.ed.078191306

1. Bacias hidrográficas – Brasil. 2. Ecossistemas. 3. Sistemas de informação geográfica. I. Campos, Sérgio. II. Campos, Marcelo. III. Rodrigues, Bruno Timóteo. IV. Souza, Flávia Luize Pereira de. V. Leme, Mateus de Campos.

CDD 333.95

Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422

Atena Editora
Ponta Grossa – Paraná - Brasil
www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br

Atena
Editora

Ano 2019

APRESENTAÇÃO

O livro “*Geoprocessamento aplicado no planejamento de bacias hidrográficas*” apresenta uma coletânea de trabalhos desenvolvido pelo Grupo de Estudos e Pesquisas em Geotecnologia, Geoprocessamento, Sensoriamento Remoto e Topografia (GEPEGEO), cadastrado no CNPQ desde 2007, sobre estudos de tecnologias para coleta, processamento, análise e disponibilização de informação dos processos que ocorrem na unidade territorial de bacias hidrográficas e municipais.

Os artigos compilados neste livro foram desenvolvidos por discentes dos Programas de Pós-Graduação *Stricto Sensu*, da FCA, UNESP – Botucatu; UNESP/Tupã, entre outros, reconhecidos pela CAPES e por docentes da área de Agronomia, Engenharia Florestal, Física e Geografia.

O conteúdo deste livro traz subsídios para futuros trabalhos que utilizam geotecnologias aplicadas para o planejamento ambiental de bacias hidrográficas, servindo de fonte de informações para o desenvolvimento de novas pesquisas na área de ciências agrárias.

O planejamento ambiental envolve compilação e levantamento de dados, estabelecimento das unidades cartográficas e até a aplicação de um método de avaliação apoiada no estudo das capacidades ou potencialidades de uso e ocupação de um determinado território e dos impactos que a implantação e desenvolvimento dessas atividades produzem ao meio ambiente.

O desenvolvimento econômico do Brasil nas últimas décadas, seja nas áreas urbanas ou rurais, foi caracterizado pelo planejamento inadequado das bacias hidrográficas, com pressão cada vez maior sobre os recursos naturais.

A bacia hidrográfica quando usada como unidade natural de análise da superfície terrestre, favorece o reconhecimento das inter-relações existentes entre os diversos elementos da paisagem e os processos que atuam na sua esculturação.

Na análise ambiental, os estudos sobre bacia hidrográfica como unidade de planejamento tem grande importância nos contextos técnico-científicos e aplicados à montagem e execução de um projeto integrado de manejo sustentável, por ser uma unidade de planificação, devido a sua alta coesão geográfica e ao seu funcionamento em torno do elemento água, ou seja, a bacia hidrográfica é uma interessante unidade de planificação e gestão integral do meio na definição das unidades territoriais funcionais como unidades básicas de ordenação territorial

A paisagem é sempre complexa, sendo necessário definir unidades de mapeamento compostas, com mais de um parâmetro ambiental selecionado, descrevendo a complexidade que está presente, assim estas devem ser chamadas de áreas homogêneas de unidades ambientais que aplicado nos métodos de avaliações, pode ser uma combinação de diferentes tipos, podendo servir de base para diversos planejamentos, sob diferentes demandas e finalidades.

Assim, delimitação das unidades de ambientais apresenta grande complexidade,

pois a interação entre os diversos atributos do sistema natural e antrópico permite a identificação dos atributos responsáveis pela dinâmica da paisagem, como também identifica as principais fragilidades ambientais de cada unidade, elemento essencial na gestão do território.

Desta forma, este livro pode proporcionar subsídios teóricos, conceituais e metodológicos para a realização de outros projetos, bem como, fornecer ao poder público e à comunidade o diagnóstico da área e seus respectivos usos, visando à tomada de decisões adequadas à solução de possíveis problemas encontrados.

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
USO E OCUPAÇÃO DO SOLO PARTA PLANEJAMENTO DE BACIAS HIDROGRÁFICAS	
Ronaldo Alberto Pollo	
Sérgio Campos	
Lincoln Gehring Cardoso	
Bruno Timóteo Rodrigues	
DOI 10.22533/at.ed.0781913061	
CAPÍTULO 2	6
ANÁLISE FÍSICA DE BACIAS HIDROGRÁFICAS.	
Thyellenn Lopes De Souza	
Sérgio Campos	
Marcelo Campos	
Mateus De Campos Leme	
Flávia Luize Pereira De Souza	
Laila Afif Name Kahil Natchtigall	
DOI 10.22533/at.ed.0781913062	
CAPÍTULO 3	13
DISCRIMINAÇÃO DE ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE	
Sérgio Campos	
Marcelo Campos	
Thyellenn Lopes de Souza	
Mateus de Campos Leme	
Flávia Luize Pereira de Souza	
Laila Afif Name Kahil Nachtigall	
DOI 10.22533/at.ed.0781913063	
CAPÍTULO 4	22
IMAGENS DIGITAIS PARA PLANEJAMENTO AGRÍCOLA	
Sérgio Campos	
Marcelo Campos	
Felipe Souza Nogueira Tagliarini	
Bruno Timóteo Rodrigues	
Yara Manfrin Garcia	
Thyellenn Lopes De Souza	
DOI 10.22533/at.ed.0781913064	
CAPÍTULO 5	29
APTIDÃO AGRÍCOLA DE BACIAS HIDROGRÁFICAS	
Sérgio Campos	
Ana Paula Barbosa	
Milena Montanholi Mileski	
Raquel Cavasini	
Muriel Cicatti Emanoeli Soares	
Marina Granato	
Débora Marques Araújo	
DOI 10.22533/at.ed.0781913065	

CAPÍTULO 6	39
ANÁLISE MULTICRITERIAL APLICADA EM BACIAS HIDROGRÁFICAS	
Sérgio Campos	
Marcelo Campos	
Thyellenn Lopes de Souza	
Mateus de Campos Leme	
Flávia Luize Pereira de Souza	
Laila Afif Name Kail Natchgall	
DOI 10.22533/at.ed.0781913066	
CAPÍTULO 7	51
USO DE GEOPROCESSAMENTO NA CARACTERIZAÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO	
CÓRREGO PINHEIRINHO - SP	
Luana Rosalen Brito	
Alexandre Luís da Silva Felipe	
Sérgio Campos	
Marcelo Campos	
DOI 10.22533/at.ed.0781913067	
CAPÍTULO 8	80
ÍNDICES DE VEGETAÇÃO PARA AVALIAÇÃO DA COBERTURA VEGETAL DE UMA BACIA	
HIDROGRÁFICA	
Jordan Santos Sanini	
Alexandre Luís Da Silva Felipe	
Mateus de Campos Leme	
Flávia Luize Pereira De Souza	
Diedo Augusto de Campos Moraes	
Sérgio Campos	
DOI 10.22533/at.ed.0781913068	
CAPÍTULO 9	89
DRONES APLICADOS EM ESTUDOS AGROFLORESTAIS	
Mikael Teimóteo Rodrigues	
Bruno Timóteo Rodrigues	
Tiago Makoto Otani	
Felipe De Souza Nogueira Tagliarini	
Sérgio Campos	
Mateus de Campos Leme	
Flávia Luize Pereira De Souza	
Ronaldo Alberto Pollo	
DOI 10.22533/at.ed.0781913069	
CAPÍTULO 10	96
ANÁLISE AMBIENTAL EM FUNÇÃO DO CAR	
Alba Maria Guadalupe Orellana Gonzales	
Flávia Luize Pereira de Souza	
Mateus de Campos Leme	
Diego Augusto de Campos Leme	
Sérgio Campos	
DOI 10.22533/at.ed.07819130610	

CAPÍTULO 11 108

ATRIBUTOS DO SOLO

Anderson Antonio de Conceição Sartori

Gabriel Matsumoto

Sidnei Fonseca Guerreiro

Flávia Luíze Pereira de Souza

DOI 10.22533/at.ed.07819130611

SOBRE OS ORGANIZADORES..... 127

Anderson Antonio de Conceição Sartori
Gabriel Matsumoto
Sidnei Fonseca Guerreiro
Flávia Luize Pereira de Souza

VARIABILIDADE ESPACIAL DOS ATRIBUTOS DE SOLO NA CULTURA DO EUCALIPTO

RESUMO: Os plantios de eucalipto ocorrem preferencialmente em áreas com baixa fertilidade de solo e conseqüentemente baixa produtividade. Logo, para otimizar ao máximo a produção, é necessário saber o quanto essa cultura pode produzir em cada local (sítio). O projeto teve como objetivo geral gerar mapas em Zonas de Manejo-ZM em cinco áreas cultivada com a cultura de eucalipto, áreas pertencente à empresa Lwarcel. A coleta de dados foi obtida por meio do banco de dados fornecido pela empresa no período de 2009 até 2017. Os dados e mapas foram submetidos à estatística descritiva e posteriormente a modelagem geoestatística para a geração do zoneamento adequado. O método geoestatístico de interpolação foi o Inverso da Distância Ponderada (IDW) onde realizou uma correlação espacial expressa às amostras vizinhas, obtendo os mapas de cada parâmetro de solo. Os resultados identificou a exaustão de nutrientes no solo causada por espécies, nas cinco áreas onde obtiverão

a variabilidade dos atributos do solo em plantações comerciais. Pode-se detectar que a ciclagem de nutrientes e a reposição desses via adubação estão intimamente ligadas ao manejo na disponibilidade de nutrientes no solo e na produtividade dos povoamentos florestais. O mapeamento espacial da fertilidade do solo em Zonas de Manejo-ZM, como ferramenta, foi possível identificar áreas com fertilidade do solo distinta nos locais de cultivo de eucalipto, confirma um caminho operacional acessível para empresas e produtores florestais para o manejo nutricional em florestas plantadas.

PALAVRAS-CHAVE: Geoestatística. fertilidade do solo. produtividade florestal. Eucalyptus spp.

INTRODUÇÃO

Avanços tecnológicos no segmento florestal têm mostrado a importância de se medir e obter aspectos da variação espacial e temporal de propriedades do solo que afetam o rendimento das espécies dos povoamentos florestais, com o objetivo de otimizar o gerenciamento do processo de produção (BOGNOLA et al., 2008).

Os principais determinantes ambientais da produtividade florestal são o clima, a fisiografia e o solo. Numerosos estudos têm sido conduzidos para verificar as relações existentes

entre o crescimento das florestas e os atributos físicos, químicos e biológicos dos solos, principais responsáveis pelo potencial produtivo de um sítio (SCHNEIDER, 2008). Quando os fatores climáticos e fisiográficos se mantêm constantes, mediante procedimento adequado de estratificação, o solo é o fator que tem relação com o crescimento da floresta (RALSTON, 1967).

Assim, a determinação das propriedades químicas do solo são fatores básicos na condução de povoamentos e planejamento da produção florestal, evitando a degradação de seus atributos, visando à produção sustentável (ORTIZ et al., 2006) e, sobretudo contribuindo para a aplicação de técnicas de silvicultura de precisão. As relações hipsométricas, ou seja, as funções relacionadas ao diâmetro a altura do peito e altura total da árvore, são bastante sensíveis às variações de sítio tornando-se imprescindível a sua caracterização, justificando desta maneira o estudo detalhado de suas características dendrométricas e dos atributos do solo que interferem sobre o crescimento dos sistemas florestais (RIGATTO et al., 2005).

Nesse contexto, a aplicação de técnicas de geoestatística permite modelar e descrever a variabilidade espacial dos atributos de solo e planta (SIQUEIRA et al., 2010; OLIVEIRA et al., 2015), favorecendo a construção de mapas de isolinhas com o nível de detalhe desejável para maior compreensão das relações entre o solo e as espécies florestais. O conhecimento da variabilidade espacial e temporal dos fatores que afetam a produção e a produtividade dos povoamentos florestais permite realizar intervenções precisas, para obter o máximo rendimento de acordo com as potencialidades do solo e dos demais fatores ambientais locais (PELLISSARI et al., 2014).

Dessa forma, a utilização combinada de sistemas de informações geográficas e métodos geoestatísticos permite amparar tecnicamente decisões estratégicas e complexas em relação ao sistema de manejo florestal adotado, seus efeitos ambientais e a produtividade das diferentes essências florestais, contribuindo para o desenvolvimento de uma produção florestal sustentável. Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi avaliar a variabilidade espacial de propriedades edáficas em uma área cultivada *Eucalyptus* spp e verificar a dependência espacial dos parâmetros de solo.

MATERIAIS E MÉTODO

Descrição da Área de Estudo

Os municípios onde estão localizados os talhões de *Eucalyptus* spp está no centro-oeste do estado de São Paulo (Figura 1), as áreas de estudo foram determinadas em A1, A2, A3, A4 e A5. Localiza-se a 330 quilômetros da capital. Sua posição geográfica é 47°4'39" de longitude oeste e 22°53'20" de latitude sul, com altitude situada a 580 m.

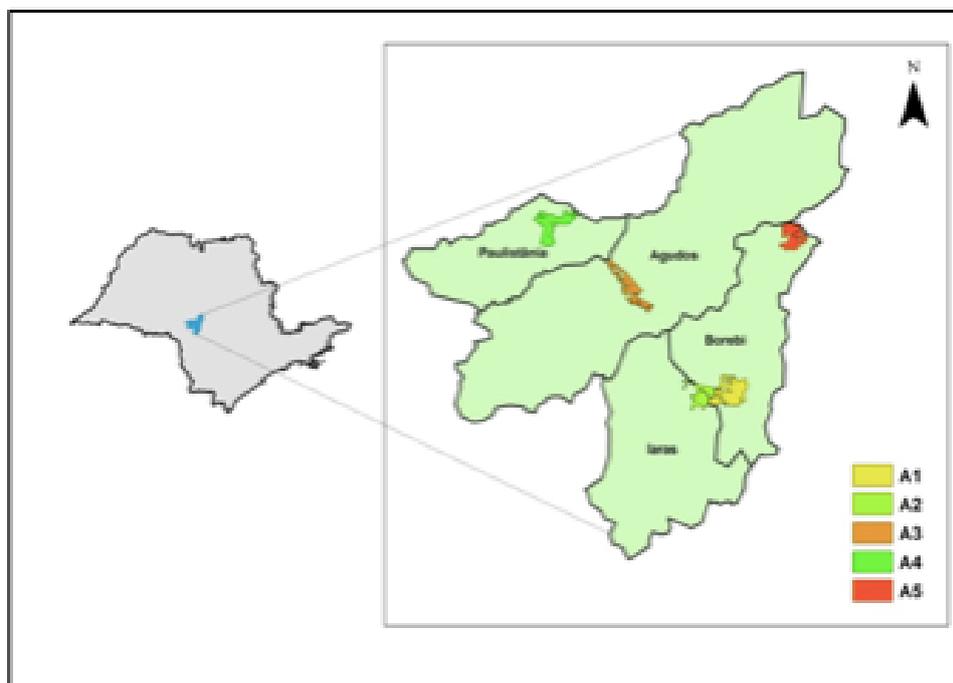


Figura 1. Localização dos talhões em áreas A1, A2, A3, A4 e A5 de eucalipto na unidade produtora da empresa Lwarcel.

Com base na classificação climática proposta por Köppen, o tipo climático predominante é do tipo Cwa, isto é, clima quente e úmido, com inverno seco. Apresenta no mês mais secos totais e chuvas inferiores a 30 mm; temperaturas médias superiores a 22°C no mês mais quente e temperaturas menores que 18°C no mês mais frio.

Remanescentes da vegetação natural podem ser observados, caracterizando-se por maciços isolados, das seguintes formações vegetais: Floresta e Cerrado.

Com relação as classes de solos encontradas em maior frequência nas áreas de estudo estão: Latossolo Vermelho Amarelo distrófico LVA_d; Latossolo Vermelho Amarelo Quartzarênico distrófico LVA_{qd}; Latossolo Vermelho Amarelo Quartzarênico eutrófico LVA_{qe}; Latossolo Vermelho Escuro distrófico; Neossolo Quartzarênico distrófico RQ_d; Neossolo Quartzarênico eutrófico RQ_e e Argissolo Vermelho Amarelo distrófico PV_d.

Revisão Bibliográfica

Para a revisão bibliográfica foram realizadas pesquisas acadêmicas referentes aos seguintes temas: zoneamento agroecológico em áreas de eucalipto, influência dos parâmetros edáficos no desenvolvimento do eucalipto e metodologias geoestatísticas aplicadas no zoneamento. Todas essas pesquisas foram utilizadas para o embasamento da metodologia executada, bem como aprofundamento bibliográfico ao tema. Além disso, foram realizadas pesquisas referentes ao manuseio dos softwares utilizados (ArcGis, QGis, ProGrid e Excel) para atender as demandas do projeto.

Aquisição dos Dados da Empresa

A área de estudo pertence a empresa Lwarcel Celulose, foi estudada 17.000 ha de floresta de eucalipto, área total de atuação da empresa ao longo da extensão de Lençóis Paulistas (SP) e região. A Caracterização da área de estudo foi obtida a partir das informações fornecidas pela empresa.

Dados Edáficos da Área De Estudo

O levantamento das informações dos parâmetros edáficos foi feito a partir dos bancos de dados da empresa no período de 2009 a 2017, no qual obteve-se os atributos de potencial hidrogeniônico (pH), matéria orgânica

(MO), fósforo resina (P_{resina}), alumínio-acidez trocável (Al^{3+}), acidez potencial ($H+Al$), potássio (k), cálcio (Ca), magnésio (Mg), soma de bases (SB), capacidade de troca de cátions (CTC), saturação por bases ($V\%$).

Os parâmetros definidos como prioritários para a elaboração do presente projeto são pH , MO , P_{resina} , K , Ca e Mg . Ressaltando que a escolha foi definida de acordo com o estudo prévio citado.

Organização dos Bancos de Dados

Para a organização dos bancos de dados, foram utilizados os seguintes programas de software: ArcGis, QGis, ProGriD e Excel.

A imagem de satélite referente aos talhões (georreferenciados) foi obtida pela empresa no formato keyhole markup language (.kmz), onde houve a necessidade de converter para o formato shapefile (.shp), a fim de rodar no software QGis.

Os dados climáticos passaram também por um processo de conversão, no qual as coordenadas em UTM passaram para latitude e longitude. Sendo assim, o software ProGriD desenvolvido pelo Projeto Mudança do Referencial Geocêntrico (PMRG) e do Projeto Infraestrutura Geoespacial Nacional (PIGN) tem por finalidade transformar coordenadas geodésicas.

Foi realizada uma análise descritiva de todos os dados obtidos, sendo considerado os seguintes parâmetros: número de pares amostrados, média, desvio-padrão, valor mínimo e valor máximo.

Alguns talhões não possuíam informações referentes aos atributos devido a confiabilidade dos mesmos nas coletas a campo pela empresa, logo, esses pontos foram excluídos dos bancos de dados. Após isso, realizou-se a junção das informações numa única estrutura, utilizando do método PROC-V do Excel.

A partir do mapa dos talhões, obteve-se pelo QGis as coordenadas (com

precisão de três casas) e os mesmos foram inseridos no bando de dados. Ao final desde processo foram inseridos no mapa (formato .shp) todos os atributos coletados, a fim de analisar as áreas de interesse com maior quantidade de informações e dar continuidade na metodologia proposta.

Analisando a metodologia geoestatística a ser aplicada no próximo semestre, viu-se a necessidade de agrupar a área de estudo em subáreas de interesse. Isso ocorreu, pois, para a metodologia ser aplicada corretamente, precisa de pelo menos quarenta conjuntos de atributos por área.

Cada talhão possui apenas um conjunto de informações, logo, por análise de proximidade, foram agrupadas em conjuntos de talhões. Esse processo foi realizado pelo QGis através da ferramenta Merge, no qual as áreas e seus respectivos atributos foram agrupados num mesmo mapa. Além disso, houve-se a necessidade de realizar um contorno de área e plotar os pontos amostrais em cada subdivisão selecionada. Para isso, foram utilizadas as ferramentas adicionar feição e texto delimitado do software citado anteriormente.

Com as áreas de estudos definidas conforme a metodologia, inseriu-se as informações referentes aos atributos escolhidos, a partir do estudo prévio, no mapa dos talhões, finalizando assim a organização dos dados.

Modelagem dos Parâmetros

Para a verificação dos parâmetros utilizados, foi realizado o teste de correlação a partir do Excel. Com isso, teremos a validação do estudo teórico com o teste prático da seleção dos atributos.

ESPACIALIZAÇÃO DOS PARÂMETROS DE SOLO E GERAÇÃO DAS ZONAS DE MANEJO

Inverso da Distância Ponderada (IDW): é considerado o método mais simples de interpolação, que atribui peso maior ao ponto mais próximo, diminuindo esse peso com o aumento da distância e em função do coeficiente potência α .

$$\hat{z}(x) = \frac{\sum_{i=1}^n Z(x_i) \frac{1}{d_{ij}^\alpha}}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{d_{ij}^\alpha}}$$

Onde: z = valores estimados; x = número de amostras; x_i = valores conhecidos; d_i = distâncias entre os valores conhecidos e estimados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Análise Descritiva dos Dados Edáficos

A estatística descritiva foi aplicada aos parâmetros de solo, temos a (Tabela 1) que expressa o valor mínimo e máximo, média, desvio padrão, coeficiente de assimetria e coeficiente de curtose referente às áreas de estudo.

ÁREA DE ESTUDO A						
	Mínim o	Máxim o	Média	Desv. Padrão	Coef. Assimetria	Coef. Curtose
pH	3,80	7,20	4,61	0,68	1,23	1,86
M.O.	6,77	29,00	12,73	3,67	1,63	5,30
P- resina	1,00	16,00	4,10	2,49	2,55	8,27
K	0,10	1,40	0,52	0,33	0,95	-0,06
Ca	1,00	101,00	14,02	14,55	3,60	19,04
Mg	0,75	7,00	2,19	1,37	1,65	3,03
ÁREA DE ESTUDO B						
	Mínim o	Máxim o	Média	Desv. Padrão	Coef. Assimetria	Coef. Curtose
pH	3,80	6,81	4,42	0,64	2,23	4,98
M.O.	5,52	21,00	11,60	4,23	0,63	-0,56
P- resina	1,10	22,10	5,11	4,60	2,24	5,78
K	0,06	1,47	0,56	0,36	0,84	-0,02
Ca	1,20	39,63	10,12	10,00	1,63	1,97
Mg	0,50	5,94	1,89	1,28	1,59	1,92
ÁREA DE ESTUDO C						
	Mínim o	Máxim o	Média	Desv. Padrão	Coef. Assimetria	Coef. Curtose
pH	3,94	6,60	4,37	0,63	2,38	5,01
M.O.	7,00	21,00	9,93	2,87	1,68	3,86
P- resina	0,40	14,90	3,11	2,75	2,14	6,56
K	0,15	2,56	0,76	0,56	1,22	1,43
Ca	1,28	27,00	6,01	5,69	2,40	5,90
Mg	1,00	9,00	2,43	1,91	2,20	5,09
ÁREA DE ESTUDO D						

	Mínim	Máxim		Desv.	Coef.	Coef.
	o	o	Média	Padrão	Assimetria	Curtose
pH	3,30	6,80	4,15	0,70	2,17	5,89
M.O.	5,00	18,00	10,15	3,26	0,46	-0,55
P-						
resina	1,80	10,10	3,23	1,52	2,96	10,41
K	0,10	2,06	0,49	0,31	2,79	11,71
Ca	2,00	78,00	9,43	13,20	4,15	18,54
Mg	0,78	7,00	2,07	1,49	1,50	1,49

ÁREA DE ESTUDO E						
	Mínim	Máxim		Desv.	Coef.	Coef.
	o	o	Média	Padrão	Assimetria	Curtose
pH	3,60	6,51	4,71	0,69	0,80	-0,30
M.O.	7,00	24,00	13,06	4,15	0,70	-0,02
P-						
resina	1,38	27,40	6,77	6,62	1,95	2,79
K	0,15	1,27	0,64	0,25	0,58	0,12
Ca	2,00	46,30	10,05	7,66	2,41	9,23
Mg	0,60	6,00	1,71	1,21	1,48	2,42

Referente à Tabela 1, podemos verificar que os valores de pH, K e Mg foram o que obtiveram menos variação média entre as áreas, porém M.O., P-resina e Ca não obtiveram uma variação discrepante, o que pode ser verificado uma homogeneidade das áreas em relação as médias. Analisando também o máximo e mínimo de cada atributo entre as áreas, verificamos que todas seguem uma faixa próxima, o que reforça o argumento da homogeneidade da área partindo de uma perspectiva geral.

Todavia, cada atributo possui uma grande variação de valor máximo e mínimo, o que podemos perceber que pontualmente existe diferença de valores consideráveis. Logo, mesmo analisando de forma generalizada, tem-se a necessidade da aplicação de metodologias mais específicas e geoestatísticas para a análise das áreas em comportamento de variabilidade espacial de cada atributo, uma vez que as mesmas possuem heterogeneidade de valores.

Os mapas do (IDW) utilizando a modelagem dos atributos de solo referente à área “A” estão dispostos nas Figuras de 2 a 4.

O mapa do elemento Potássio (K) e Matéria Orgânica (M.O.) (Figura 2) mostra

que os valores mais altos das estimativas estão concentrados na região oeste tendendo para o sul da área de estudo.

Barros et al. (1997) e Gava (1997) estudaram a relação do potássio (K) com a biomassa de povoamentos de eucalipto. Eles notaram que o acúmulo de K na biomassa da parte aérea de povoamentos de *Eucalyptus grandis* é crescente, em função da idade. Além disso, esse nutriente, no solo, afeta diretamente o crescimento do eucalipto devido a essa cultura apresentar maiores respostas de crescimento em função de adubações de manutenção.

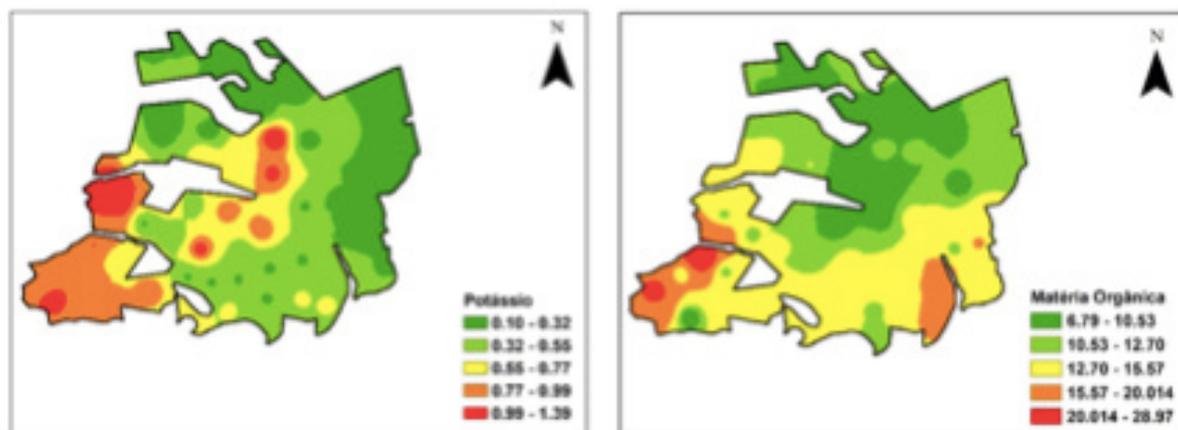


Figura 2. Interpolação do atributo K e M.O cultivado com eucalipto área “A”

Os teores de M.O podem estar relacionados tipo dos resíduos vegetais (serrapilheira), retornados ao solo pelo eucalipto. Entretanto, o preparo de solo e o cultivo de espécies florestais comerciais (plantados) consomem a matéria orgânica original do solo, num primeiro momento, mas, no longo prazo, não consegue estabelecer uma contribuição que suplante a oferta diversa e em grande quantidade de serrapilheira pelo sistema.

O mapa do elemento Magnésio (Mg) mostra que os valores mais altos das estimativas estão concentrados na região oeste tendendo região central do tralhão, já o elemento Fósforo (P) tende apresentar teores baixo de forma geral em toda área conforme (Figura 3).

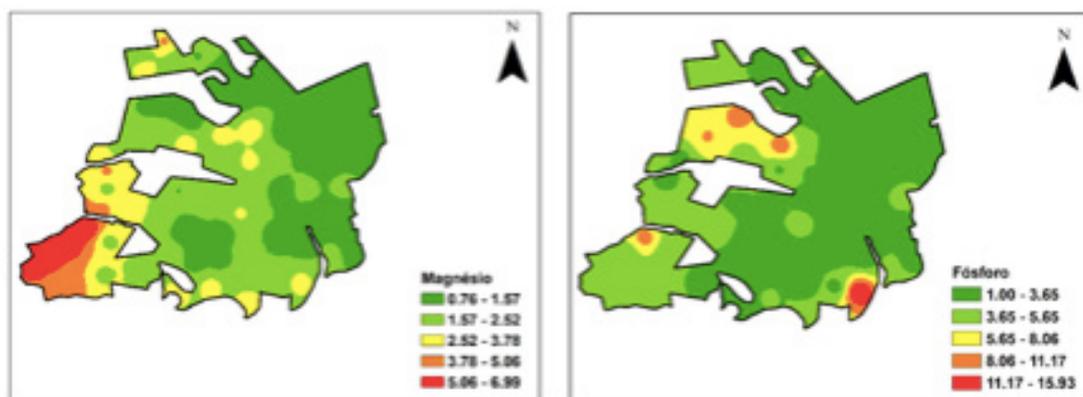


Figura 3. Interpolação dos atributos Mg e P cultivado com eucalipto área “A”

Para fósforo (P), a teoria é mais extensa conforme descrito amplamente por Novais (1999). Esse nutriente é provavelmente o mais estudado em condições tropicais devido aos seus baixos teores trocáveis (abaixo de 5 mg dm⁻³) na maioria dos solos brasileiros e à elevada capacidade de adsorção de P pelo solo. Entretanto, o fósforo difere em exigências para o eucalipto, havendo grande necessidade durante a implantação e mostrando queda exponencial do seu nível crítico de manutenção ao longo do ciclo da cultura do eucalipto (NOVAIS et al., 1986).

O mapa do elemento Cálcio (Ca) mostra que os valores mais altos das estimativas estão concentrados na região oeste, o que está relacionado com o pH do solo, (Figura 4).

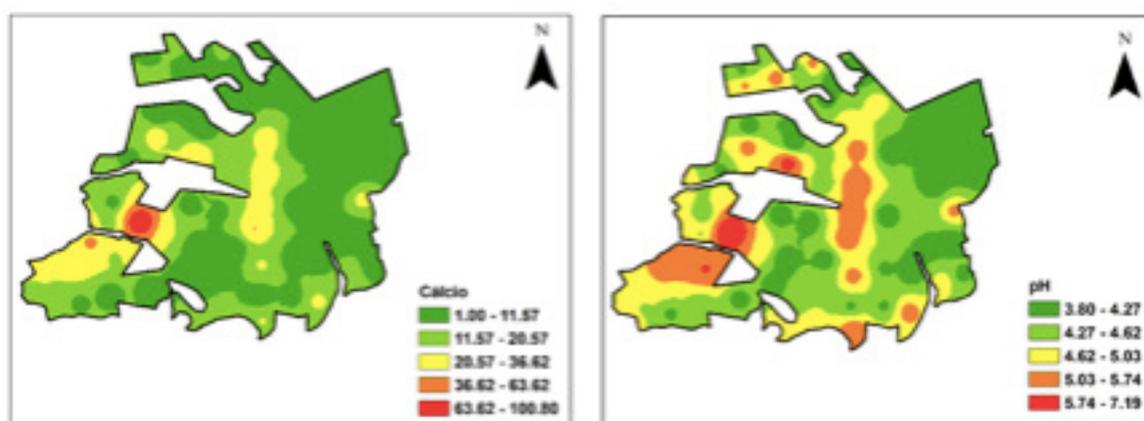


Figura 4. Interpolação dos atributos Ca e pH cultivado com eucalipto área “A”

O reflexo negativo no balanço do Ca (entrada-saída) reflete extração e exportação de nutrientes maior do que a preservação ou enriquecimento de nutrientes no sistema. Esse impacto negativo pode ser devido ao comportamento dos materiais genéticos e/ou à reposição insatisfatória de nutrientes pela adubação. Leite et al. (2010) destacam

ainda a redução maior no solo do teor de cálcio, corroborando a grande extração desse elemento pelo eucalipto, conseqüentemente levando ao decréscimo do pH, também detectada nos trabalhos de Santana et al. (2008) e Turner e Lambert (2008).

A exaustão de nutrientes no solo causada por espécies florestais é um problema que pode ocorrer em plantações comerciais. A ciclagem de nutrientes e a reposição desses via adubação estão intimamente ligadas ao manejo na disponibilidade de nutrientes no solo e na produtividade dos povoamentos florestais (MORO et al., 2008).

Os mapas do (IDW) utilizando a modelagem dos atributos de solo referente à área “B” estão dispostos nas Figuras de 5 a 7.

O mapa do elemento Potássio (K) e Matéria Orgânica (M.O.) para área “B” (Figura 5) mostra que os valores mais altos das estimativas estão concentrados na região leste tendendo a sul da área de estudo.

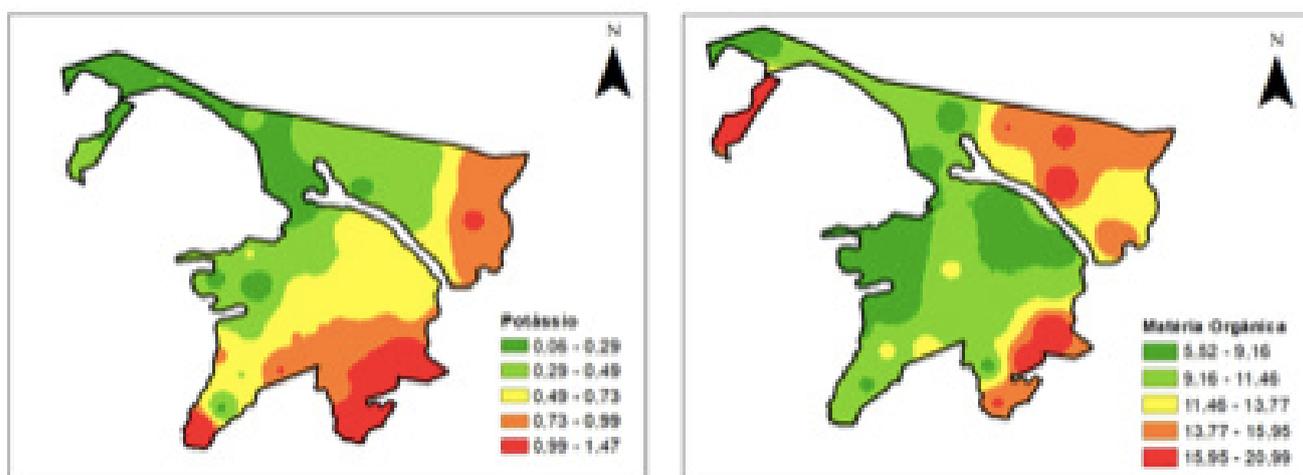


Figura 5. Interpolação do atributo K e M.O cultivado com eucalipto área “B”

Observa-se para P e M.O, as variações, em média, foram pequenas e não atendem às exigências do eucalipto. Os mapas de distribuição espacial, então, demonstram que esses nutrientes, aplicados nas adubações de plantio e cobertura, foram logo absorvidos pelas árvores ou perdidos no sistema.

O mapa do elemento Cálcio (Ca) para área “B” mostra que os valores mais elevados das estimativas estão concentrados na região oeste, o que está relacionado com o pH do solo, (Figura 6).

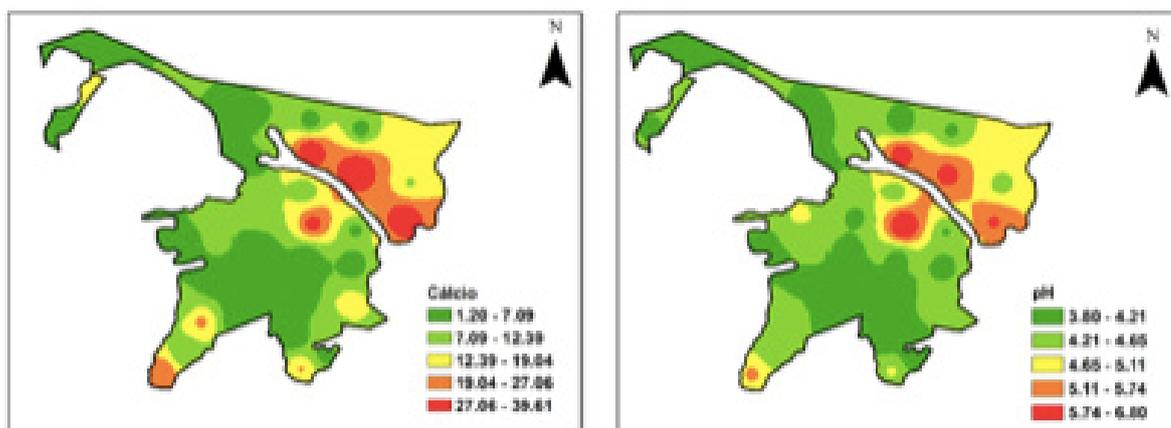


Figura 6. Interpolação do atributo Ca e pH cultivado com eucalipto área “B”

O mapa do elemento Magnésio (Mg) mostra que os valores mais altos das estimativas estão concentrados na região periférica a oeste tendendo aumentar a região central do talhão, já o elemento Fósforo (P) tende apresentar teores baixo de forma geral em toda área, com apenas pequenas áreas restritas com elevados teores(Figura 7).

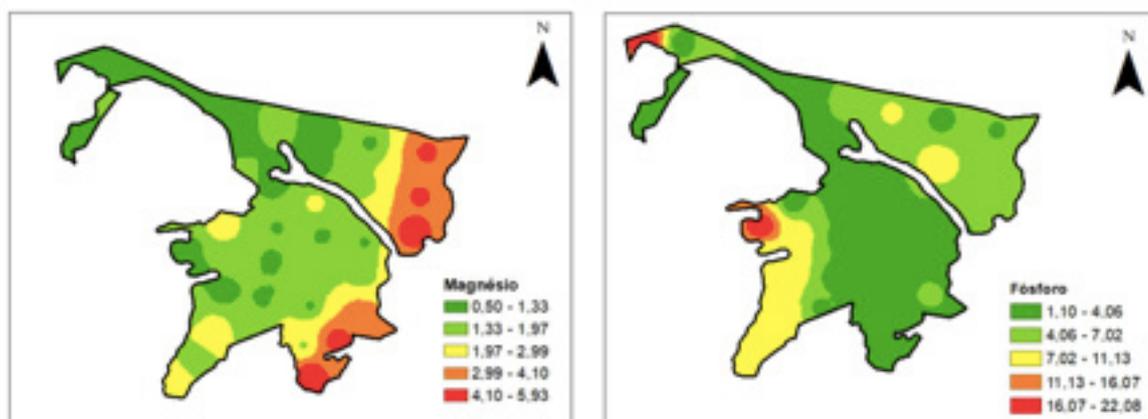


Figura 7. Interpolação do atributo Mg e P cultivado com eucalipto área “B”

Os mapas do (IDW) utilizando a modelagem dos atributos de solo referente à área “C” estão dispostos nas Figuras de 8 a 10.

O mapa do elemento Potássio (K) os valores menores estão concentrado na região central do talhão, com valores maiores nos extremos da área, já para a Matéria Orgânica (M.O.) a variabilidade espacial e comportamento e bem irregular como fica evidenciado na (Figura 8).

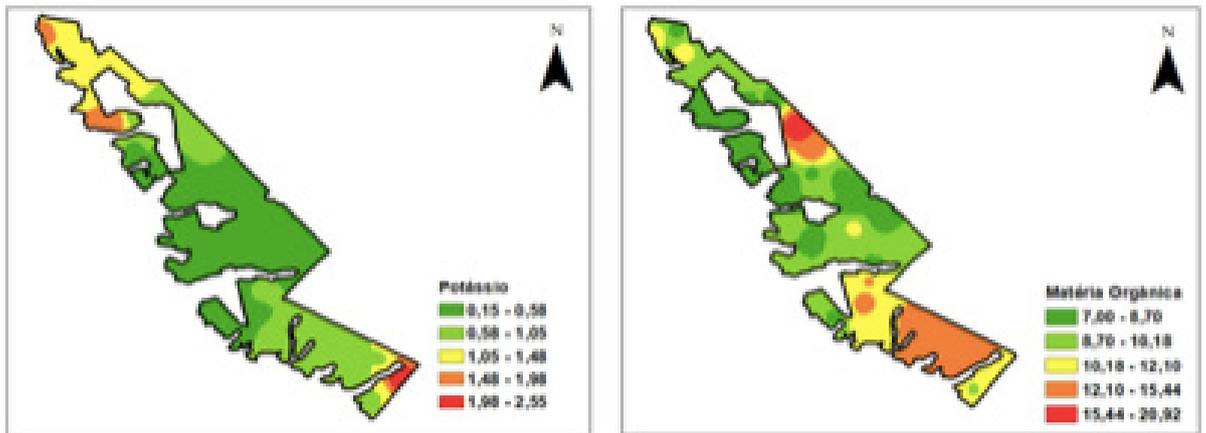


Figura 8. Interpolação do atributo K e M.O cultivado com eucalipto área “C”

O mapa do elemento Magnésio (Mg) mostra que os valores mais altos (6,36 a 8,99) das estimativas estão concentrados na região noroeste, já o elemento Fósforo (P) tende a apresentar teores baixos de forma geral em toda área, com apenas pequenas áreas restritas com elevados teores ao norte (Figura 9).

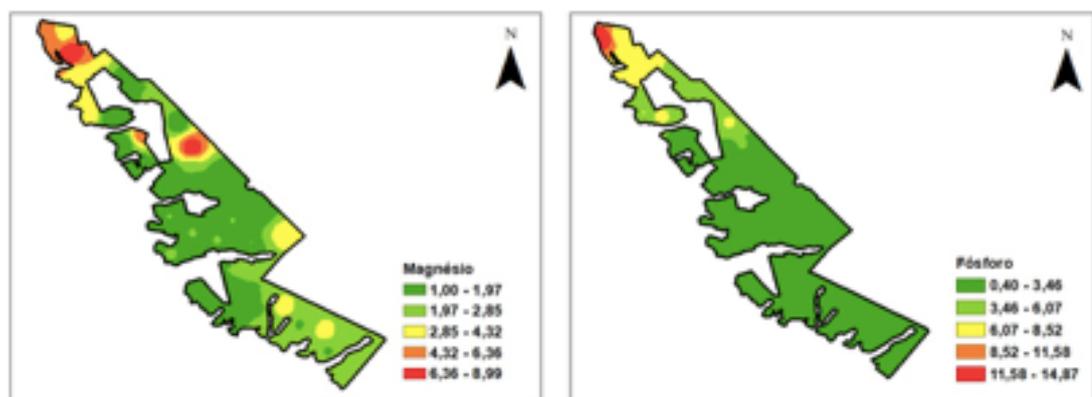


Figura 9. Interpolação do atributo Mg e P cultivado com eucalipto área “C”

O comportamento do elemento Ca está atrelado ao pH do solo, como pode ser observado na (Figura 10), existe uma maior variabilidade dos valores tendendo ao noroeste do talhão.

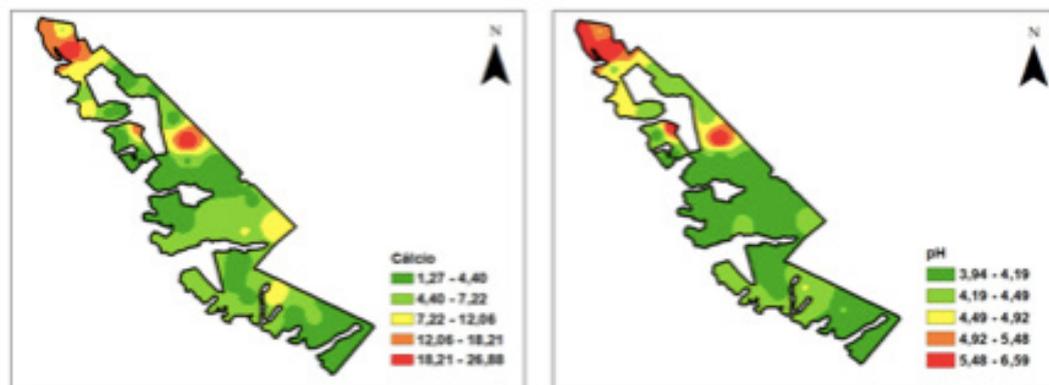


Figura 10. Interpolação do atributo Ca e pH cultivado com eucalipto área “C”

Alta demanda por cálcio pelo eucalipto é relatada frequentemente na literatura (SANTANA et al., 2008; TURNER e LAMBERT, 2008; LEITE et al., 2010). Dos macronutrientes, o Ca parece ser o que apresenta expressiva saída do sistema causa por ocasião da colheita, principalmente via casca. Essa extração chega a 590 kg de Ca para atender a produção de 100 t ha⁻¹ da biomassa da parte aérea de eucalipto (SANTANA et al., 2008). Logo, a alternativa mais correta é a retirada apenas da madeira comercial sem a casca, como é praticado pelas empresas florestais atualmente.

Os mapas do (IDW) utilizando a modelagem dos atributos de solo referente à área “D” estão dispostos nas Figuras de 11 a 13.

O mapa do elemento Potássio (K) os valores maiores estão pequenas manchas do talhão, com valores maiores no centro e norte da área, já para a Matéria Orgânica (M.O.) a maior concentração de M.O. esta na parte periférica a oeste da área de estudo (Figura 11).

Com o aumento do teor de M.O., espera-se aumentos na acidez (queda de pH) e na CTC (eleva o transporte de cátions pela lixiviação). Paciullo et al. (2014) verificaram resultado parecido, comparando o solo sob a copa de árvores com o solo sob fora da faixa de árvores, em sistemas silvipastoris. Nesse experimento, observou-se que as árvores reduziram as perdas de nutrientes causados por processos, como lixiviação e erosão e aumentaram a disponibilidade de nutrientes pela sua maior liberação na matéria orgânica do solo.

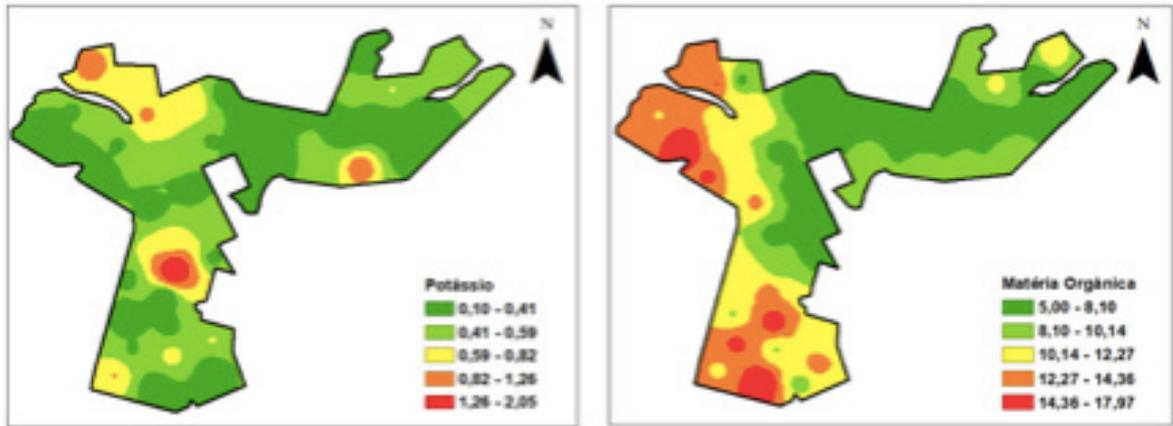


Figura 11. Interpolação do atributo K e M.O cultivado com eucalipto área “D”

O mapa do elemento Magnésio (Mg) mostra que os maiores valores estimativas estão tendendo a região noroeste do tralhão, já o elemento Fósforo (P) tende apresentar teores baixo de forma geral em toda área conforme, com pequenas manchas de valores maiores (Figura 12).

Entretanto, o fósforo difere em exigências para o eucalipto, havendo grande necessidade durante a implantação e mostrando queda exponencial do seu nível crítico de manutenção ao longo do tempo, assim como nas demais áreas, onde foi caracterizado o mesmo comportamento em variabilidade espacial.

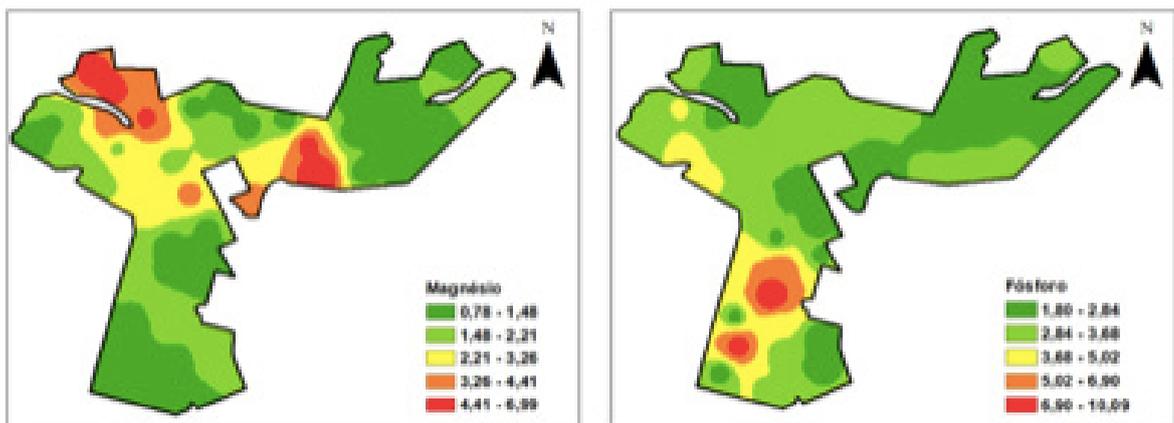


Figura 12. Interpolação do atributo Mg e P cultivado com eucalipto área “D”

O comportamento do elemento Ca está atrelado ao pH do solo, como pode ser observado na (Figura 13), existe uma maior variabilidade dos valores em regiões coincidentes.

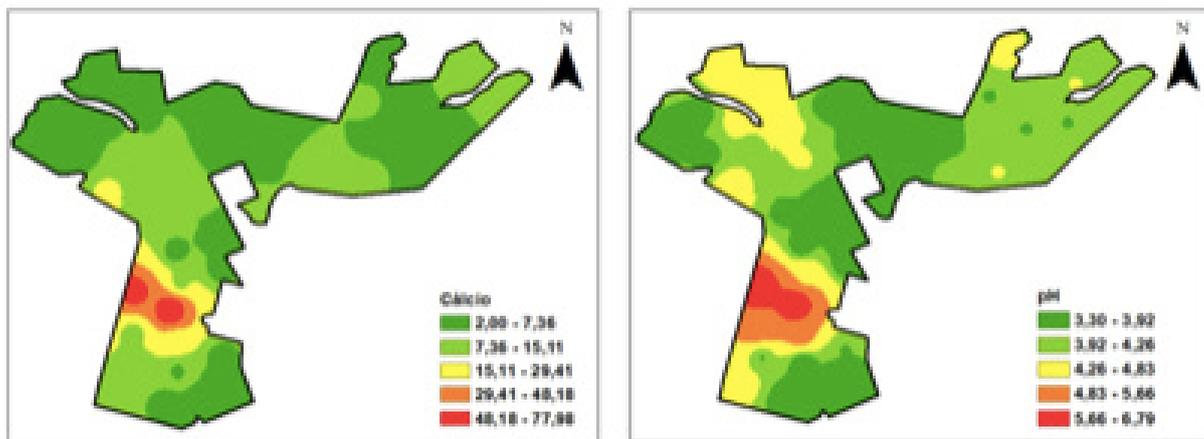


Figura 13. Interpolação do atributo Ca e pH cultivado com eucalipto área “D”

Os mapas do (IDW) utilizando a modelagem dos atributos de solo referente à área “E” estão dispostos nas Figuras de 14 a 16.

O mapa do elemento Potássio (K) os valores maiores estão em grandes manchas no talhão, com valores menores tendendo a leste da área, já para a Matéria Orgânica (M.O.) a maior concentração de M.O. esta na parte periférica a sul decrescendo a norte da área de estudo (Figura 14).

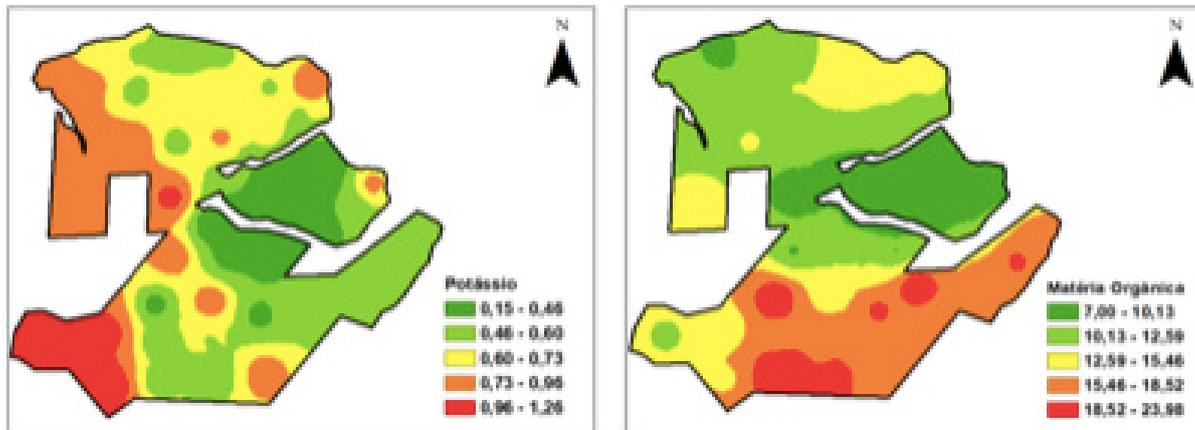


Figura 14. Interpolação do atributo K e M.O cultivado com eucalipto área “E”

O mapa do elemento Fósforo (P) mostra que os maiores valores estimativas estão tendendo em pequenas regiões do talhão, já o elemento Magnésio (Mg) tende a apresentar teores baixos de forma geral em toda a área conforme, com pequenas manchas de valores maiores (Figura 15).

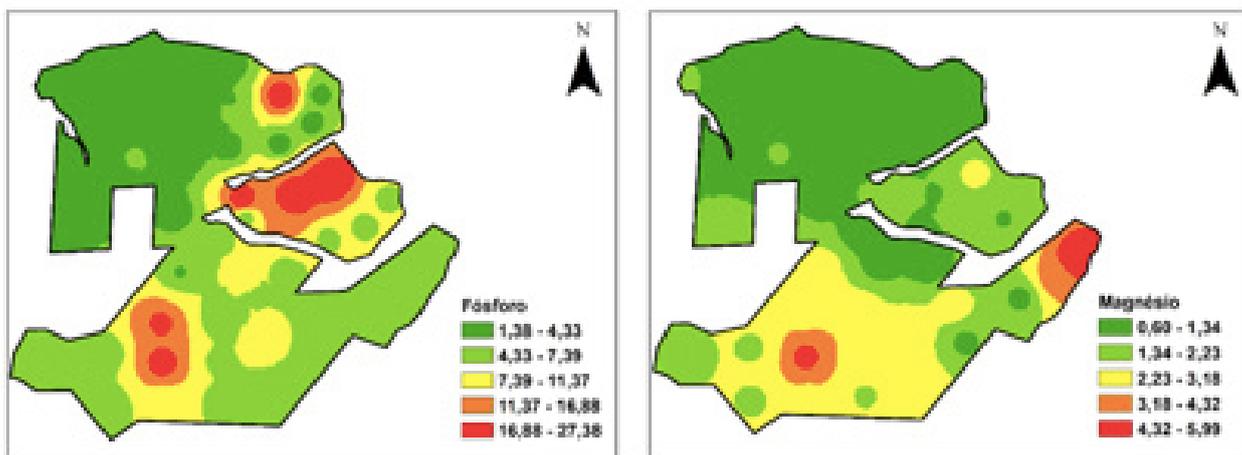


Figura 15. Interpolação do atributo P e Mg cultivado com eucalipto área “E”

O comportamento do elemento Ca não está atrelado ao pH do solo nesta área, diferente das demais, como pode ser observado na (Figura 16), existe uma maior variabilidade dos valores de pH o que não coincide com valores de Ca. O que pode ser explicado pela constituição física do solo, nesta região, havendo menores perdas de Ca pela extração da cultura e perdas por lixiviação.

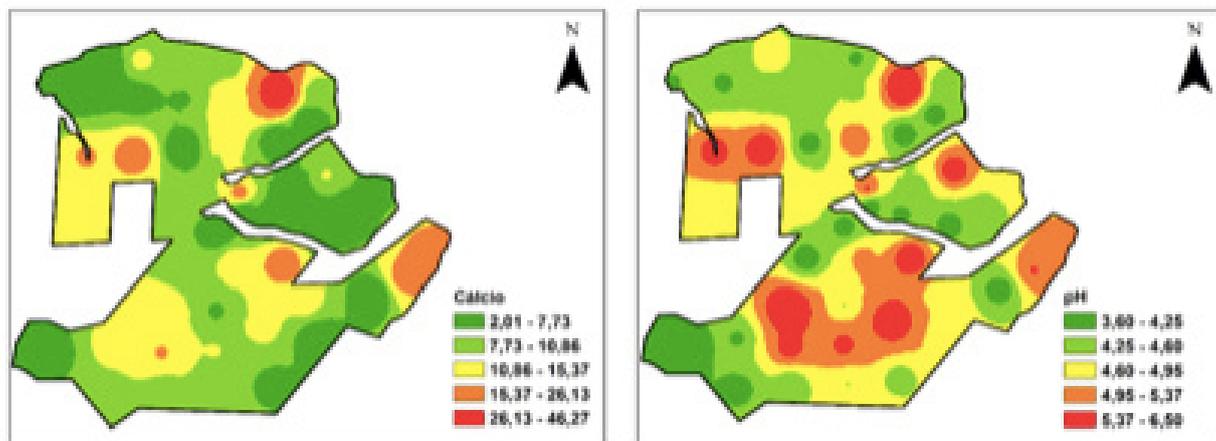


Figura 16. Interpolação do atributo Ca e pH cultivado com eucalipto área “E”

CONCLUSÕES

A metodologia utilizada neste estudo possibilitou mapear a variabilidade espacial de atributos químicos do solo, em área cultivada com eucalipto.

Em relação aos atributos químicos do solo avaliados, todos apresentaram variação espacial nas áreas de estudo.

O mapeamento espacial da fertilidade do solo em Zonas de Manejo-ZM, como ferramenta, foi possível identificar áreas com fertilidade do solo distinta nos locais de

cultivo de eucalipto, confirma um caminho operacional acessível para empresas e produtores florestais para o manejo nutricional em florestas plantadas. O uso das ZM facilita a mobilização de recursos para melhorar a aplicação de fertilizantes e corretivos necessários.

Novas frentes de pesquisa podem ser ajustadas para dar continuidade a esse estudo, tais como: estudo da ciclagem de nutrientes pelo eucalipto até a colheita e verificação dos teores de nutrientes na biomassa da parte aérea das árvores e na serapilheira; correlação da fertilidade do solo com os inventários florestais;

REFERÊNCIAS

BARROS, N. F.; TEIXEIRA, J. C.; TEIXEIRA, J. L. Nutrição e produtividade de povoamentos de eucalipto manejados por talhadia. **Série Técnica IPEF**, Piracicaba, v. 30, cap. 7, p. 79-87, abr. 1997.

BOGNOLA, I.; RIBEIRO JÚNIOR, P.; SILVA, E.; LINGAU, C.; HIGA, A. Modelagem uni e bivariada da variabilidade espacial de rendimento de *Pinus taeda* L. *Revista Floresta*, v. 38, n. 2, p. 373-385, 2008

JGAVA, J. L. Efeito da adubação potássica em plantios de *E. grandis* conduzidos em segunda rotação em solos com diferentes teores de potássio trocável. **Série Técnica IPEF**, Piracicaba, v. 30, cap. 8, p. 89-94, abr. 1997.

LEITE, F. P.; SILVA, I. R.; NOVAIS, R. F.; BARROS, N. F.; NEVES, J. C. L. Alterations of soil chemical properties by eucalyptus cultivation in five regions in the rio Doce valley. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, p. 821-831, 2010.

MORO, L.; FERREIRA, C. A.; SILVA, H. D.; REISSMANN, C. B. Exportação de nutrientes em povoamentos DE *Pinus taeda* L. baseada em volume estimado pelo sistema SISPINUS. *Floresta*, Curitiba, v. 38, n. 3, p. 465-477, 2008.

NOVAIS, R. F. Fósforo em solo e planta em condições tropicais. Viçosa-MG: UFV, Departamento de Solos, 1999, 399 p.

NOVAIS, R. F.; BARROS, N. F.; NEVES, J. C. L. Interpretação de análise química do solo para o crescimento e desenvolvimento de *Eucalyptus* spp.: Níveis críticos de implantação e de manutenção. Viçosa-MG: **Revista Árvore**, v. 10, n. 1, p. 105-111, 1986.

OLIVEIRA I.A.; CAMPOS, M.C.C; MARQUES JUNIOR, J; AQUINO, R.E; TEIXEIRA, D.B; SILVA, D.M.P. Use of Scaled Semivariograms in the Planning Sample of Soil Physical Properties in Southern Amazonas, Brazil. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.39, n.1, p.31-39,2015.

ORTIZ, J.L.; VETTORAZZI, C.A.; COUTO, H.T.Z.; GONCALVES, J.L.M. Relações espaciais entre o potencial produtivo de um povoamento de eucalipto e atributos do solo e do relevo. *Scientia Forestalis*, n.72, p.67-79, 2006

PACIULLO, D. S. C.; AROEIRA, L. J. M.; CARVALHO, M. M. Sistemas silvipastoris na pecuária leiteira. Embrapa CNPGL, Juiz de Fora. Seção Outras Publicações, 2014. Disponível em: <http://www.cnpgl.embrapa.br/totem/content/Meio_ambiente_e_bem_estar_animal/Outras_publicacoes/Sistemas_silvipastoris_na_pecuaria_leiteira.pdf>. Acesso em: 7 jun. 2018.

PELISSARI, A. L.; CALDEIRA, S. F.; SANTOS, V. S. Variabilidade espacial dos atributos químicos do solo em povoamento de *Tectona grandis*. *Cerne*, v. 20, n. 3, p. 377-384, 2014.

RALSTON, C.W. Recognition and mapping of site types for afforestation. In: FAO World Symposium on man-made forest and their industrial importance, Canberra, 1967. Proceedings. Canberra, 1967. v.1, p.172-87.

RIGATTO, P. A.; DEDECEK, R. A.; MATTOS, J.L.M. Influência dos atributos do solo sobre a produtividade de Pinus taeda. *Revista Árvore*, v. 29, n. 5, p. 701- 709, 2005.

SANTANA, R. C.; BARROS, N. F.; NOVAIS, R. F.; LEITE, H. G.; COMERFORD, N.B. Alocação de nutrientes em plantios de eucalipto no Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p. 2723-2733, 2008, Número Especial.

SCHNEIDER, P. R.; SCHNEIDER, P. S. P. Introdução ao manejo florestal. 2. ed. Santa Maria: FACOS-UFSM, 2008. 566 p.

SIQUEIRA, D.S; MARQUES JÚNIOR, J; PEREIRA, G.T. The use of landforms to predict the variability of soil and orange attributes. *Geoderma*, v.155, n.1-2, p.55-66, 2010.

TURNER, J.; LAMBERT, M. J. Nutrient cycling in age sequences of two Eucalyptus plantation species. **Forest Ecology and Management**, v. 255, p. 1701–1712, 2008.

SOBRE OS ORGANIZADORES

SÉRGIO CAMPOS Possui graduação em Agronomia em 1977 pela Faculdade de Ciências Médicas e Biológicas de Botucatu – FCMBB, atualmente Universidade Estadual Paulista – UNESP, Especialização em 1980 pela Universidade Estadual Paulista/UNESP, mestrado e doutorado em Agronomia pela Faculdade de Ciências Agrônomicas – UNESP – Botucatu, respectivamente em 1985 e 1995, Livre-Docência em 1997 pela Faculdade de Ciências Agrônomicas – UNESP – Botucatu. Atualmente é Professor Titular da Faculdade de Ciências Agrônomicas – UNESP – Botucatu, desde 2010.

MARCELO CAMPOS Possui graduação em Licenciatura Plena e Bacharelado em Física, respectivamente em 2006 e 2007 pela Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), onde também concluiu o Mestrado em Física e Doutorado em Ciências, ambos na área de Física da Matéria Condensada em 2009 e 2013, respectivamente. Realizou Pós-Doutorado na Embrapa Instrumentação, São Carlos-SP em 2014 e atualmente é Professor Doutor na Faculdade de Ciências e Engenharia da Universidade Estadual Paulista (UNESP), Campus de Tupã, desde janeiro de 2015.

BRUNO TIMÓTEO RODRIGUES Possui graduação em Geografia Bacharelado pela Universidade Federal de Alagoas em 2013, mestre em Agronomia pela Faculdade de Ciências Agrônomicas, UNESP, Botucatu – SP, em 2017, Graduação em Gestão ambiental pelo Instituto Federal de Alagoas – IFAL, Campus de Marechal Deodoro, em 2009, sendo atualmente doutorando em Agronomia pela Faculdade de Ciências Agrônomicas, UNESP, Botucatu – SP.

FLÁVIA LUIZE PEREIRA DE SOUZA Possui graduação em Bacharelado em Agronomia, em 2017 pela Universidade Sagrado Coração de Jesus - USC, Bauru - SP, em 2017, sendo atualmente mestranda em Agronomia pela Faculdade de Ciências Agrônomicas, UNESP, Botucatu – SP.

MATEUS DE CAMPOS LEME Possui graduação em Bacharelado em Engenharia Florestal em 2017 pela Universidade Estadual Paulista – UNESP, Faculdade de Ciências Agrônomicas - FCA, Botucatu – SP, sendo atualmente mestrando em Agronomia pela Faculdade de Ciências Agrônomicas, UNESP, Botucatu – SP.

Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-85-7247-407-8

