

UFRRJ

**INSTITUTO DE FLORESTAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS
AMBIENTAIS E FLORESTAIS**

TESE

**ASPECTOS NUTRICIONAIS E ADUBAÇÃO DA
SERINGUEIRA (*Hevea brasiliensis* M. Arg.) NO
ESTADO DO RIO DE JANEIRO**

Anderson Ribeiro Diniz

2018



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE FLORESTAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS
AMBIENTAIS E FLORESTAIS

**ASPECTOS NUTRICIONAIS E ADUBAÇÃO DA SERINGUEIRA (*Hevea
brasiliensis* M. Arg.) NO ESTADO DO RIO DE JANEIRO**

ANDERSON RIBEIRO DINIZ

Sob orientação do Professor
Marcos Gervasio Pereira

e Co-orientação
Everaldo Zonta

Tese submetida como requisito parcial
para obtenção do grau de **Doutor**, no
Programa de Pós Graduação em
Ciências Ambientais e Florestais, Área
de Concentração em Silvicultura e
Manejo Florestal

Seropédica, RJ
Março de 2018

D585a Diniz, Anderson Ribeiro, 1985-
 ASPECTOS NUTRICIONAIS E ADUBAÇÃO DA SERINGUEIRA
 (Hevea brasiliensis M. Arg.) NO ESTADO DO RIO DE
 JANEIRO / Anderson Ribeiro Diniz. - 2018.
 107 f.: il.

 Orientador: Marcos Gervasio Pereira.
 Coorientador: Everaldo Zonta.
 Tese(Doutorado). -- Universidade Federal Rural do
Rio de Janeiro, Programa Pós-Graduação em Ciências
Ambientais e Florestais, 2018.

 1. Seringueira. 2. Estado Nutricional. 3.
Variabilidade Espacial. I. Pereira, Marcos Gervasio,
1965-, orient. II. Zonta, Everaldo, 1970-, coorient.
III Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.
Programa Pós-Graduação em Ciências Ambientais e
Florestais. IV. Título.

É permitida a cópia parcial ou total desta Tese, desde que seja citada a fonte.

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE FLORESTAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS E
FLORESTAIS


ANDERSON RIBEIRO DINIZ

Tese submetida ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais e Florestais, área de concentração em Silvicultura e Manejo Florestal, como requisito parcial para a obtenção do grau de **Doutor** em Ciências Ambientais e Florestais.


TESE APROVADA EM 02 / 03 / 2018.



Marcos Gervasio Pereira, Dr. UFRRJ
(Orientador)




Alexander Silva de Resende, Dr. Embrapa Agrobiologia



Sidinei Júlio Beutler, Dr. UFRRJ



José Carlos Arthur Júnior, Dr. UFRRJ



Ademir Fontana, Dr. Embrapa Solos

Aos meus pais José Vitor e Neusa,
Aos meus irmãos Flávio, Joelma e Fernanda,
Aos meus Tutores e
Amigos.
Dedico

AGRADECIMENTOS

A Deus pelo Dom da vida e que me permitiu a realização deste trabalho.

A meus pais pelo amor e carinho.

Aos meus irmãos pelo companheirismo e incentivo durante os meus estudos.

Ao Professor Marcos Gervasio Pereira pela amizade e ensinamentos.

Ao Professor Everaldo Zonta pelas orientações e ajuda nos trabalhos de campo e elaboração da tese.

A Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro que me deu a oportunidade de cursar o ensino superior.

Aos membros da banca examinadora, Alexander Silva de Resende, Ademir Fontana, José Carlos Arthur Júnior e Sidinei Júlio Beutler, pela disponibilidade de participar e pelas contribuições pessoais acerca da tese.

Aos professores que contribuíram para a minha formação profissional.

Aos técnicos da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro Adriana França, Jair Guedes, Maria Helena Castro e José Carlos Moraes pela realização das análises de laboratório e viagens de campo.

A Empresa de Pesquisa Agropecuária do Estado do Rio de Janeiro (PESAGRO), ao Pesquisador Aldo Oliveira e ao Engenheiro Agrônomo Renato Cruz pela disponibilização das mudas de seringueira, disponibilização de áreas para pesquisa e informações que contribuíram para elaboração da tese.

Ao proprietário da Fazenda Jaturnaíba, Afonso de Souza pela disponibilização da área para a realização de parte da tese.

Aos amigos André Geraldo de Lima Moraes, Ana Carolina Souza, Douglath Alves, Joel Quintino, Ariovaldo Fonseca, Roberto Pinheiro e Elias Mendes Costa pela ajuda na nas coletas de campo, análises, montagem e condução dos experimentos.

Aos membros do Laboratório de Gênese e Classificação dos Solos pela amizade e pela boa convivência diária.

E a todos que contribuíram para a realização deste trabalho.

RESUMO GERAL

DINIZ, Anderson Ribeiro. **Aspectos nutricionais e adubação da seringueira (*Hevea brasiliensis* M. Arg.) no estado do Rio de Janeiro**. 2018. 107f. Tese (Doutorado em Ciências Ambientais e Florestais). Instituto de Florestas, Departamento de Silvicultura, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2018.

O cultivo da seringueira vem despertando o interesse de produtores em regiões não tradicionais para o cultivo que apresentam diferenças de clima e solo da região de origem. Essas diferenças alteram o desempenho da cultura, havendo necessidade do desenvolvimento e da adaptação de novas tecnologias de produção. Desta forma, estudos de extração de nutrientes pela seringueira e adubação são muito importantes para se acompanhar a necessidade de adubação dos plantios em áreas em regiões que estão iniciando o cultivo. Essa tese apresenta, na forma de capítulos, resultados sobre atributos do solo, associados a clones de seringueira. No Capítulo I, foi avaliado o efeito da variabilidade espacial de atributos químicos do solo no crescimento e no estado nutricional de clones de seringueira. O estudo foi realizado na área da Fazenda Jaturnaíba situada no município de Silva Jardim, localizado na região da Baixada Litorânea, do estado do Rio de Janeiro. Foi avaliada a variabilidade espacial dos atributos químicos do solo e da planta em plantios dos clones (FX 3864, FRD 5788, PMB1, CDC 312 e RRIM 600). A análise geoestatística foi utilizada para a determinação da variabilidade espacial dos atributos de solo e de planta, foi utilizado um gride com espaçamento de (20 m x 20 m) para a distribuição dos pontos amostrais. Para a espacialização das variáveis de solo e da planta foi utilizado o método de krigagem ordinária. As diferenças nos atributos químicos do solo na área de estudo influenciaram na variabilidade espacial nos atributos do solo e dos clones implantados. A geoestatística possibilita orientar o plantio e o manejo da seringueira fornecendo subsídios para um manejo mais eficiente e econômico por meio de calagem e adubações diferenciadas em áreas específicas do plantio. No capítulo II, o objetivo do estudo foi avaliar o crescimento, acúmulo de matéria seca de raiz e parte aérea e o estado nutricional da fase inicial de cultivo do clone FX 3864, em diferentes combinações de doses de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K). Foram testadas as combinações das seguintes doses: (0, 20, 40 e 80 kg de N ha⁻¹), (0, 75, 150 e 300 kg de P₂O₅ ha⁻¹) e (0, 25, 50 100 kg de K₂O ha⁻¹) em esquema fatorial com três repetições para cada combinação resultando em 192 amostras. O experimento de adubação foi conduzido em estufa, durante 150 dias, na área experimental do Instituto de Agronomia da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. As combinações de adubação N, P e K aplicadas no plantio da seringueira só apresentaram respostas significativas em crescimento em função da ausência de N e na dose de 80 kg ha⁻¹. Os resultados da análise foliar demonstram que as adubações nitrogenada e fosfatada de plantio estão suprindo adequadamente as necessidades da cultura, enquanto as doses de potássio testadas não atingiram os níveis adequados de suficiência para a seringueira.

Palavras-chave: Seringueira, estado nutricional, variabilidade espacial.

GENERAL ABSTRACT

DINIZ, Anderson Ribeiro. **Nutritional aspects and fertilization of the rubber tree (*Hevea brasiliensis* M. Arg.) in the state of Rio de Janeiro.** 2018. 107 p. Thesis (Doctor Science in Environmental and Forestry Sciences). Instituto de Florestas, Departamento de Silvicultura, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2018.

The cultivation of the rubber tree has aroused the interest of producers in non-traditional regions for cultivation that present differences of climate and soil of the region of origin. These differences alter the performance of the crop, necessitating the development and adaptation of new production technologies. In this way, studies of nutrient extraction by the rubber tree and fertilization are very important to accompany the need of fertilization of the plantations in areas in regions that are beginning the cultivation. This thesis presents, in the form of chapters, results on soil attributes, associated to rubber tree clones. In Chapter I, the effect of the spatial variability of soil chemical attributes on the growth and nutritional status of rubber tree clones was evaluated. The study was carried out in the area of Jaturnaíba Farm located in the municipality of Silva Jardim, located in the region of Baixada Litorânea, in the state of Rio de Janeiro. The spatial variability of soil and plant chemical attributes in clone plantations (FX 3864, FRD 5788, PMB1, CDC 312 and RRIM 600) was evaluated. The geostatistical analysis was used to determine the spatial variability of the soil and plant attributes. A grid with a spacing of (20 m x 20 m) was used to distribute the sample points. For the spatialization of soil and plant variables, the ordinary kriging method was used. Differences in soil chemical attributes in the study area influenced spatial variability in soil attributes and implanted clones. Geostatistics allows to guide the planting and management of the rubber tree providing subsidies for a more efficient and economical management through liming and differentiated fertilization in specific areas of the plantation. In Chapter II, the objective of the study was to evaluate the growth, accumulation of root and shoot dry matter and nutritional status of the initial cultivation phase of clone FX 3864 in different combinations of nitrogen (N), phosphorus (P) and potassium (K). Combinations of the following doses were tested: (0, 20, 40 and 80 kg of N ha⁻¹), (0, 75, 150 and 300 kg of P₂O₅ ha⁻¹) and (0, 25, 50, 100 kg K₂O ha⁻¹) in a factorial scheme with three replicates for each combination resulting in 192 samples. The fertilization experiment was conducted in a greenhouse for 150 days in the experimental area of the Agronomy Institute of the Federal Rural University of Rio de Janeiro. The fertilization combinations N, P and K applied in the rubber tree plantation only presented significant growth responses due to the absence of N and the dose of 80 kg ha⁻¹. The results of the foliar analysis showed that nitrogen fertilization and phosphatic fertilization of plantation are adequately supplying the needs of the crop, while the doses of potassium tested did not reach the adequate levels of sufficiency for the rubber tree.

Keywords: Rubber, nutritional status, spatial variability.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Atributos químicos e físicos do solo nas diferentes faces de exposição da paisagem.	21
Tabela 2: Atributos químicos e físicos do solo sob plantio de diferentes clones de seringueira.	21
Tabela 3: Atributos químicos e físicos do solo sob plantio de diferentes clones de seringueira e diferentes faces de exposição da paisagem.	23
Tabela 4: Atributos químicos e físicos do solo sob plantio de diferentes clones de seringueira na face sul de exposição da paisagem.	25
Tabela 5: Atributos químicos e físicos do solo sob plantio de diferentes clones de seringueira na face norte de exposição da paisagem.	25
Tabela 6: Teores de nutrientes nas folhas, altura e circunferência do tronco de clones de seringueira em diferentes faces de exposição da paisagem.	26
Tabela 7: Teores de nutrientes nas folhas de clones de seringueira.	26
Tabela 8: Medidas de circunferência do tronco e altura total de clones de seringueira.	27
Tabela 9: Teores de nutrientes em folhas de clones de seringueira em diferentes faces de exposição da paisagem.	27
Tabela 10: Medidas da circunferência do tronco e da altura total de clones de seringueira em diferentes faces de exposição da paisagem.	28
Tabela 11: Teores de nutrientes nas folhas, altura e circunferência do tronco de clones de seringueira na face sul de exposição da paisagem.	28
Tabela 12: Teores de nutrientes nas folhas, altura e circunferência do tronco de clones de seringueira na face norte de exposição da paisagem.	29
Tabela 13: Estatística descritiva dos atributos do solo e planta do clone FX.	34
Tabela 14: Estatística descritiva dos atributos do solo e planta do clone FDR.	35
Tabela 15: Estatística descritiva dos atributos do solo e planta do clone RRIM.	36
Tabela 16: Estatística descritiva dos atributos do solo e planta do clone CDC.	37
Tabela 17: Características dos semivariogramas dos atributos do solo e das plantas.	39
Tabela 18: Atributos químicos e físicos do solo antes da adubação.	58

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Localização do município de Silva Jardim, na Baixada Litorânea no estado do Rio de Janeiro.....	12
Figura 2. Plantio de clones de seringueira na Fazenda Jaturnaíba, Silva Jardim –RJ.....	13
Figura 3. Valores de precipitação total, temperatura máxima, temperatura mínima e temperatura média referente ao ano de 2015.....	14
Figura 4. Divisão dos clones na área estudo.....	15
Figura 5. Representação esquemática de um semivariograma.....	17
Figura 6. Mapa do MDE (A), Declividade (B), Índice Topográfico de Fluxo de Umidade (ITU) (C) e Insolação Potencial Total (IPT) (D) da área de estudo.....	31
Figura 7. Mapa de pH (A), Ca^{+2} (B), Mg^{+2} (C) e P (D) do solo na prof. de 0 – 20 cm, em plantio de seringueira, nas faces Sul e Norte da paisagem.....	43
Figura 8. Mapa de Ac. Potencial (A), Al^{+3} (B), Valor S (C) e Valor T (D) do solo na prof. de 0 – 20 cm, em plantio de seringueira, nas faces Sul e Norte da paisagem.....	45
Figura 9. Mapa de V% do solo na prof. de 0 – 20 cm, nas faces Sul e Norte da paisagem....	46
Figura 10. Mapa de P (B), K (B), Ca (C) e Mg (D) das folhas em plantio de seringueira, nas faces Sul e Norte da paisagem.....	48
Figura 11. Mapa de Circunferência do tronco (A) e Altura Total (B) das plantas de seringueira, nas faces Sul e Norte da paisagem.....	50
Figura 12. Localização do município de Seropédica, RJ.....	57
Figura 13. Mudanças de seringueira na área da UFRRJ.....	58
Figura 14. Massa seca da raiz da seringueira aos 150 dias de plantio.....	60
Figura 15. Massa seca de caule da seringueira aos 150 dias de plantio.....	61
Figura 16. Massa seca de folha da seringueira aos 150 dias de plantio.....	62
Figura 17. Massa seca total da seringueira aos 150 dias de plantio.....	63
Figura 18. Diâmetro de caule das plantas da seringueira aos 150 dias após o plantio.....	64
Figura 19. Diferença em altura das plantas da seringueira aos 150 dias após o plantio.....	64
Figura 20. Teores de N na folha em função das doses isoladas de N, P e K.....	66
Figura 21. Teores de N na folha em função das doses N, P e K.....	67
Figura 22. Teores de P na folha em função das doses isoladas de N, P e K.....	68

Figura 23. Teores de P na folha em função das interações das doses N, P e K.	69
Figura 24. Teores de K na folha em função das doses isoladas de N, P e K.....	70
Figura 25. Teores de K na folha em função das interações das doses N, P e K.....	71

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO GERAL	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1 Histórico da nutrição mineral da seringueira.....	3
2.2 Efeito da paisagem nos atributos do solo	4
2.3 Variabilidade espacial dos solos.....	5
CAPÍTULO I: EFEITO DA VARIABILIDADE ESPACIAL DOS ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO NO ESTADO NUTRICIONAL E NO CRESCIMENTO DA SERINGUEIRA	7
3.1 RESUMO	8
3.2 ABSTRACT	9
3.3 INTRODUÇÃO.....	10
3.4. MATERIAL E MÉTODOS.....	12
3.4.1 Localização e caracterização da área de estudo.....	12
3.4.2 Solo e Relevo.....	12
3.4.3 Histórico da Área.....	13
3.4.4 Clima	13
3.4.5 Avaliações Realizadas	14
3.4.6 Análises estatísticas	16
3.4.7 Análises geoestatísticas	16
3.4.8 Validação das predições	18
3.5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	19
3.5.1 Atributos químicos e físicos do solo	19
3.5.2 Estado Nutricional e Crescimento dos clones	26
3.5.3 Covariáveis Ambientais.....	29
3.5.4 Estatística descritiva dos atributos do solo e planta	32
3.5.5 Dependência Espacial (Semivariogramas)	37
3.5.6 Espacialização dos Atributos Químicos do Solo.....	39

3.5.7 Espacialização dos teores de nutrientes nas folhas.....	47
3.5.8 Espacialização do crescimento dos clones	49
3.6 CONCLUSÕES	52
4 CAPÍTULO II:RESPOSTA DO CLONE FX 3864 DE SERINGUEIRA A ADUBAÇÃO DE PLANTIO	53
4.1 RESUMO	54
4.2 ABSTRACT	55
4.3 INTRODUÇÃO.....	56
4.4 MATERIAIS E MÉTODOS.....	57
4.4.1 Localização e caracterização da área de estudo.....	57
4.4.2 Clima	57
4.4.3 Experimento de adubação de plantio.....	57
4.4.4 Avaliações Realizadas	58
4.4.5 Análises estatísticas	59
4.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	60
4.5.1 Massa Seca de Raiz	60
4.5.2 Massa Seca de Caule, Folha e Total	60
4.5.3 Diâmetro e Altura	63
4.5.4 Estado Nutricional	65
4.6. CONCLUSÕES.....	72
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	73
6. APÊNDICES	83

1. INTRODUÇÃO GERAL

A seringueira (*Hevea brasiliensis* M. Arg.) pertence à família das Euphorbiaceae, é uma árvore de hábito ereto, podendo atingir 30 m de altura sob condições favoráveis (Lorenzi, 1998). O gênero *Hevea* apresenta 11 espécies, é originário da região amazônica, inicia aos 4 anos a produção de sementes, e aos 6 anos a produção de látex utilizado na produção de borracha natural. Esta pode se prolongar por 30-35 anos, com aproveitamento de madeira para processamento mecânico e energia ao final de seu ciclo. A *Hevea brasiliensis* é a mais produtiva e plantada comercialmente para a produção de látex (IAPAR, 2017).

No Brasil é produzido pouco mais de um terço do necessário da demanda de borracha natural. Em 2017 foram cerca de 192 mil toneladas, correspondendo a 1,5% da produção mundial. O déficit de matéria-prima no mercado interno ocorre pela falta de investimento em novos plantios. Considerando-se uma taxa de crescimento médio do consumo de 5% ao ano, a demanda deverá ser de 600 mil toneladas até 2030. Porém, a produção dificilmente ultrapassará 200 mil toneladas no ritmo atual (Borracha Natural, 2017).

Para suprir a demanda futura de borracha natural, tem-se como principal fator impeditivo a limitação da expansão dos plantios de seringueira nos países localizados no sudeste asiático principais produtores e exportadores. Entretanto, o Brasil é o país com maior potencial para expansão da heveicultura, por possuir área disponível e apta para o cultivo da seringueira, sem a necessidade de novos desmatamentos (Painel Florestal, 2017).

De acordo com CONAB (2017) a produção nacional está concentrada nos estados de São Paulo (57,8%), Bahia (12,7%), Minas Gerais (8,1%), Mato Grosso (7,5%) e Goiás (6%), e o país continua importando 70% da borracha necessária ao consumo interno, com predominância da matéria-prima utilizada pela indústria de pneus.

Atualmente no estado do Rio de Janeiro, estão sendo implantados seringais em áreas de pastagens subutilizadas e/ou degradadas. A partir de 2017, os seringais distribuídos em diversas regiões do estado em pequenas propriedades rurais entrarão em início de produção, triplicando a capacidade produtiva do estado (Pesagro, 2017). O estado do Rio de Janeiro possui 8.159,18 km² de terras com condições térmicas e hídricas satisfatórias para o desenvolvimento da cultura da seringueira, o que corresponde a 18,68% da área total do estado (Naime et al., 2009).

Devido à importância social, econômica e ambiental, o cultivo da seringueira em plantios puros ou consorciados é uma alternativa de valorização econômica para áreas degradadas e de relevo acidentado do estado (Carmo et al., 2004). Contudo as expansões da seringueira para regiões não tradicionais para o cultivo que apresentam diferenças de clima e solo da região de origem alteram o desempenho da cultura, havendo necessidade do desenvolvimento e da adaptação de novas tecnologias de produção (Ortolani et al., 2000).

Desta forma, estudos de extração de nutrientes pela seringueira e adubação são muito importantes para se acompanhar a necessidade de adubação dos plantios em áreas não tradicionais. Além da adubação, diversos são os fatores espaço-temporais que afetam a dinâmica das florestas, estando ligados ao solo, ao clima, a própria cultura e práticas silviculturais (Mello, 2004).

Estudos em áreas cultivadas com seringueira desenvolvidos por Roque et al., 2005; Vieira et al., 2012 tem demonstrado que os atributos do solo apresentam variabilidade e nesse sentido, o uso da geoestatística para estudos da variabilidade ou predição espacial são importantes no manejo florestal, auxiliando nas estimativas e entendimento dos fatores que afetam a produtividade, que variam tanto no espaço quanto ao longo do cultivo.

Desta maneira, a geoestatística permite conhecer a estrutura espacial das variáveis e estimar os valores desconhecidos e os valores de variáveis correlacionadas. Ela deve ser

empregada para determinar a dependência espacial dos atributos do solo, acompanhar o crescimento e a produção das culturas. Portanto, esse estudo teve como hipóteses: que a variabilidade espacial dos atributos do solo e da paisagem influenciam no crescimento e no estado nutricional da seringueira e que esta responde a doses de adubação na fase inicial de seu desenvolvimento.

Para avaliar essas hipóteses, esta tese foi dividida em 2 capítulos:

O Capítulo I teve como objetivo determinar a variabilidade espacial de atributos químicos do solo e sua influência no estado nutricional e no crescimento de clones de seringueira.

No Capítulo II, foi avaliado o crescimento da parte aérea, acúmulo de massa seca de raiz e parte aérea e o estado nutricional do clone FX 3864, em diferentes combinações de doses de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) na fase inicial de desenvolvimento da planta.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Nutrição Mineral da Seringueira

As pesquisas relacionadas a nutrição mineral e adubação para a cultura da seringueira no Brasil eram escassas até a década de 60, os sistemas de produção adotados até então, eram baseados em pesquisas desenvolvidas em países asiáticos, sem os ajustes necessários para as nossas condições de clima e solo (Carvalho et al., 2000).

Os trabalhos com nutrição em seringueira no Brasil foram incentivados a partir de 1983 pela antiga Superintendência da Borracha (Sudhevea) com pesquisas conduzidas nos estados de São Paulo, Amazonas e de Minas Gerais, mas com a extinção do Centro Nacional da Pesquisa da Seringueira e da Sudhevea ocorreu de forma ordenada pelo Estado a desativação das pesquisas com seringueira (Viégas et al., 2000).

Segundo Bataglia et al. (1988), nos países produtores de borracha na Ásia o levantamento do estado nutricional em seringais é bastante comum. Na Malásia, tais levantamentos, tanto de solos como de folhas, têm servido de base para a recomendação de adubação, de acordo com o tipo de solo e com o estado de nutrição das plantas.

No Brasil os plantios de seringueira estão localizados em diversas regiões do país, desde o norte do Paraná até a Amazônia. A maioria das recomendações de adubação são generalizadas, baseando-se em extrapolações feitas a partir de áreas semelhantes, baseadas em resultados preliminares de pesquisas (Pereira et al., 2000).

O estado nutricional de 40 seringais no estado de São Paulo foi avaliado por Bataglia et al. (1988) e foi concluído que a diversidade de situações ecológicas onde estavam instalados os seringais teve efeito marcante sobre o estado nutricional das plantas. No mesmo estudo os autores relataram que os solos continham teores muito baixos de P e, alguns, teores baixos de K, os seringais menos produtivos se localizaram em solos que apresentaram, em média, teores mais baixos de K e acidez mais elevada e que a produtividade aparentemente foi menor em função dos níveis mais baixos de N e K, nas folhas.

A recomendação de adubação nas diferentes fases de desenvolvimento da seringueira (mudas, formação e produção) depende da experimentação que tem um caráter muito regional, uma vez que as respostas são muito dependentes das condições edáficas e do ambiente local (Pereira et al., 2000).

A extração de nutrientes pela seringueira no viveiro aos 30 dias de idade foi o objetivo de estudo de Haag et al. (1990), no qual os nutrientes mais requeridos foram N, que correspondeu a 2,9% da matéria seca, K (1,7%) e P (0,7%). De acordo com os resultados na fase inicial de desenvolvimento as mudas de seringueira extraem maiores quantidades de N, P e K, por isso, é necessário realizar uma adubação adequada com os nutrientes para um bom desenvolvimento inicial das mudas.

O efeito da aplicação de doses crescentes de N, P, K e Mg em mudas de seringueira em viveiro foi estudado por Silva et al. (1985), foram testadas quatro doses de nutrientes (0; 50; 100 e 200 kg ha⁻¹ de N; (0; 75; 150 e 300 kg ha⁻¹ de P₂O₅); (0; 40; 80 e 160 kg ha⁻¹ de K₂O) e (0; 12,5; 25 e 50 de kg ha⁻¹ de MgO). As doses 100, 150 e 80 kg ha⁻¹ de N, P e K proporcionaram aumentos significativos no diâmetro e altura das plantas, enquanto as doses de 25 e 50 kg ha⁻¹ de MgO causaram redução e prejudicaram o desenvolvimento das mudas.

A resposta a adubação N, P e K de plantio em seringueira foi testada por Alves et al. (1984), após 10 meses de plantio, no qual o melhor crescimento das plantas foi alcançado com as doses 50 kg ha⁻¹ de N, 300 kg ha⁻¹ de P₂O₅ 40 kg ha⁻¹ de K₂O.

Viégas (1985) testou doses de N, P e K mais adequadas para a obtenção de plantas aos 12 meses de idade, com 2 cm de diâmetro, aptas para a enxertia em viveiro. O autor chegou à

conclusão de que as doses mais adequadas com um índice de aproveitamento de 87% das mudas foram 330 kg ha⁻¹ de N, 340 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 190 kg ha⁻¹ de K₂O. Também relatou que a aplicação de P e K mostraram resposta significativa em relação a massa seca total, diâmetro e altura e que o N não apresentou resposta significativa em relação a altura das plantas.

Os efeitos de diferentes doses de adubos de liberação lenta no desenvolvimento de porta enxertos de seringueira foi o objetivo de estudo de Zamunér Filho et al. (2012). Os autores concluíram que a dose de 6 g L⁻¹ contendo 15% de N, 9% P₂O₅, 12% K₂O, 1% de Mg, 2,3% de S apresentou melhor desenvolvimento da planta quanto à altura, diâmetro do caule, matéria seca total, matéria seca de raízes, bem como um melhor estado nutricional.

2.2 Efeito da Paisagem nos Atributos do Solo

As pedoformas que compõem o relevo (convexas, côncavas e planas) exercem influência na exposição do material de origem, na intensidade e no sentido do fluxo da água no perfil do solo, alterando os atributos químicos, físicos e biológicos e esta alteração pode ser intensificada com práticas de manejo do solo (Guo et al., 2007).

Segundo Souza et al., (2006) atributos do solo como teores de matéria orgânica e nutrientes podem ser afetados pela declividade e a pedoforma que vão influenciar no fluxo e transporte de água, erosão e deposição de partículas. Esses processos alteram as possibilidades de uso da terra, reduzindo a eficiência das práticas de manejo e o desenvolvimento das culturas (Artur et al., 2014).

A forma do relevo influencia na direção do fluxo de água e induz à variabilidade espacial do solo, o que determina áreas com características diferenciadas em relação aos atributos químicos do solo. Assim a disponibilidade de nutrientes deve ser considerada na definição de áreas mais homogêneas e na utilização de técnicas diferenciadas de manejo (Artur et al., 2014).

Aspectos topográficos do terreno podem ser bons indicadores da variação dos atributos do solo, sendo que diferenças na declividade produzem uma variedade de situações ambientais, como gradiente de umidade e fertilidade do solo (Gandolfi, 2000). Pela própria natureza dos fatores de formação, o solo apresenta heterogeneidade, tanto vertical como horizontalmente. Este fato ocorre porque o próprio material de origem não é uniforme em toda a sua extensão, ou seja, o material de origem não é submetido ao processo de intemperização de forma homogênea e contínua (Souza et al., 2004).

De acordo com Vieira et al. (2010) dependendo da escala de trabalho adotado, os fatores de formação do solo variam em alguns metros ou hectares, fazendo com que os atributos do solo não se organizem ao acaso e sim com alguma estruturação espacial.

A heterogeneidade da topografia é importante na regulação da diversidade florestal, por estar diretamente relacionada à formação de ambiente e microambientes específicos que podem favorecer ou dificultar o estabelecimento das plantas. Os ambientes e microambientes são resultados da interação de fatores ambientais, tais como superfície, declividade, orientação da vertente e radiação solar (Marques et al., 2005).

O esclarecimento das relações entre os solos e a estrutura da paisagem, favorecem a predição da distribuição das variações químicas e físicas dos solos com a vegetação e processos erosivos, constituindo-se uma importante ferramenta para o manejo do solo (Krasilnikov et al., 2005).

Os atributos químicos do solo, após terem sido submetidos à sucessivas alterações provocadas pelas atividades agrícolas e pelos processos erosivos, apresentam padrões de

forma bastante diferenciada ao longo da paisagem, sendo que pequenas variações, no gradiente do declive, são suficientes para adicionar variabilidade (Wang et al., 2002).

O estudo das diferenças que ocorrem nos atributos dos solos que compõem as paisagens torna-se necessário, na tomada de decisões em relação ao manejo do solo, intensidade e frequência de amostragem e gerenciamento de práticas agrícolas e avaliação dos efeitos da agricultura sobre a qualidade ambiental (Corá et al., 2004).

2.3 Variabilidade Espacial dos Solos

A variabilidade espacial de solos existe e deve ser considerada toda vez que a amostragem de campo for efetuada, pois pode indicar locais que necessitam de tratamento diferenciado quanto ao manejo (Vieira 2004).

Em uma parcela experimental de 900 m² Grego & Vieira (2005), observaram grande variabilidade dos atributos físicos do solo, os autores relatam que mesmo se a parcela fosse considerada homogênea poderia mascarar os resultados dos tratamentos aplicados. Quando ocorre essa variabilidade, os atributos medidos podem ser relacionados com seu vizinho, ou seja, existe dependência espacial entre as amostras, possibilitando a aplicação de geoestatística para avaliar a variabilidade dos vários fatores que contribuem para o crescimento e a produtividade das plantas (Vieira, 2000).

A variabilidade espacial dos diversos atributos do solo em áreas agrícolas pode ser relativamente elevada. Desta maneira, o conhecimento da variabilidade desses atributos, pode contribuir para a redução de custos como a adubação (Souza et al., 2004). A aplicação de manejo diferenciado pelo aproveitamento de contrastes do meio físico em campos de cultivo depende do reconhecimento de padrões de variação em atributos de solo e de planta (Santos et al., 2003).

A análise da variabilidade espacial do solo por meio da geoestatística pode indicar alternativas de manejo que levem à diminuição dos efeitos da variabilidade dos atributos físicos na produção das culturas (Siqueira 2006). Segundo Isaaks e Srivastava (1989), os princípios da geoestatística afirmam que, unidades amostrais próximas que variam no espaço e no tempo sejam mais semelhantes entre si do que unidades que estiverem distantes. Os autores ainda ressaltam que a compreensão da correlação entre unidades amostrais, é importante no estudo de fenômenos naturais para se concluir sobre o grau de autocorrelação entre as variáveis.

Convencionalmente a aplicação de insumos na agricultura é baseada em teores médios da fertilidade do solo, podendo subestimar ou superestimar esses teores no solo, acarretando excessos ou déficit nutricionais em determinadas áreas. Portanto, o conhecimento detalhado da variabilidade espacial dos atributos da fertilidade pode otimizar a aplicação localizada de corretivos e fertilizantes, melhorando, dessa maneira, o controle do sistema de produção das culturas (Souza et al., 2004, Dalchiavon et al., 2012).

A geoestatística é uma ferramenta para a prática e planejamento da agricultura, por possibilitar análise e mapeamento da variabilidade espacial de diversos atributos. Uma vez detectada a dependência espacial entre amostras por meio de semivariogramas, pode-se estimar valores de determinado atributo para locais não amostrados da região de estudo (Vieira, 2000).

Uma das técnicas para a estimativa de valores utilizada pela geoestatística é a krigagem, que consiste na confecção de semivariogramas com os dados gerados dos pontos coletados em campo obedecendo a uma escala apropriada (Webster & Oliver, 1992). Na krigagem, os pesos são determinados a partir de uma análise de correlação espacial baseada

no semivariograma suprindo a necessidade de uma medida da acuracidade das estimativas, assegurando o menor erro possível (Vieira, 2000).

De acordo com Rodriguez (2004), a krigagem utiliza a interpolação de propriedades estatísticas e estimativas da configuração espacial dos pontos amostrados, para a estimativa do ponto desejado. Segundo Journel e Huijbregts (1978), a técnica da krigagem possibilita calcular a variância da krigagem, tornando-se superior aos demais interpoladores, pois permite calcular o erro associado a cada estimativa.

Segundo Schloeder et al. (2001) a quantidade de pontos coletados na amostragem da área influencia na acurácia do método de interpolação da krigagem, em especial em áreas localizadas em paisagens onde o relevo não é plano. Ainda em relação à quantidade de pontos amostrados, Zhu & Lin (2010) relatam que amostragens extensivas às vezes não são viáveis devido a restrições em relação ao custo e tempo despendido. De acordo com Webster & Oliver (1992) para se ter uma boa acurácia, é preciso ter em média 100 pontos para a estimativa do semivariograma. Já Kerry & Oliver (2007) relatam que uma amostragem com 50 pontos em distância apropriada e que o grau de dependência espacial são importantes na acurácia da interpolação.

Para se obter maior precisão com menor quantidade de pontos amostrados, pode-se aderir ao processo de interpolação, covariáveis ambientais da área de estudo, podendo-se aumentar a acurácia com uma redução dos pontos amostrados (Zhu & Lin, 2010).

Atualmente, diversos estudos (Vieira et al., 2012; Dalchiavon et al., 2012; Bottega et al., 2013; Artur et al. 2014; Zonta et al., 2014; Santos et al., 2016; Ruiz et al., 2016 e Lima et al., 2017) estão utilizando a geoestatística como ferramenta para a elaboração de mapas para entender a variabilidade espacial de atributos do solo e de culturas agrícolas e assim poder manejar o solo de forma mais precisa e obter melhor produtividade das culturas.

Vieira et al. (2010) com o emprego da geoestatística avaliaram a distribuição espacial de atributos físicos do solo e verificaram suas alterações no desenvolvimento da seringueira consorciada com leguminosas. Foi concluído que ocorreu dependência espacial para as propriedades físicas do solo e o crescimento da seringueira.

A variabilidade espacial e a relação espacial entre diâmetro e altura de seringueira e os de atributos físicos do solo foram avaliadas por Vieira et al. (2012) e foi concluído que tanto o diâmetro, quanto a altura da seringueira e os atributos físicos do solo apresentaram grau de dependência espacial. O diâmetro e a altura das seringueiras apresentam maior estabilidade espacial em relação aos atributos físicos do solo, que são mais susceptíveis ao processo de manejo e as características do solo e clima.

3 CAPÍTULO I

EFEITO DA VARIABILIDADE ESPACIAL DOS ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO NO ESTADO NUTRICIONAL E NO CRESCIMENTO DA SERINGUEIRA

3.1 RESUMO

O potencial produtivo da seringueira é o resultado da expressão do potencial genético combinado com fatores intrínsecos relacionados ao solo, clima e as práticas de manejo. Conhecer a variabilidade espacial de atributos do solo é um fator importante para elevar-se a produtividade e reduzir os custos na produção. Assim, o objetivo do estudo foi determinar a variabilidade espacial de atributos químicos do solo e sua influência no estado nutricional e no crescimento de clones de seringueira no município de Silva Jardim – Rio de Janeiro. O estudo foi realizado no município de Silva Jardim, localizado na região da Baixada Litorânea, do estado do Rio de Janeiro, os plantios estão localizados na área da Fazenda Jaturnaíba. O plantio dos clones seringueira (FX 3864, FRD 5788, PMB1, CDC 312 e RRIM 600) nesta propriedade está sendo realizado desde o ano de 2009 no espaçamento (3 x 6 m). Foram avaliados os atributos químicos do solo (pH, Ca^{+2} , Mg^{+2} , K^+ , P, Al^{+3} , H+Al, S, T e V%) foram coletas amostras de solo nos diferentes plantios dos clones na profundidade de 0-20 cm. Foram avaliados os teores de N, P, K, Ca e Mg dos clones, bem como a circunferência de tronco e a altura total das plantas. A análise geoestatística foi utilizada para a determinação da variabilidade espacial dos atributos de solo e de planta. Foi utilizado um gride com espaçamento de (20 x 20 m) para a distribuição dos pontos amostrais. Para a espacialização das variáveis de solo e da planta foi utilizado o método de krigagem ordinária com modelos espaciais esféricos, exponenciais e gaussianos. Os resultados indicaram que os modelos esféricos e exponenciais foram os modelos que mais se ajustaram na predição, exceto para o K^+ do solo e N da planta que não apresentaram dependência espacial, mostrando assim um efeito de pepita puro. Foram gerados os mapas de distribuição da variabilidade espacial dos atributos, exceto para aqueles que não apresentaram dependência espacial. As diferenças nos atributos químicos do solo na área de estudo influenciaram na variabilidade espacial nos atributos do solo e dos clones implantados. A geoestatística possibilita orientar o plantio e o manejo da seringueira fornecendo subsídios para um manejo mais eficiente e econômico por meio de calagem e adubações diferenciadas em áreas específicas do plantio.

Palavras-chave: Fertilidade do solo, krigagem, heveicultura.

3.2 ABSTRACT

The productive potential of the rubber tree is the result of the expression of genetic potential combined with intrinsic factors related to soil, climate and management practices. Knowing the spatial variability of soil attributes is an important factor in raising productivity and reducing production costs. Thus, the objective of the study was to determine the spatial variability of soil chemical attributes and its influence on the nutritional status and growth of rubber tree clones in Silva Jardim - Rio de Janeiro municipality. The study was carried out in the municipality of Silva Jardim, located in the region of Baixada Litorânea, in the state of Rio de Janeiro, the plantations are located in the Jaturnaíba Farm area. The planting of rubber clones (FX 3864, FRD 5788, PMB1, CDC 312 and RRIM 600) on this property has been carried out since 2009 in spacing (3 x 6 m). The soil chemical attributes (pH, Ca^{+2} , Mg^{+2} , K^{+} , P, Al^{+3} , H + Al, S, T and V%) were collected in soil samples from different 0-20 cm. The N, P, K, Ca and Mg contents of the clones were evaluated, as well as the trunk circumference and the total height of the plants. Geostatistical analysis was used to determine the spatial variability of soil and plant attributes. A grid with spacing of (20 x 20 m) was used for the distribution of the sampling points. For the spatialization of the soil and plant variables, the ordinary kriging method with spherical, exponential and Gaussian spatial models was used. The results indicated that spherical and exponential models were the models that fit the prediction, except for the K^{+} of the soil and N of the plant that did not present spatial dependence, thus showing a pure seed effect. The spatial variability distribution maps of the attributes were generated, except for those that did not present spatial dependence. Differences in soil chemical attributes in the study area influenced spatial variability in soil attributes and implanted clones. Geostatistics allows to guide the planting and management of the rubber tree providing subsidies for a more efficient and economical management through liming and differentiated fertilization in specific areas of the plantation.

Keywords: Soil fertility, kriging, heveculture.

3.3 INTRODUÇÃO

A seringueira, pertencente ao gênero *Hevea*, é uma das mais importantes espécies da família *Euphorbiaceae*, apresentando grande potencialidade econômica, como principal produtora de borracha natural. Os plantios comerciais de seringueira no Brasil ocupam uma faixa ampla, desde as latitudes 19° até 23° S. O Brasil é o centro de origem da seringueira, já foi o maior produtor mundial de borracha natural, na atualidade o país continua sendo grande importador de borracha natural de países asiáticos como Indonésia e Malásia (Barreto et al., 2016).

Na busca da autossuficiência da produção nacional de borracha natural e, até mesmo, ocupar novamente uma posição de relevância na produção mundial, seria importante a expansão dos plantios de seringueira no país com clones que apresentem boa produtividade e qualidade de látex (Alvarenga & Carmo, 2008).

A heveicultura é uma alternativa de renda para produtores rurais e devido a programas privados e públicos de incentivo de fomento ao cultivo, expandiu-se para várias regiões não tradicionais de cultivo, concentrando-se nas regiões sudeste, centro-oeste e no nordeste (Silva, 2013). De acordo com Naime et al. (2009) o estado do Rio de Janeiro apresenta 18,68% da sua área com solos, condições térmicas e hídricas satisfatórias para o desenvolvimento da cultura da seringueira.

O cultivo da seringueira nas zonas tropicais é uma alternativa e vem despertando o interesse de produtores nos últimos anos, mas para os seringais apresentarem bons resultados de crescimento e produtividade de borracha é preciso utilizar clones melhorados e o emprego de tratamentos culturais adequados (Murbach et al., 1999). O potencial produtivo da seringueira é o resultado da expressão do potencial genético combinado com fatores intrínsecos relacionados ao solo, clima e as práticas de manejo (Virgens Filho et al., 2007).

Os solos naturalmente não apresentam homogeneidade nos seus atributos, mesmo em uma área de solo homogêneo. A quantificação de uma propriedade em alguns pontos pode revelar grandes variações de valores, pois o solo é produto da ação de diversos fatores de formação e varia continuamente na superfície (Souza et al., 2004). Segundo Marques Júnior & Lepsch (2000), pequenas variações no gradiente do declive já são suficientes para causar variabilidade. Além da variabilidade natural do solo, as práticas agrícolas de manejo e uso das terras são fatores adicionais de variabilidade (Cavalcante et al., 2007).

Conhecer a variabilidade espacial encontrada nos solos tem sido considerado um dos fatores importantes para elevar-se a produtividade e reduzir os custos na produção agrícola. Estudos que utilizam a geoestatística, são importantes para indicar alternativa de manejo e reduzir os efeitos da variabilidade do solo na produção das culturas (Vieira et al., 2010).

A sustentabilidade da produtividade pode ser alcançada através do manejo racional do solo. O estudo da variabilidade espacial de atributos relativos às plantas e solo, permite conhecer as suas limitações evitando a sua degradação física e química (Ortiz et al., 2006). Desta forma, a identificação de áreas homogêneas de fertilidade visando à aplicação de fertilizantes, além de resultar na economia dos custos e diminuir o efeito deletério sobre o meio ambiente, favorece a aplicação adequada de fertilizantes, melhorando o crescimento e a produção da seringueira (Roque et al., 2004).

A maioria dos seringais brasileiros estão implantados sob Latossolos que apresentam como fator limitante o baixo conteúdo de nutrientes e os Argissolos que apresentam alta suscetibilidade à erosão, entretanto, tais limitações podem ser solucionadas com fertilização via adubação e adoção de práticas conservacionistas (Centurion et al., 2005).

Uma das formas de se analisar a variabilidade espacial das propriedades do solo é com o uso de geoestatística, uma ferramenta adequada e fundamental para a análise de propriedades que variem de um local para outro com algum grau de organização ou

continuidade, expresso através da dependência espacial, de forma a obter conhecimento sobre a variabilidade das propriedades do solo (Vieira, 2000). Desta forma, o objetivo do estudo foi determinar a variabilidade espacial de atributos químicos do solo e sua influência no estado nutricional e no crescimento de clones de seringueira.

3.4. MATERIAL E MÉTODOS

3.4.1 Localização e Caracterização da Área de Estudo

O estudo foi realizado na área da Fazenda Jaturnaíba, localizada no município de Silva Jardim - RJ. O município está localizado na região da Baixada Litorânea, do estado do Rio de Janeiro. A área de estudo está situada a 22°39'03" de latitude S e 42°23'30" de longitude O (Figura 1).

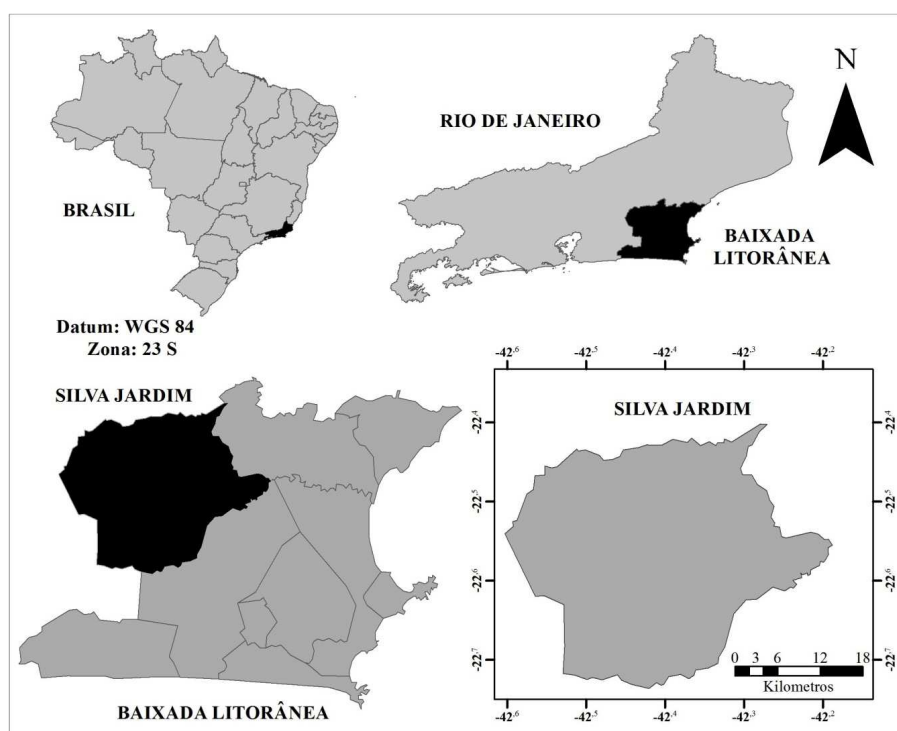


Figura 1. Localização do município de Silva Jardim, na Baixada Litorânea no estado do Rio de Janeiro.

3.4.2 Solo e Relevo

O solo foi classificado como Argissolo Vermelho Amarelo Distrófico típico (Embrapa, 2013). Os solos da região têm como material de origem sedimentos da Formação Barreiras, de textura variando de arenosa a argilosa, cores variegadas, identificados nos baixos platôs amazônicos e nos tabuleiros da costa do norte, nordeste e leste brasileiro (Baptista et al., 1984).

A maior expressão dos depósitos da Formação Barreiras, no estado do Rio de Janeiro, ocorre na região da planície costeira, do rio Paraíba do Sul estendendo-se até o litoral. Os solos apresentam baixa fertilidade natural, especialmente na camada superficial (0-20 cm), de textura mais arenosa que a subsuperficial (20-60 cm), o que é típico dos Argissolos (Silva & Cunha, 2001).

O relevo da região é ondulado com declividades variando de 18% a 23% e com altitude média de 45 m. A área de estudo está inserida no domínio morfoclimático denominado mares de morros florestados (Ab'Saber, 1996).

3.4.3 Histórico da Área

Os plantios estão localizados na área da Fazenda Jaturnaíba, ($22^{\circ}35'52''$ S $42^{\circ}17'55''$ O). A área antes do plantio de seringueira era utilizada como pastagem e segundo relatos de funcionários da fazenda a pastagem estava degradada. O plantio de seringueira nesta propriedade está sendo realizado desde o ano de 2009, o espaçamento utilizado é (3 m x 6 m) e atualmente já existem 50 mil pés de seringueira implantados na fazenda. Para a realização do estudo foi selecionada uma área de 10 hectares, e o microrelevo da área de estudo apresenta pedoforma com formato convexo (Figura 2).

Na propriedade existe o plantio de diferentes talhões com os clones (FX 3864, FRD 5788, PMB1, CDC 312 e RRIM 600) propagados via enxertia. A área de plantio apresenta uma altitude média de (11 m) na parte mais baixa e de (45 m) na parte mais alta. O solo desta área foi classificado como Argissolo Vermelho Amarelo Distrófico típico (Embrapa, 2013). De acordo com o zoneamento edafoclimático realizado para a cultura da seringueira no estado do Rio de Janeiro, o Argissolo apresenta predomínio na maioria das áreas com aptidão para cultivo da seringueira.



Figura 2. Plantio de clones de seringueira na Fazenda Jaturnaíba, Silva Jardim –RJ. Fonte: Google Earth 2016.

No plantio foram abertas covas com dimensões (40 cm x 40 cm x 50 cm). Foram utilizadas 300 gramas de calcário e 300 gramas do adubo formulado 2-16-6 (N-P-K) e 10 litros de esterco bovino em cada cova. Após dois anos do plantio foi realizada uma calagem na área, foram aplicadas em área total a quantia de 2 Mg de calcário por hectare. Anualmente é realizada a adubação de cobertura N-P-K com a dose equivalente a 60 kg de N, 30 kg de P_2O_5 e 60 kg de K_2O por hectare.

3.4.4 Clima

O clima da região é do tipo Cwa, tropical úmido segundo Köppen (Setzer, 1946), com temperatura média anual de $23^{\circ}C$ e a precipitação média anual de 1500 mm. Na Figura 3 estão indicados os valores médios de precipitação total, temperatura máxima, temperatura mínima e média referentes ao ano de 2015, ano em que foram coletados os dados para o estudo.

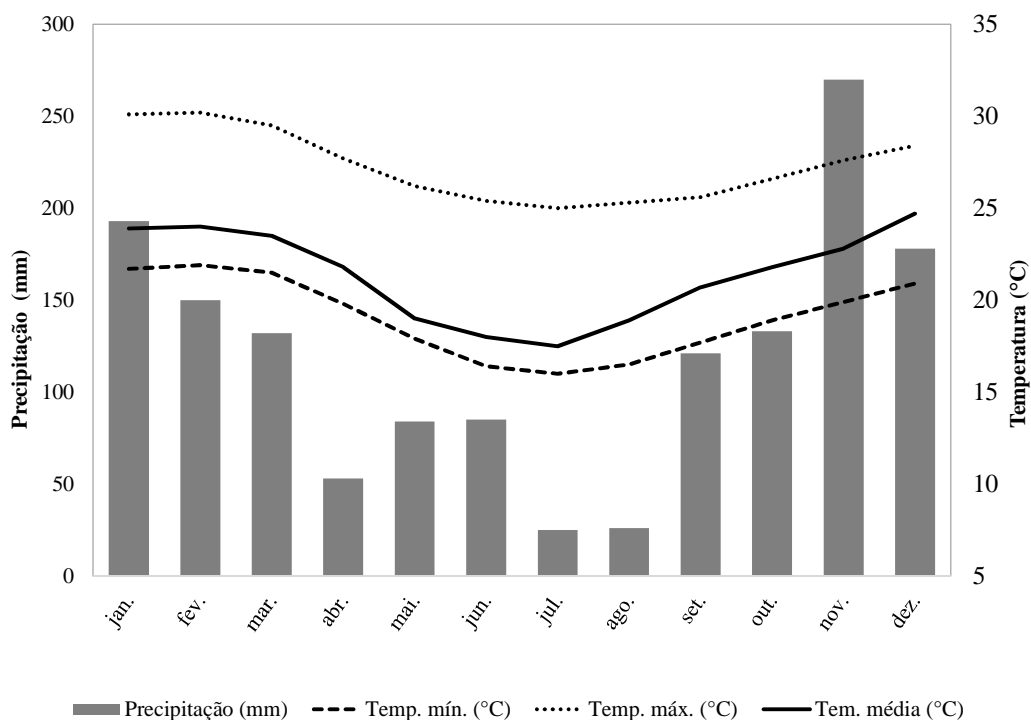


Figura 3. Valores de precipitação total, temperatura máxima, temperatura mínima e temperatura média referente ao ano de 2015.

Fonte: Estação meteorológica no município de Silva Jardim-RJ do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

3.4.5 Avaliações Realizadas

a) Crescimento dos Clones

Para a avaliação do crescimento dos clones de seringueira foram utilizados os talhões de cada clone (Figura 4) localizados nas diferentes faces do terreno (norte e sul). Na face norte, as áreas amostradas corresponderam aos clones FX ($0,9 \text{ ha}^{-1}$), FDR ($0,8 \text{ ha}^{-1}$) e RRIM ($0,7 \text{ ha}^{-1}$), já na face sul foram os talhões dos clones FX ($0,9 \text{ ha}^{-1}$), FDR ($0,6 \text{ ha}^{-1}$), RRIM ($0,6 \text{ ha}^{-1}$) e CDC ($0,93 \text{ ha}^{-1}$). O crescimento dos clones foi avaliado através da altura total e da circunferência do tronco. A altura total foi mensurada com auxílio de uma vara graduada e a circunferência foi mensurada com auxílio de fita métrica. A medida da circunferência do tronco foi realizada a 1,2 m do solo, sendo utilizada esta altura pelo fato de ser o local onde é realizado a coleta do látex.

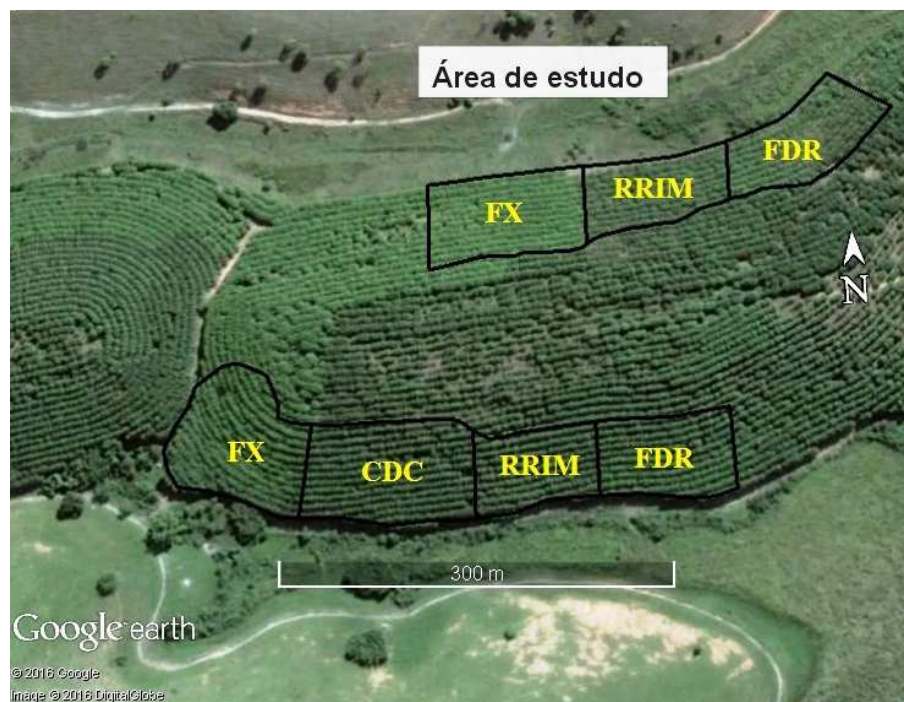


Figura 4. Divisão dos clones na área estudo. **Fonte:** Google Earth 2016.

b) Avaliação do Estado Nutricional dos Clones

A avaliação do estado nutricional dos clones foi realizada no mês de maio de 2015, na estação do outono. Foram coletadas amostras de folhas adultas e maduras em quatro pontos da copa das plantas, no terço médio da copa e que estavam sombreadas, posteriormente foi realizada a análise dos teores de nutrientes N, P, K, Ca e Mg (Tedesco et al., 1995). A avaliação do estado nutricional e interpretação dos resultados foi feita pela comparação do resultado da análise da amostra com tabelas de níveis críticos ou de faixas de suficiência de acordo com Raij & Cantarella (1997), Malavolta et al. (1997) e Garcia et al. (1999), disponíveis na literatura.

c) Amostragem do Solo para Análises dos Atributos Químicos

Para a análise dos atributos químicos do solo foram coletas amostras de solo nos diferentes plantios dos clones na profundidade de 0-20 cm. A decisão por avaliar somente a profundidade de 0-20 cm, foi baseada nos resultados do trabalho de Diniz et al. (2015) que avaliaram os atributos químicos do solo sob plantios de clones de seringueira aos 6,5 anos de idade localizados no município de Silva Jardim (RJ). Os autores observaram que em profundidades superiores a 20 cm não foram observadas diferenças significativas na fertilidade do solo entre os clones. As amostras foram submetidas às seguintes determinações: pH em água, Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , P, H+Al , Al^{3+} e C orgânico. A partir das concentrações foram calculadas: a soma de bases (S), a CTC (T) e a saturação por bases (V%). Essas análises foram realizadas segundo métodos de rotina proposto por Donagema et al. (2011).

d) Covariáveis Ambientais

As covariáveis ambientais foram derivadas do modelo digital de elevação (MDE) na escala de 1:25000 do projeto RJ-25 (site do IBGE) que possui resolução de 20 m, o MDE foi convertido de arquivo raster para vetorial de pontos e posteriormente interpolado utilizando o algoritmo Topogrid (Topo to Raster) do software Arcgis 10.2 para um MDE de 5 m.

O MDE sofreu um ajuste para eliminar depressões espúrias (*Fill*) e assim, foram geradas as curvas de níveis, as quais também foram submetidas a um procedimento denominado Smooth, para suavização dos contornos, assim o MDE ficou mais compatível com a escala 1:25000 que deram origem ao MDE (Costa, 2015). O MDE foi gerado a partir de arquivos vetoriais de curvas de níveis equidistantes de 5 m, adaptadas de Mendes Junior (2012).

Os mapas de atributos de terreno gerados foram: declividade, índice topográfico de fluxo de umidade (ITU) que caracteriza zonas de saturação de água superficial e o conteúdo de água nos solos, através da combinação entre a declividade e a área de captação (Beven et al., 1979; Moore et al., 1991) e insolação potencial total (IPT). Os mapas foram gerados no software Saga Gis 2.0.8, e todos os modelos de entrada que foram utilizados apresentaram pixel de resolução espacial de 5 m.

3.4.6 Análises Estatísticas

Para efeito de comparação dos atributos do solo, estado nutricional e crescimento dos clones nas duas faces, a área de estudo foi considerada como um delineamento estatístico de parcela subdividida. As duas faces (norte e sul) foram consideradas como parcelas e os clones ficaram subdivididos nas duas faces (subparcelas). Nas análises estatísticas foram avaliadas às variáveis clones, faces e as interações (clones x faces).

Na face sul existe um clone CDC 312 que não está implantado na face Norte então, quando foi realizada a análise estatística de parcela subdividida, somente foram utilizados os clones que estavam implantados em ambas as faces (FX 3864, RRIM 600 e FDR 5788). O clone CDC 312 somente foi comparado na face sul com os demais clones, onde foi considerado um delineamento inteiramente casualizado (DIC).

Para fins de comparação da variabilidade dos atributos, foram adotados os limites de coeficiente de variação (CV) propostos por Warrick & Nielsen (1980), para a classificação da variabilidade dos atributos analisados, sendo: $CV < 12\%$ considerado de baixa variabilidade, $12\% < CV < 60\%$ de média variabilidade e $CV > 60\%$ considerado de alta variabilidade, respectivamente.

Os resultados foram submetidos à análise de normalidade da distribuição dos erros (teste de Lilliefors) e homogeneidade das variâncias dos erros (teste de Cochran). Atendendo as pressuposições de normalidade e de homogeneidade, os valores médios foram comparados por meio do teste de Tukey na avaliação em parcela subdividida e teste t de Bonferroni na avaliação DIC, ambos a 10% de probabilidade.

3.4.7 Análises Geoestatísticas

A análise geoestatística foi utilizada para a determinação da variabilidade espacial dos atributos de solo e de planta, foi utilizado um gride de amostragem com espaçamento de (20 x 20 m) para a distribuição dos pontos amostrais. Na face sul foram coletados 20 pontos em cada plantio dos clones FX, FDR, RRIM e CDC e na face norte foram coletados 20 pontos para o clone RRIM, 21 pontos para o clone FDR e 23 pontos para o clone FX, totalizando 143 amostras.

As amostras de solo foram coletadas nas entre-linhas de plantio, para avaliação da circunferência, altura total e estado nutricional, coletou-se as medidas e as folhas das 4 árvores mais próximas do ponto do gride e fez-se uma média das quatro árvores para as variáveis. Após as coletas em cada ponto foi realizado o georreferenciamento do ponto com um dispositivo GPS geométrico Promark 2.

Foi realizada a análise descritiva dos dados, sendo calculadas as medidas de posição (média, máximo e mínimo), de dispersão (desvio padrão) e de forma da distribuição (coeficiente de variação, coeficiente de assimetria e coeficiente de curtose). A hipótese de

normalidade dos dados foi verificada com o teste de Shapiro & Wilk a nível de 5% de probabilidade.

Para a espacialização das variáveis de solo e da planta foi utilizado o método de krigagem ordinária que consiste no cálculo do semivariograma experimental, usando a seguinte equação:

$$\gamma^*(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} [Z(x_i) - Z(x_i + h)]^2$$

Onde:

$\gamma^*(h)$ é o valor estimado da semivariância para a distância h ;

$N(h)$ é o número de pares experimentais separados pelo vetor h ;

$z(x_i)$ e $z(x_i + h)$ são valores da variável z no x_i e $x_i + h$, respectivamente;

x_i e $x_i + h$ são posições em duas dimensões.

Foram gerados semivariogramas empíricos para caracterizar as estruturas espaciais dos atributos químicos do solo e variáveis de crescimento e estado nutricional das plantas, que ao final foram representados nos valores preditos e nos mapas resultantes dos modelos teóricos gerados a partir destes.

A Figura 5 mostra uma representação do semivariograma experimental gerado a partir dos dados coletados em campo. Sendo (C_0) o efeito pepita, identificado como a variância não explicada ou ao acaso, ocorre descontinuidade entre as amostras, ou seja, a variabilidade espacial não detectada durante o processo de amostragem do solo. O patamar (C) é uma estimativa da variância do conjunto de dados, representando o ponto a partir do qual não existe mais dependência espacial entre as observações. A contribuição (C_1) é a diferença entre o patamar e o efeito pepita, e representa o ponto onde a correlação entre as amostras se estabiliza. O alcance (a) representa o tamanho das manchas de variabilidade espacial para um determinado atributo, em que a partir deste ponto não existe mais correlação entre as amostras (Issak & Sirivastava, 1989).

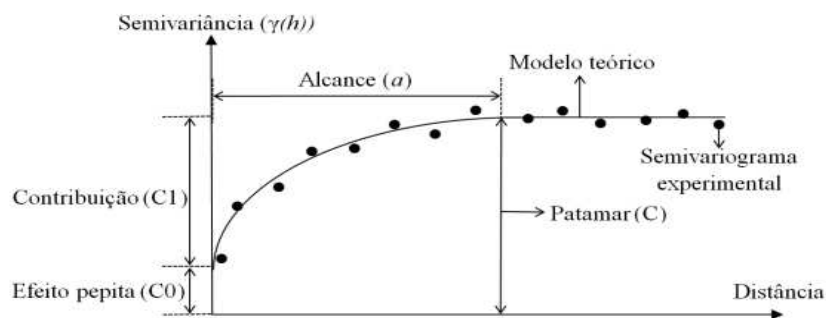


Figura 5. Representação esquemática de um semivariograma (adaptado de Issak & Sirivastava, 1989).

Os semivariogramas experimentais foram gerados a partir da função *variogram* após a escolha do modelo adequado e ajuste manual (tentativa e erro), os modelos teóricos foram justados automaticamente através da função *fit.variogram* no software R (R Development Core Team 2011).

Foi avaliado o grau de dependência espacial dos modelos (GDE), dado pela fórmula: $GDE = C_0 / (C_0 + C_1) \times 100$, sendo considerada fraca se essa razão for $\leq 25\%$, moderada quando a razão estiver entre 25 e 75%, e forte se a razão for $> 75\%$ (Cambardella et al. 1994).

A espacialização dos atributos foi realizada através da função *krige*, todas estas funções estão implementadas no pacote *gstat* no Software R.

3.4.8 Validação das Predições

Para comparar o desempenho das predições, foram utilizados os mesmos pontos usados para a calibração (validação cruzada). Foram calculados o erro médio de predição (MPE) através dos valores preditos ($\hat{z}(s_j)$) e observados $z^*(s_j)$:

$$MPE = \frac{1}{l} \sum_{j=1}^l [\hat{z}(s_j) - z^*(s_j)]^2$$

e a raiz quadrada do erro médio (RMSE):

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{l} \sum_{j=1}^l [\hat{z}(s_j) - z^*(s_j)]^2}$$

Em que l é o número de pontos destinados à validação. O MPE mede a tendência ou viés da predição, e o RMSE mede a precisão.

3.5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.5.1 Atributos Químicos e Físicos do Solo

Na avaliação dos atributos químicos e físicos do solo da área de estudo, primeiramente serão apresentados os dados do delineamento parcela subdividida com omissão do clone CDC 312.

Na Tabela 1 estão indicados os resultados da fertilidade do solo e da análise granulométrica da face norte e face sul da área de estudo onde estão implantados os clones. De acordo com os limites estabelecidos para os níveis de fertilidade do solo, para o estado do Rio de Janeiro (Freire et al., 2013), o pH foi classificado como fortemente ácido, o Al^{+3} trocável recebeu a classificação alto, o P, K e os teores de $(Ca^{+2} + Mg^{+2})$ foram classificados como baixos.

Os atributos químicos e físicos do solo apresentaram diferença em relação à face de exposição da paisagem (Tabela 1). As diferenças nos atributos químicos do solo podem ser em função das diferenças no solo da área, em relação à espessura de horizonte A modificado pela erosão, que foram observadas *in locu* entre as faces.

A face norte em vários pontos, apresentava um processo avançado de erosão hídrica do solo, que foi classificada segundo Santos et al. (2015) como classes de moderada a forte, onde em alguns locais o solo teve de 75% a 100% do horizonte A removido apresentando sulcos profundos onde grande parte das camadas superficiais do solo foram removidas. Devido a essa maior degradação essa face apresentou os menores valores dos atributos químicos.

Os maiores teores de argila na camada superficial do solo da face norte (Tabela 1) indicam maior proximidade do horizonte B textural do Argissolo ocasionado pela redução da espessura do horizonte A indicando maior intensidade do processo erosivo. O maior estado de degradação da face norte fez com que os menores valores de pH, Ca^{2+} , S, T e V% do solo fossem encontrados nesta face (Tabela 1).

Os atributos do solo, após as sucessivas alterações provocadas pelas atividades agrícolas e, conseqüentemente, pelos processos erosivos, são bastante diferenciados ao longo da paisagem (Bertolani & Vieira, 2001). Segundo Sanchez et al. (2009) as alterações ocorridas na superfície do solo são atribuídas aos seus sistemas de preparo do solo, pois estes provocam perdas de solos na camada superficial, provocando na classe dos Argissolos, redução da espessura do horizonte A e imprimindo variabilidade diferenciada deste atributo ao longo da vertente.

A variabilidade espacial dos atributos químicos do solo associada ao microrrelevo foi estudada por Artur et al. (2014), em que os autores mediram a variabilidade entre diferentes pedoformas (côncavas, convexas e planas) nas profundidades de 0-20 e 20-40 cm em uma área de 102 hectares e os resultados revelaram que as menores médias dos atributos nas duas profundidades do solo ocorreram no compartimento convexo. O mesmo padrão foi reportado por Sanchez et al. (2009) que avaliaram a variabilidade dos atributos químicos de um Argissolo em duas pedoformas (côncava e convexa) na profundidade de 0-20 cm e os menores valores médios dos atributos químicos ocorreram na pedoforma convexa. Ambos os autores atribuíram as diferenças às condições de drenagem da área e às características convergentes da inclinação do relevo.

Na região de Mar de Morros no Sul do estado do Rio de Janeiro, Santos et al. (2016) avaliaram o efeito da curvatura da superfície na variabilidade da fertilidade do solo e os autores relataram que na pedoforma convexa ocorreram menores valores de nutrientes e maior acidez em comparação com a pedoforma côncava.

Em relação aos clones de seringueira sem considerar as faces, os clones FX e RRIM apresentaram maior acidez ativa do solo representada pela redução do pH, maior acidez

trocável devido aos maiores valores de Al^{+3} e menor saturação por bases do solo quando comparados ao clone FDR (Tabela 2). Essa redução da fertilidade do solo sob o plantio dos clones FX e RRIM, pode estar associada ao processo de seleção e melhoramento desses dois clones que atribuiu uma maior capacidade de exploração e usos desses nutrientes do solo para alocação em biomassa e produção de látex.

A seringueira é originária de solos considerados de baixa fertilidade natural devido a origem de seus solo ser decorrente da deposição de sedimentos aluvionais porém, a grande quantidade de serapilheira aportada sobre o solo garante uma adição elevada de nutrientes ao solo. O clone FX é um clone secundário oriundo do cruzamento de plantas naturais da região amazônica que durante a evolução e o estabelecimento de populações naturais naquela região se devem, provavelmente, a mecanismos de competição que incluem uma habilidade de absorção e utilização de nutrientes minerais relativamente elevados. O clone FX pode ter herdado essa característica e proporcionou um clone maior capacidade de extração e utilização dos nutrientes do solo.

O desempenho de clones de seringueira de origem amazônica em regiões no estado de São Paulo foi avaliado por Gonçalves et al. (2001) e no estado do Espírito Santo por Marques et al. (2009) e ambos os autores concluíram que o clone FX apresentou crescimento satisfatório, resistência a doenças e boa produtividade e foi recomendado para plantio em larga escala, envolvendo diferentes ambientes dos estados de São Paulo e Espírito Santo.

O maior crescimento dos clones leva a uma maior extração de nutrientes do solo, conforme um estudo realizado por Diniz (2015) que avaliou o crescimento e a adaptabilidade de 5 clones de seringueira em Silva Jardim – RJ. Foi observado que os clones que mostraram o maior crescimento vegetativo, dentre eles o clone FX 3864, apresentavam uma redução da fertilidade do solo aos clones com crescimento reduzido.

Tabela 1: Atributos químicos e físicos do solo nas diferentes faces de exposição da paisagem.

	pH	P	K ⁺	Ca ⁺²	Mg ⁺²	Al ⁺³	H+Al	S	T	V	C	Argila	Areia	Silte
Faces	H ₂ O	mg dm ⁻³	-----cmol _c dm ⁻³ -----					%			-----g kg ⁻¹ -----			
Norte	4,6b	1,5a	0,08a	0,4b	0,6a	1,3a	4,6a	1,2b	5,7b	21,2b	16,5a	395a	396b	209a
Sul	4,8a	1,0a	0,06a	0,9a	0,7a	0,97b	4,5a	1,7a	6,2a	26,5a	16,7a	326b	470a	204a

Valores seguidos da mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste F a 10% de probabilidade.

Tabela 2: Atributos químicos e físicos do solo sob plantio de diferentes clones de seringueira.

	pH	P	K ⁺	Ca ⁺²	Mg ⁺²	Al ⁺³	H+Al	S	T	V	C	Argila	Areia	Silte
Clones	H ₂ O	mg dm ⁻³	-----cmol _c dm ⁻³ -----					%			-----g kg ⁻¹ -----			
FX 3864	4,6b	1,3ab	0,07a	0,4b	0,6b	1,3a	4,4b	1,0b	5,4b	19,2b	15,1b	379a	452a	173b
FDR 5788	4,9a	0,8b	0,07a	0,9a	0,9a	0,95b	4,0b	1,8a	5,8b	32,3a	17,5a	373a	378b	250a
RRIM 600	4,8a	1,6a	0,08a	0,7a	0,7ab	1,0b	5,1a	1,5a	6,6a	22,6b	17,6a	368a	424a	208b

Valores seguidos da mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 10% de probabilidade.

A análise do solo sob plantio dos clones FX, FDR e RRIM nas duas faces mostrou diferença entre e intra clones nos atributos do solo (Tabela 3). Ao analisar os atributos químicos do solo do mesmo clone nas duas faces, verificou-se que o clone FX apresentou diferença entre o pH e os teores de K, sendo estes maiores na face norte.

A face norte anteriormente descrita foi a face que apresentava um estágio de degradação mais avançado, assim o solo não apresenta a capacidade de oferecer melhores condições para que o clone FX pudesse ter uma melhor absorção de nutrientes, desta forma este clone apresentou maiores valores de pH e K na face norte. Na face sul os menores valores de pH e K, foram inferiores o que pode ser decorrência das melhores condições do solo, em que foi possível uma melhor absorção de nutrientes, levando a redução do pH do solo.

Este fato pode indicar que o clone FX pode ser mais exigente em melhores condições de solo para que possa ter uma melhor capacidade de extração de nutrientes e consequentemente um bom crescimento.

Entretanto, os clones FDR e RRIM, na face sul, apresentaram pH mais elevado e maior soma de bases indicando que estes dois clones mesmo em melhores condições de solo apresentam uma menor capacidade na extração de nutrientes em relação ao clone FX.

Quando foram avaliados os diferentes clones em cada face, na face norte as áreas dos clones FX e FDR foram as que apresentaram valores de pH do solo mais elevado, indicando que o estágio mais avançado de degradação do solo refletiu na menor absorção de nutrientes. Na face norte os teores de K foram superiores no solo sob plantio dos clones FX e RRIM, já para os teores de Ca, na face sul as áreas dos clones FDR e RRIM apresentaram maiores valores em comparação a área do clone FX. O Mg apenas apresentou diferença na face sul nas áreas de plantio do clone FDR sendo superiores as demais áreas.

Os teores de Al do solo também apresentaram diferença nas faces e clones, na face norte o clone FDR apresentou os maiores teores no solo, já na face sul a área do clone FX apresentou os maiores teores. Em relação ao V% na face norte a área do clone FDR apresentou os maiores valores e na face sul os as áreas dos clones FDR e RRIM apresentaram V% superior ao clone FX.

Tabela 3: Atributos químicos e físicos do solo sob plantio de diferentes clones de seringueira e diferentes faces de exposição da paisagem.

Clone / Face	Norte	Sul		
pH (H₂O)				
FX 3864	4,7abA	4,5bB	CV1 (%)	4,9
FDR 5788	4,8aB	5,0aA	CV2(%)	4,9
RRIM 600	4,6bB	5,0aA		
P (mg dm⁻³)				
FX 3864	1,5aA	1,0aA	CV1 (%)	78
FDR 5788	0,9aA	0,6aA	CV2(%)	72
RRIM 600	1,9aA	1,4aA		
Ca⁺² (cmol_c dm⁻³)				
FX 3864	0,36aA	0,34bA	CV1 (%)	54
FDR 5788	0,47aB	1,34aB	CV2(%)	43
RRIM 600	0,24aB	1,20aA		
K⁺ (mg dm⁻³)				
FX 3864	30,3abA	23,0aB	CV1 (%)	19,7
FDR 5788	28,5bA	25,6aB	CV2(%)	22,4
RRIM 600	32,4aA	25,7aB		
Al⁺³ (cmol_c dm⁻³)				
FX 3864	1,2bA	1,4aA	CV1 (%)	38,4
FDR 5788	1,2bA	0,7bB	CV2(%)	37,4
RRIM 600	1,5aA	0,7bB		
H+Al (cmol_c dm⁻³)				
FX 3864	4,6bA	4,2aA	CV1 (%)	27
FDR 5788	3,5cB	4,6aA	CV2(%)	27,1
RRIM 600	5,5aA	4,7aB		
S (cmol_c dm⁻³)				
FX 3864	1,1aA	0,97bA	CV1 (%)	54,2
FDR 5788	1,4aB	2,4aA	CV2(%)	51,2
RRIM 600	0,9aB	2,1aA		
T (cmol_c dm⁻³)				
FX 3864	5,7aA	5,1bA	CV1 (%)	20,6
FDR 5788	4,9bB	7,0aA	CV2(%)	20,1
RRIM 600	6,4aA	6,8aA		
V (%)				
FX 3864	19,7bA	18,7bA	CV1 (%)	52,3
FDR 5788	31,0aA	33,7aA	CV2(%)	57,0
RRIM 600	14,7bB	30,8aA		
C (g kg⁻¹)				
FX 3864	15,0bA	15,2bA	CV1 (%)	20,0
FDR 5788	16,5abB	18,8aA	CV2(%)	22,9
RRIM 600	18,1aA	17,0abB		
Argila (g kg⁻¹)				
FX 3864	371aA	387aA	CV1 (%)	20,5
FDR 5788	365aA	383aA	CV2(%)	26,0
RRIM 600	370aA	364aA		
Silte (g kg⁻¹)				
FX 3864	188aA	157bA	CV1 (%)	56,0
FDR 5788	241aA	262aA	CV2(%)	49,0
RRIM 600	219aA	188bA		
Areia (g kg⁻¹)				
FX 3864	447aA	457aA	CV1 (%)	27,0
FDR 5788	400aA	352bA	CV2(%)	22,4
RRIM 600	403aA	445aA		

Valores seguidos da mesma letra minúscula, na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 10% de probabilidade. CV1(%) – Coeficiente de variação da face de exposição; CV2(%) – Coeficiente de variação dos clones de seringueira.

Na face sul, a área do clone FX apresentou os menores valores dos atributos químicos do solo, sendo mais ácida, menores valores de pH e V% e maiores de Al (Tabela 4).

Na face norte, novamente as áreas dos clones FX e RRIM apresentaram um V% menor em comparação da área do clone FDR (Tabela 5), e as áreas desses dois clones também apresentaram os menores teores de Ca do solo em comparação a área do clone FDR.

Um dos fatores que contribuíram para a diferença na fertilidade do solo entre faces é o fato da face norte apresentar um estágio mais avançado de degradação do horizonte A. A perda da camada superior do solo reduz, por exemplo, os teores de matéria orgânica que é uma fonte de reposição de nutrientes para o solo. Outro fator foi a diferença entre clones na absorção de nutrientes do solo, em que alguns clones são mais exigentes em melhores condições de solo para que possam absorver melhor os nutrientes.

Tabela 4: Atributos químicos e físicos do solo sob plantio de diferentes clones de seringueira na face sul de exposição da paisagem.

Clones	pH	P	K ⁺	Ca ⁺²	Mg ⁺²	Al ⁺³	H+Al	S	T	V	C	Argila	Silte	Areia
	H ₂ O	mg dm ⁻³		-----cmol _c dm ⁻³ -----						%	-----g kg ⁻¹ -----			
CDC 312	4,8a	1,0a	25,0a	0,73b	0,90a	1,0b	4,0a	1,7a	5,7b	30,5a	15,8b	530a	217a	466a
FX 3864	4,5b	1,0a	23,0a	0,34b	0,54b	1,4a	4,2a	1,0b	5,1b	18,7b	15,1b	471d	158d	407d
FDR 5788	5,0a	0,55a	25,3a	1,33a	0,96a	0,7c	4,6 a	2,4a	7,0a	33,7a	18,8a	512b	199b	448b
RRIM 600	5,0a	1,4a	25,8a	1,20a	0,82ab	0,7c	4,7a	2,1a	6,8a	30,8a	17,1ab	494c	181c	430c
CV (%)	6,0	67,0	17,1	46,6	45,3	35,3	27,0	43,0	19,4	41,5	20,6	32,0	27,4	24,5

Valores seguidos da mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste t de Bonferroni a 10% de probabilidade.

Tabela 5: Atributos químicos e físicos do solo sob plantio de diferentes clones de seringueira na face norte de exposição da paisagem.

Clones	pH	P	K ⁺	Ca ⁺²	Mg ⁺²	Al ⁺³	H+Al	S	T	V	C	Argila	Silte	Areia
	H ₂ O	mg dm ⁻³		-----cmol _c dm ⁻³ -----						%	-----g kg ⁻¹ -----			
FX 3864	4,7ab	1,5a	30,3a	0,36b	0,65a	1,2a	4,6a	1,1a	5,7a	19,7b	15,0b	186b	375c	472c
FDR 5788	4,8a	1,0a	29,5a	0,48a	0,84a	1,1a	3,5b	1,4a	4,9b	32,0a	16,4ab	228a	417a	514a
RRIM 600	4,6b	1,8a	32,3a	0,23b	0,54a	1,3a	5,5a	0,9a	6,4a	15,0b	18,1a	208a	397b	494b
CV (%)	5,7	54,0	22,5	51,0	53,0	36,9	29,1	55,0	20,0	48,0	22,0	23,0	25,0	22,7

Valores seguidos da mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste t de Bonferroni a 10% de probabilidade.

3.5.2 Estado Nutricional e Crescimento dos Clones

O estado nutricional dos clones apresentou diferença entre as faces de exposição, com as plantas localizadas na face sul apresentando maiores teores dos nutrientes N e P e as plantas da face norte os maiores teores de K nas folhas. Mesmo as plantas apresentando diferença nos teores de nutrientes nas folhas, não ocorreram diferença no crescimento em altura e circunferência do tronco (Tabela 6).

Tabela 6: Teores de nutrientes nas folhas, altura e circunferência do tronco de clones de seringueira em diferentes faces de exposição da paisagem.

Faces	N	P	K	Ca	Mg	Altura	Circunferência*
	(g kg ⁻¹)					(m)	(cm)
Norte	20,6b	2,4b	8,4a	10,7a	5,8a	7,1a	37,2a
Sul	22,8a	3,4a	6,0b	10,6a	5,4a	7,2a	38,5a

Valores seguidos da mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste F a 10% de probabilidade. *Medida realizada a 1,2 metros de altura, local onde se realiza a exploração do látex.

Em relação aos clones de seringueira sem considerar as faces, somente ocorreu diferença entre os clones para o nutriente Ca, em que o clone FDR foi o que apresentou os maiores teores (Tabela 7).

Tabela 7: Teores de nutrientes nas folhas de clones de seringueira.

Clones	N	P	K	Ca	Mg
	(g kg ⁻¹)				
FX 3864	21,3a	3,1a	7,3a	8,3c	5,6a
FDR 5788	21,3a	2,8a	7,1a	13,0a	5,6a
RRIM 600	22,5a	2,8a	7,0a	11,3b	5,7a
Raij & Cantarella (1997)*	29-35	1,8-2,5	10-15	5,0-10	2,0-3,0
Malavolta et al. (1997)*	26-35	1,6-2,3	10-14	7,6-8,2	1,7-2,4
Garcia et al. (1999)*	30-35	2,0-2,5	12-15	4,0-10	2,4-4,0

Valores seguidos da mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 10% de probabilidade. *valores de referência de teores de nutrientes adequados em folhas de seringueira encontrados na literatura.

Ao comparar os teores de nutrientes das folhas dos clones com os valores de referência da literatura, verifica-se que os teores de N e K estão abaixo do nível considerado ideal para a cultura, sendo necessária a correção da deficiência desses nutrientes para não ocorrer à limitação do crescimento das plantas, principalmente em diâmetro do tronco e reduzir o tempo de espera para o início da exploração do látex.

Ao se avaliar o crescimento dos clones, foi verificado que o clone FX apresentou maior crescimento em relação aos demais (Tabela 8). Esse maior crescimento pode ser reflexo da sua maior capacidade no uso dos nutrientes do solo e também pela sua maior adaptabilidade as condições edafoclimáticas da região, refletindo em um menor tempo para o início da exploração do látex uma vez que este clone apresentou crescimento em circunferência 13,9% superior ao clone FDR e 11,5% superior ao clone RRIM.

Tabela 8: Medidas de circunferência do tronco e altura total de clones de seringueira.

Clones	FX 3864	FDR 5788	RRIM 600
Circunferência*	41,0a	35,3b	36,3b
Altura	7,5a	7,0b	7,0b

Valores seguidos da mesma letra, na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 10% de probabilidade.

*Medida realizada a 1,2 metros de altura, local onde se realiza a exploração do látex.

Os teores de nutrientes nas folhas dos clones FX, FDR e RRIM nas diferentes faces estão indicados na (Tabela 9).

A face sul apresentou os maiores teores de N na folha para os clones FX, FDR e RRIM, na mesma face o clone FX também apresentou os maiores teores de P. O clone FDR somente apresentou diferença para o nutriente K entre as faces, sendo os teores superiores na face norte.

Tabela 9: Teores de nutrientes em folhas de clones de seringueira em diferentes faces de exposição da paisagem.

Clones / Face	N		P		K		Ca		Mg	
	Norte	Sul	Norte	Sul	Norte	Sul	Norte	Sul	Norte	Sul
	(g kg ⁻¹)									
FX 3864	20,5aB	22,2aA	2,2bB	4,0aA	8,5aA	6,2aB	8,1bA	8,5bA	5,5aA	5,7aA
FDR 5788	21,1aB	22,3aA	2,5aA	2,9bA	8,3aA	5,9aB	12,4aA	14,4aA	5,8aA	5,4aA
RRIM 600	20,0aB	23,0aA	2,5aA	2,7bA	8,0aA	6,1aB	10,5bB	12,0aA	4,9aB	6,3aA
CV1(%)	18,9		42,8		18,3		32,6		35,9	
CV2(%)	23,9		34,1		16,0		37,8		34,8	

Valores seguidos da mesma letra minúscula, na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 10% de probabilidade. CV1(%) – Coeficiente de variação da face de exposição; CV2 (%) – Coeficiente de variação dos clones de seringueira.

Como discutido anteriormente, a face sul apresenta um menor estágio de degradação do solo, quando comparada a face norte, oferecendo melhores condições de solo para as plantas. O clone FX apresentou um maior crescimento em relação aos demais, o maior crescimento deste clone implica em uma maior biomassa e conseqüentemente um maior aporte de serapilheira sobre o solo, melhorando as suas condições, principalmente pelo maior aporte de matéria orgânica e decomposição contínua do material orgânico. Dessa forma, supre em parte a demanda por nutrientes, em que a ciclagem desses elementos no solo fez com que as plantas do clone FX apresentassem os maiores teores de N e P.

Os teores de nutrientes nas folhas apresentaram diferença entre os clones quando foram avaliadas as faces (Tabela 9). Na face norte os clones FDR e RRIM apresentaram maiores teores de P em relação ao clone FX. Quando se avaliou a face a sul, o efeito foi contrário, e o clone FX apresentou os maiores teores de P quando comparados aos demais.

O clone FDR apresentou os maiores teores de Ca quando comparado aos demais clones FX e RRIM em ambas as faces de exposição. As diferenças entre os teores de P nas folhas dos clones nas diferentes faces novamente mostra a diferença que existe entre os clones quanto à condição de solo para a absorção de nutrientes, e existe diferença entre os clones e em relação à absorção de determinados nutrientes como foi verificado para o Ca no clone FDR.

Os dados de crescimento das plantas apresentaram diferença entre as faces e entre os clones (Tabela 10). O clone FDR apresentou maior crescimento da circunferência na face sul, entre os clones, o clone FX apresentou maior crescimento de circunferência em ambas as faces em relação aos demais clones. A altura não apresentou diferença entre as faces e o clone FX apresentou maior crescimento entre os clones.

Tabela 10: Medidas da circunferência do tronco e da altura total de clones de seringueira em diferentes faces de exposição da paisagem.

Clones / Face	Circunferência*		Altura	
	(cm)		(m)	
	Norte	Sul	Norte	Sul
FX 3864	40,3aA	41,8aA	7,4aA	7,6aA
FDR 5788	33,7cB	37,2bA	6,8bA	7,0bA
RRIM 600	36,8bA	35,5bA	7,1abA	6,9bA
CV1(%)	10,7		10,2	
CV2(%)	12,1		9,8	

Valores seguidos da mesma letra minúscula, na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 10% de probabilidade. CV1(%) – Coeficiente de variação da face de exposição; CV (%) – Coeficiente de variação dos clones de seringueira.*Medida realizada a 1,2 metros de altura, local onde se realiza a exploração do látex.

Em relação ao estado nutricional, na face sul, o clone CDC apresentou maiores teores de N, Ca e Mg nas folhas em relação aos demais clones, no crescimento, o clone FX apresentou maior crescimento seguido pelo clone CDC (Tabela 11).

Tabela 11: Teores de nutrientes nas folhas, altura e circunferência do tronco de clones de seringueira na face sul de exposição da paisagem.

Clones	N	P	K	Ca	Mg	Altura	Circunferência*
	(g kg ⁻¹)					(m)	(cm)
CDC 312	24,4a	2,8a	6,6a	17,7a	7,9a	7,4ab	37,6ab
FX 3864	20,5b	2,2a	6,2a	8,5c	5,7b	7,6a	41,8a
FDR 5788	20,0b	2,7a	6,0a	12,3b	5,0b	7,0ab	37,2b
RRIM 600	21,1ab	2,5a	5,9a	11,9b	5,4b	6,7b	35,4b
CV(%)	22,0	35,0	18,7	33,5	37,6	12,0	6,0

Valores seguidos da mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste t de Bonferroni a 10% de probabilidade.*Medida realizada a 1,2 metros de altura, local onde se realiza a exploração do látex.

Dentre todos os clones implantados na face sul, o clone CDC foi o que apresentou melhor estado nutricional e em relação ao crescimento, o clone CDC somente foi superado apenas pelo clone FX. O bom estado nutricional e bom crescimento é um indicativo que o clone CDC também possui uma boa extração dos nutrientes do solo e se o mesmo apresentar uma boa produção de látex, apresenta ser uma boa alternativa de plantio para a região.

Os dados do estado nutricional e de crescimento dos clones na face norte, estão indicados na (Tabela 12). O clone FX apresentou maiores teores de P e de crescimento em relação aos demais clones. Já o clone FDR apresentou maiores valores de Ca.

Tabela 12: Teores de nutrientes nas folhas, altura e circunferência do tronco de clones de seringueira na face norte de exposição da paisagem.

Clones	N	P	K	Ca	Mg	Altura	Circunferência*
	(g kg ⁻¹)					(m)	(cm)
FX 3864	22,1a	4,0a	8,4a	8,1b	5,5a	7,4a	40,3a
FDR 5788	22,1a	2,9b	8,5a	14,2a	5,8a	6,9b	33,9b
RRIM 600	23,7a	3,0b	8,0a	10,4b	6,3a	7,1ab	36,7b
CV (%)	20,6	35,0	15,0	32,8	38,0	10,0	12,5

Valores seguidos da mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste t de Bonferroni a 10% de probabilidade. *Medida realizada a 1,2 metros de altura, local onde se realiza a exploração do látex.

Essas diferenças encontradas nos teores de nutrientes encontradas no solo sob os diferentes clones e as diferenças nos teores de nutrientes das folhas em função da posição da paisagem, reforça a afirmativa de que existe uma variabilidade de disponibilidade de nutrientes no solo para as plantas e que cada clone apresenta uma demanda nutricional diferenciada. Em função disso é preciso realizar uma adubação diferenciada para cada clone para que seja suprida a sua demanda nutricional e assim garantir um melhor crescimento e produtividade das plantas.

Estudos realizados por (Aweto, 1987; Cheng et al., 2007) mostram uma redução na fertilidade do solo em função do avanço da idade dos plantios de seringueira. Dharmakeerthi et al. (2005) relata que é necessário programas regionais de recomendação de adubação NPK para a cultura da seringueira para que ocorra uma produtividade satisfatória da cultura.

A diferença na circunferência das plantas é um indício de que existe uma diferença entre os clones tanto na absorção como na eficiência do uso dos nutrientes do solo e então, é preciso aplicar um manejo específico da adubação para cada plantio clonal, como adubações corretivas, para se alcançar um padrão mais homogêneo das plantas, haja vista que para ocorrer o início da exploração do látex, é preciso que 50% das plantas atinjam uma circunferência mínima estabelecida de 45 cm de circunferência a 1,2 m de altura em relação ao solo (Souza, 2013).

3.5.3 Covariáveis Ambientais

Foram gerados através modelo digital de elevação (MDE) na escala de 1:25000 do projeto RJ-25 quatro covariáveis ambientais, o Modelo Digital de Elevação da Área (MDE), a Declividade da Área, o Índice Topográfico de Umidade (ITU) e a Insolação Potencial Total (IPT) (Figura 6) que foram utilizadas para a confecção dos mapas de espacialização dos atributos do solo e dos clones.

Na área de estudo, através dos mapas das covariáveis ambientais, foi possível verificar que ocorre diferença entre as faces de exposição em relação a algumas covariáveis ambientais e semelhanças entre outras (Figura 6). As covariáveis MDE e Declividade apresentaram grande similaridade em ambas às faces, apresentando pequenas variações. Entretanto, as covariáveis ITU e IPT apresentaram diferenças entre as faces. O ITU na face norte apresentou um maior fluxo de água na superfície da paisagem. A face norte também apresentou maior IPT, nesta face a média do IPT foi de 9500 KJ/m² enquanto que na face sul a média foi de 7000 KJ/m² indicando maior insolação na face norte durante o ano.

A face norte, antes do plantio da seringueira apresentava maior estágio de degradação do que a face sul, onde foi constatado *in locu* erosão em sulco moderada a forte. De acordo

com a Figura 6 (C) e (D) ocorre um maior fluxo de água na face norte, o que contribui para o arraste de partículas de solo e perda de nutrientes.

A área de estudo apresenta microrrelevo convexo e parte da água é transportada para as superfícies mais planas causando variações nos atributos do solo. O fluxo de água está relacionado com a inclinação e curvatura da área, direcionando, assim, o sentido do fluxo da água na área que dá origem a ambientes de erosão e de deposição (Nizeyimana & Bicki, 1992).

Outro fator que pode estar contribuindo para a diferença entre as faces é a maior luminosidade que a face norte recebe o que acarreta em maiores temperaturas durante o ano, favorecendo uma taxa acelerada de decomposição da matéria orgânica do solo, que é uma fonte de nutrientes para o solo.

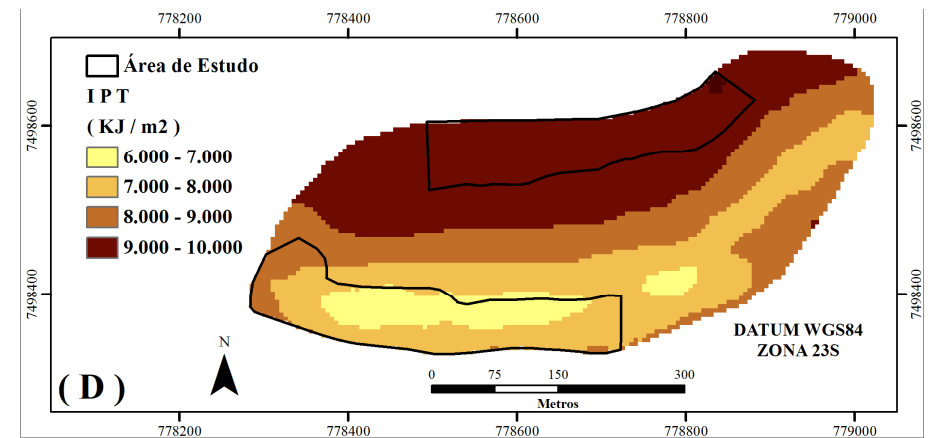
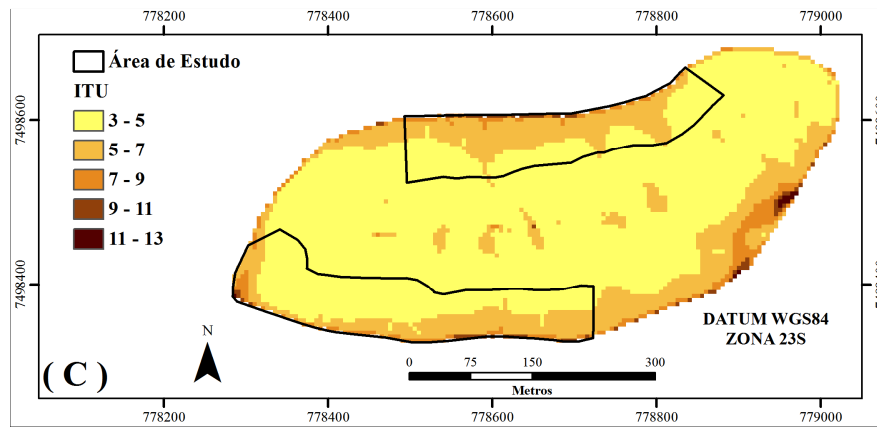
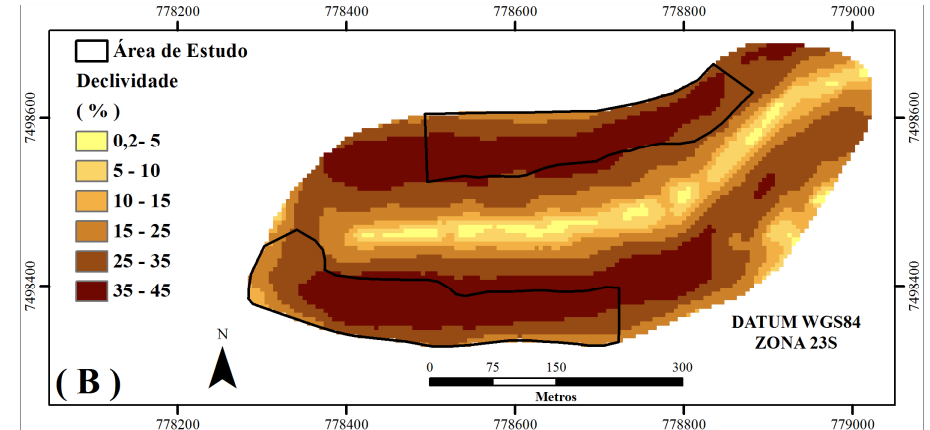
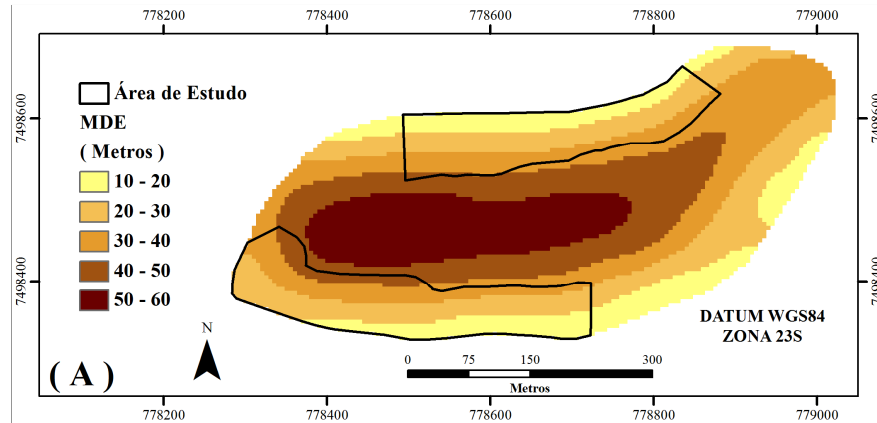


Figura 6. Mapa do MDE (A), Declividade (B), Índice Topográfico de Fluxo de Umidade (ITU) (C) e Insolação Potencial Total (IPT) (D) da área de estudo.

3.5.4 Estatística Descritiva dos Atributos do Solo e Planta

Os valores médios dos atributos do solo apresentaram uma maior oscilação entre as áreas do que os atributos das plantas (teores de nutrientes nas folhas e crescimento). Com esses dados é possível realizar inferências sobre a variação espacial dos atributos químicos do solo, dos teores de nutrientes das folhas e do crescimento das plantas. Nas tabelas 13 a 16 estão indicados os valores da estatística descritiva dos resultados nas faces norte e sul.

Os coeficientes de assimetria e curtose indicam se a distribuição dos dados de uma variável está próxima à distribuição normal (coeficientes iguais à zero) (Campos et al., 2013). Apesar da normalidade dos dados não ser uma exigência da geoestatística, o importante é que a distribuição não se apresente muito alongada, o que poderia comprometer as estimativas da krigagem, as quais são baseadas nos valores médios.

O CV pode ser usado para comparar e avaliar as variáveis, podendo-se observar que as variáveis que apresentam um CV baixo indicam uma pequena variação dos dados em relação à média, mostrando uma distribuição homogênea.

Dentre os atributos químicos, somente o pH do solo apresentou uma variabilidade classificada como baixa em todos os plantios dos clones nas duas faces, com o CV variando de (3,96 a 8%). Os resultados corroboram com os encontrados por Roque et al. (2005) e (Santos, 2015) onde os autores também encontraram um CV baixo para a variabilidade do pH do solo (4,4%) e (3,7%) na profundidade de 0-20 cm em plantio de seringueira. Segundo Oliveira et al. (1999) o pH é o atributo do solo que apresenta a menor variação e este fato deve-se, provavelmente, à baixa variação deste atributo.

A áreas do clone FX apresentaram alta variabilidade para o Ca^{2+} , Mg^{2+} , S e V% nas duas faces. As altas variabilidades nos teores de Ca^{2+} e Mg^{2+} refletiram na variabilidade do V%. Já para H+Al, Al^{3+} e T a área do clone FX apresentou média variabilidade e somente para o P ocorreu diferença de variabilidade entre as faces, na face norte ocorreu média e na face sul, alta variabilidade. Apenas a área do clone FDR apresentou alta variabilidade para P nas duas faces. Os teores de Mg^{+2} , H+Al, Al^{+3} , S e T apresentaram média variabilidade em ambas as faces. E os teores de Ca^{+2} e V% apresentaram diferença entre as faces. Na face norte ocorreu alta variabilidade e na face sul média variabilidade para Ca^{+2} e V%. Como observado na área do clone FX, a variabilidade dos teores de Ca^{+2} do solo na área do plantio do clone FDR foi acompanhada pela variabilidade do V%.

A área do clone RRIM foi a única clone que apresentou média variabilidade nas duas faces para os atributos Ca^{+2} , Mg^{+2} , P, H+Al, Al^{+3} , S, T e V%. A área do clone CDC, que apenas foi implantado, na face sul apresentou alta variabilidade para o Ca^{+2} e V% e média variabilidade para Mg^{+2} , P, H+Al, Al^{+3} , S, T e V%. A área do clone CDC semelhante as áreas dos clones FX e FDR também apresentou o mesmo padrão de variabilidade do V%, quando o V% apresentou alta variabilidade o Ca^{+2} também apresentou alta variabilidade.

Roque et al. (2005) avaliaram a variabilidade espacial de atributos químicos de um Argissolo Vermelho Amarelo cultivado com os clones de seringueira no estado de São Paulo, os autores encontraram resultados semelhantes para o CV dos atributos P, K, Ca^{+2} , Mg^{+2} e V% que foram classificados como médios e altos. A variabilidade de atributos químicos Latossolo Vermelho Amarelo cultivado com seringueira n o estado do Espírito Santo foi avaliada por (Santos, 2015) e o CV dos teores de P, Mg e K também foi classificado como alto.

Ao se avaliar a variabilidade dos teores de nutrientes nas folhas das plantas de seringueira, foi verificado que as áreas dos clones FX e RRIM apresentaram média variabilidade para os teores de P, K, Ca e Mg para ambas as faces. A área do clone CDC também apresentou média variabilidade para os teores de nutrientes nas plantas na face sul. A

área do clone FDR foi o único que apresentou diferença nos teores de nutrientes entre as faces, os teores de P apresentaram baixa variabilidade na face norte e alta na face sul, os teores de K apresentaram baixa variabilidade na face norte e média na face sul, os teores de Ca e Mg apresentaram média variabilidade em ambas faces.

Os atributos circunferência e altura das plantas apresentaram variabilidades que foram classificadas como baixas e médias. A circunferência apresentou CV que variaram de (8,5 a 23,5%) e altura (7,5 a 14,9%). Os clones FX e RRIM apresentaram baixa variabilidade de circunferência e altura nas duas faces. O clone FDR apresentou média variabilidade nas duas faces e o clone CDC apresentou média variabilidade na face sul.

Os atributos das plantas relacionados ao crescimento (altura e circunferência) apresentaram um menor CV% em relação aos atributos do solo e estado nutricional nos plantios dos clones de seringueira em ambas as faces de exposição. Quando se avalia os atributos de crescimento dos clones, verifica-se que a altura apresentou um menor desvio padrão quando comparada com a circunferência, indicando que ocorre um padrão mais homogêneo em altura do que circunferência das plantas nos plantios.

A circunferência e a altura das plantas apresentaram baixos valores de CV em comparação com os atributos químicos do solo (Tabela 13) a (Tabela 16). O mesmo padrão foi observado por Vieira et al. (2012) que avaliaram a relação espacial entre a circunferência de seringueira e de atributos físicos e a circunferência apresentou menor CV. Os autores atribuem essa menor variação devido a variabilidade espacial da circunferência, que é o resultado da integração solo-planta-atmosfera, enquanto os atributos do solo são mais suscetíveis ao tipo de manejo praticado na área.

Verifica-se que ocorreram elevados valores de CV verificados para alguns atributos avaliados entre as faces o que sugere alta heterogeneidade em torno da média entre os atributos nas porções do terreno. De acordo com Artur et al. (2014) a referida heterogeneidade pode ter várias causas, como os processos de formação do solo, acúmulo e distribuição das partículas do solo em função da forma do relevo e do fluxo de água na área.

Segundo Carvalho et al. (2003), esta variação entre os CV's dos atributos do solo é prevista visto que, a variabilidade dos atributos químicos do solo é consequência de complexas interações dos processos de sua formação e de práticas de manejo do solo e da cultura com impacto sobretudo nas camadas superficiais do solo. O padrão das propriedades do solo na área pode, também, ser o resultado de um histórico de uso e manejo do solo antes do cultivo da seringueira que provocou alterações nas camadas superiores do solo.

Tabela 13: Estatística descritiva dos atributos do solo e planta do clone FX.

Solo							
	Mínimo	Média	Máximo	Desv. Pad.	CV%	Assimetria	Curtose
pH norte	4,2	4,6	5,0	0,19	4,1	0,34	-0,33
pH sul	4,1	4,5	5,4	0,23	5,0	2,65	8,90
Cálcio norte	0,1	0,35	1,20	0,34	70	1,31	0,2401
Cálcio sul	0,09	0,28	1,64	0,34	70	2,83	8,1
Magnésio norte	0,16	0,56	2,0	0,46	70	1,57	1,991
Magnésio sul	0,14	0,49	1,31	0,34	69	1,20	0,25
Fósforo norte	0,16	1,1	1,8	0,49	43,2	-0,43	-0,80
Fósforo sul	0,1	1,1	3,0	0,83	76	0,88	-0,26
H+AL norte	1,98	4,7	7,2	1,41	30,1	0,23	-0,85
H+AL sul	1,81	4,3	6,9	1,32	30,8	-0,16	-0,87
Alumínio norte	0,3	1,3	1,95	0,45	35	-0,72	-0,84
Alumínio sul	0,3	1,4	1,85	0,35	24,2	-1,58	2,57
S norte	0,34	1,0	3,2	0,76	72	1,30	0,75
S sul	0,37	0,85	2,98	0,61	71,5	2,0	3,96
T norte	3,2	5,7	7,8	1,2	21	-0,01	-0,71
T sul	2,95	5,1	7,6	1,16	22,5	-0,18	-0,46
V% norte	5,1	18,7	47,9	13,4	70	0,75	-0,99
V% sul	5,7	17,5	62,2	12,9	73	1,86	3,62
Planta							
	Mínimo	Média	Máximo	Desv. Pad.	CV%	Assimetria	Curtose
P norte	1,7	4,2	7,3	1,68	39	0,13	-1,48
P sul	1,12	2,0	3,5	0,55	27,1	0,63	0,09
K norte	7,1	8,4	12	1,23	14,6	1,12	0,72
K sul	3,8	6,3	9,1	1,42	22,5	0,4	-0,7
Ca norte	4,9	7,7	16	2,81	36,1	1,29	0,92
Ca sul	3,83	8,4	17,2	4,22	50,2	1,02	-0,33
Mg norte	1,88	5,45	11,2	2,38	43,8	0,85	-0,19
Mg sul	3,2	5,86	11,2	1,83	31,4	1,0	1,15
Circunf. norte	28,7	40,6	48,2	4,58	11,3	-0,56	-0,12
Circunf. sul	35,4	42,2	48,4	3,58	8,5	-0,18	-1,01
Altura norte	6,5	7,5	8,7	0,57	7,66	0,25	-0,53
Altura sul	6,6	7,7	8,6	0,57	7,5	-0,37	-1,02

Legenda: pH norte; pH sul; Cálcio norte; Cálcio sul; Magnésio norte; Magnésio sul; Fósforo norte; Fósforo; H+Al; H+Al sul; Alumínio norte; Alumínio sul; S norte; S sul; T norte; T sul; V% norte; V% sul: Valores de pH do solo nas faces norte e sul. Teores de Ca^{+2} , Mg^{+2} , P, H+Al, Al^{+3} , S e T do solo nas faces norte e sul ($cmol_c\ dm^{-3}$). Saturação por bases do solo das faces norte e sul (%). P norte; P sul; K norte; K sul; Ca norte; Ca sul; Mg norte; Mg sul. Teores de nutrientes nas folhas de seringueira nas faces norte e sul ($g\ kg^{-1}$). Circunf. norte; Circunf. sul (centímetro); Altura norte; Altura sul (metros): medidas da circunferência a altura das plantas de seringueira nas faces norte e sul.

Tabela 14: Estatística descritiva dos atributos do solo e planta do clone FDR.

Solo							
	Mínimo	Média	Máximo	Desv. Pad.	CV%	Assimetria	Curtose
pH norte	4,4	4,8	5,4	0,3	6,2	0,71	-0,81
pH sul	4,6	5,0	5,3	0,17	3,54	-0,17	-1,37
Cálcio norte	0,08	0,49	1,75	0,47	70	1,24	0,43
Cálcio sul	0,5	1,4	2,6	0,7	49	0,15	-1,54
Magnésio norte	0,31	0,92	2,34	0,54	58,5	1,08	0,36
Magnésio sul	0,2	1,0	1,8	0,42	42	-0,40	0,17
Fósforo norte	0,09	0,94	2,2	0,68	71	0,20	-1,35
Fósforo sul	0,1	0,75	2,0	0,55	72	0,80	-0,423
H+Al norte	0,82	3,61	5,6	1,51	42	-0,45	-1,28
H+Al sul	3,13	4,65	5,6	0,77	16	-0,58	-1,04
Alumínio norte	0,25	1,1	1,85	0,59	53,6	-0,31	-1,65
Alumínio sul	0,2	0,64	1,55	0,35	54	0,94	0,33
S norte	0,52	1,52	3,9	0,98	64,6	1,03	-0,19
S sul	1,3	2,5	4,1	0,98	38,7	0,33	-1,63
T norte	2,3	5,1	7,5	1,23	24,1	-0,39	-0,22
T sul	4,9	7,1	9,2	1,24	17,3	-0,29	-0,66
V% norte	10,5	31,66	72	21,1	66,6	0,68	-1,08
V% sul	18,9	34,6	49,9	9,37	27,1	0,13	-1,36
Planta							
	Mínimo	Média	Máximo	Desv. Pad.	CV%	Assimetria	Curtose
P norte	2,3	2,9	3,5	0,328	11,3	-0,05	-0,69
P sul	1,4	3,0	7,5	1,5	49,1	1,48	1,97
K norte	6,2	8,6	10,1	0,97	11,2	-0,91	0,11
K sul	2,7	6,0	7,9	1,16	19,3	-1,33	2,0
Ca norte	5,7	13,2	21,4	3,83	28,8	0,41	-0,10
Ca sul	6,7	12,3	17,9	3,0	24,6	-0,18	-0,86
Mg norte	3,1	6,0	9,0	1,9	31,7	-0,02	-1,36
Mg sul	3,5	4,96	6,95	1,08	21,7	0,45	-0,99
Circunf. norte	21,7	33,8	41,2	5,13	15,1	-0,63	-0,32
Circunf. sul	25,8	36,7	43,1	4,7	12,85	-0,96	0,12
Altura norte	5,1	6,9	8,0	0,85	12,3	-0,38	-0,92
Altura sul	5,37	7,0	8,5	0,95	13,6	-0,31	-1,15

Legenda: pH norte; pH sul; Cálcio norte; Cálcio sul; Magnésio norte; Magnésio sul; Fósforo norte; Fósforo; H+Al; H+Al sul; Alumínio norte; Alumínio sul; S norte; S sul; T norte; T sul; V% norte; V% sul: Valores de pH do solo nas faces norte e sul. Teores de Ca^{+2} , Mg^{+2} , P, H+Al, Al^{+3} , S e T do solo nas faces norte e sul ($\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$). Saturação por bases do solo das faces norte e sul (%). P norte; P sul; K norte; K sul; Ca norte; Ca sul; Mg norte; Mg sul. Teores de nutrientes nas folhas de seringueira nas faces norte e sul (g kg^{-1}). Circunf. norte; Circunf. sul (centímetro); Altura norte; Altura sul (metros): medidas da circunferência a altura das plantas de seringueira nas faces norte e sul.

Tabela 15: Estatística descritiva dos atributos do solo e planta do clone RRIM.

Solo							
	Mínimo	Média	Máximo	Desv. Pad.	CV%	Assimetria	Curtose
pH norte	4,1	4,5	4,8	0,17	3,7	-0,57	-0,10
pH sul	4,5	5,0	5,4	0,19	3,96	-0,36	1,02
Cálcio norte	0,09	0,19	0,4	0,09	49,2	0,67	-0,86
Cálcio sul	0,4	1,2	2,0	0,40	32,6	-0,30	-0,39
Magnésio norte	0,23	0,52	1,34	0,28	54,8	1,52	1,66
Magnésio sul	0,18	0,86	2,0	0,44	50,8	0,39	0,40
Fósforo norte	0,17	1,71	2,9	0,7	41	-0,31	-0,67
Fósforo sul	0,09	0,56	1,96	0,40	70,8	1,95	4,32
H+Al norte	2,6	5,6	6,7	1,0	18,7	-1,17	1,22
H+Al sul	2,3	4,66	6,76	1,08	23,3	-0,23	-0,70
Alumínio norte	1,1	1,5	1,85	0,24	15,83	-0,53	-1,18
Alumínio sul	0,25	0,59	1,05	0,25	43,2	0,14	-1,46
S norte	0,45	0,83	1,75	0,35	42,3	1,32	0,79
S sul	0,77	2,2	3,73	0,74	33,6	0,06	-0,50
T norte	3,45	6,43	8,52	1,1	17,2	-0,78	1,04
T sul	4,5	6,9	9,0	1,21	17,7	-0,004	-0,99
V% norte	6,45	13,2	23,6	5,3	40	0,68	-1,02
V% sul	11,8	32,2	48,3	10,1	31,2	-0,05	-1,02
Planta							
	Mínimo	Média	Máximo	Desv. Pad.	CV%	Assimetria	Curtose
P norte	2,0	2,85	4,9	0,65	22,86	1,66	3,21
P sul	0,7	2,5	4,0	0,78	31,6	-0,12	-0,41
K norte	5,1	7,8	9,6	1,33	16,9	-0,67	-0,57
K sul	4,2	5,9	8,4	1,1	18,5	0,42	-0,46
Ca norte	6,4	12	25,9	4,5	37,2	1,75	2,90
Ca sul	1,0	12,4	20	4,8	39,6	-0,38	-0,54
Mg norte	3,45	6,34	12,4	2,34	36,8	0,82	0,15
Mg sul	1,0	5,3	9,0	1,96	37,1	0,05	-0,37
Circunf. norte	30,7	36,2	42,5	3,55	9,81	0,20	-1,25
Circunf. sul	30,7	35,2	43,1	3,53	10,0	0,64	-0,60
Altura norte	5,75	6,89	8,12	0,62	9,1	0,001	-0,62
Altura sul	5,87	6,65	8,1	0,54	8,1	0,98	0,56

Legenda: pH norte; pH sul; Cálcio norte; Cálcio sul; Magnésio norte; Magnésio sul; Fósforo norte; Fósforo; H+Al; H+Al sul; Alumínio norte; Alumínio sul; S norte; S sul; T norte; T sul; V% norte; V% sul: Valores de pH do solo nas faces norte e sul. Teores de Ca⁺², Mg⁺², P, H+Al, Al⁺³, S e T do solo nas faces norte e sul (cmol_c dm⁻³). Saturação por bases do solo das faces norte e sul (%). P norte; P sul; K norte; K sul; Ca norte; Ca sul; Mg norte; Mg sul. Teores de nutrientes nas folhas de seringueira nas faces norte e sul (g kg⁻¹). Circunf. norte; Circunf. sul (centímetro); Altura norte; Altura sul (metros): medidas da circunferência a altura das plantas de seringueira nas faces norte e sul.

Tabela 16: Estatística descritiva dos atributos do solo e planta do clone CDC.

CDC Sul							
	Mínimo	Média	Máximo	Desv. Pad.	CV%	Assimetria	Curtose
pH	4,2	4,8	5,6	0,38	8,0	0,38	-0,93
Cálcio	0,08	0,67	2,3	0,64	70	0,86	-0,27
Magnésio	0,17	0,83	2,1	0,47	57,4	0,72	0,34
Fósforo	0,24	1,0	1,88	0,49	48,6	0,31	-1,01
H+AL	0,99	4,0	6,1	1,28	31,5	-0,23	-0,43
Alumínio	0,3	1,07	2,0	0,59	55,5	0,02	-1,60
Valor S	0,33	1,6	4,58	1,09	68,2	0,82	0,06
Valor T	3,8	5,6	7,1	0,927	16,4	-0,40	-0,97
V%	7,9	28	32	19,3	68,3	0,97	0,38
Planta							
	Mínimo	Média	Máximo	Desv. Pad.	CV%	Assimetria	Curtose
P	1,4	2,7	3,6	0,51	19,1	-0,70	0,35
K	4,5	6,4	8,3	0,85	13,2	0,05	-0,10
Ca	8,1	16,8	27	6,0	35,8	0,14	-1,50
Mg	4,0	7,6	15,4	3,4	45,3	1,08	-0,17
Circunf.	12,5	38,2	49	8,9	23,5	-1,51	1,52
Altura	4,6	7,4	8,6	1,11	14,9	-1,09	0,08

Legenda: pH; Cálcio; Magnésio; Fósforo; H+Al; Alumínio; S; T; V%: Valores de pH do solo. Teores de Ca^{+2} , Mg^{+2} , P, H+Al, Al^{+3} , S e T do solo ($\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$). Saturação por bases do solo (%). P; K; Ca; Mg. Teores de nutrientes nas folhas de seringueira (g kg^{-1}). Circunf.: circunferência (centímetros) Altura: altura das plantas (metros).

3.5.5 Dependência Espacial (Semivariogramas)

Comparando os parâmetros dos semivariogramas dos dados coletados, pode-se ter uma ideia do efeito da diferença entre as faces no padrão de variabilidade espacial dos atributos químicos do solo e dos atributos das plantas. O resumo dos semivariogramas dos atributos avaliados é apresentado na Tabela 17 e os semivariogramas experimentais e os modelos ajustados nos apêndices a e b.

Através da análise dos semivariogramas, foi constatado que ocorreu dependência espacial permitindo o emprego da geoestatística, assim foi possível utilizar a krigagem para interpolar e gerar os mapas de variabilidade espacial.

Foram obtidos melhores ajustes dos atributos da planta e do solo com os modelos esférico e gaussiano. O mesmo padrão de ajuste com estes modelos foi relatado por (Souza et al., 2004; Siqueira et al., 2008, Vieira et al., 2012, Pelissari et al., 2014) que descrevem estes modelos como os que mais se ajustam aos padrões de solo e planta.

Em Seropédica – RJ, Silva et al. (2016) avaliaram a espacialização dos atributos químicos e físicos do solo em um sistema agroflorestal, os melhores ajustes para variabilidade espacial dos atributos pH, H+Al, Ca^{2+} , Al^{3+} e P do solo foram com o modelo exponencial e para o T foi o modelo gaussiano, o Mg^{2+} e o V% não apresentaram dependência, indicando que essas variáveis são espacialmente independentes. Ainda no mesmo estudo os atributos pH, H+Al, Ca^{2+} , Al^{3+} e P do solo apresentaram grau de dependência espacial moderado, enquanto que no presente estudo com exceção do valor T, que apresentou grau de

dependência fraco, o pH, H+Al, Ca²⁺, Al³⁺ e P do solo apresentaram forte grau de dependência espacial.

Ao se avaliar os valores dos alcances (a) na (Tabela 18), verifica-se que os atributos avaliados apresentaram valores de alcance elevados indicando eficácia do *gride* de amostragem na detecção da variação espacial desses atributos. Por meio dos valores de alcance também foi possível observar a variação espacial existente entre os atributos químicos em cada face de exposição.

A face norte por apresentar um maior percentual de degradação devido aos processos erosivos mais intensos, pode ter contribuído para reduzir o alcance de dependência espacial, caracterizando uma menor descontinuidade na distribuição das variáveis, na camada mais superficiais da área de estudo.

Os atributos do solo com maior dependência espacial (maior alcance) estão localizados na face sul (pH, Ca²⁺, Mg²⁺, S e V%). Em destaque para (P, Ca, Mg). Na face norte, o atributo do solo com maior dependência foi o P e os atributos de plantas foram K na folha e altura total. Os valores dos alcances (a) foram todos maiores que o espaçamento de coleta (20 m), sendo esse padrão um indicador de correlação entre os atributos do solo e da planta, possibilitando as interpolações (Oliveira et al. 2013; Vieira et al., 2007).

O alcance é um parâmetro importante na verificação da variabilidade dos atributos, uma vez que ele mostra a distância máxima até onde existe correlação espacial (Aubry & Debouzie, 2001). De acordo com Yamamoto (2001), o alcance reflete o grau de homogeneização entre unidades de amostra, ou seja, quanto maior o alcance, maior será a homogeneidade entre estas.

Os valores do efeito pepita dos atributos químicos do solo e das plantas (Tabela 18) indicaram que ocorre uma diferença entre as faces norte e sul. Apenas o pH e o T da face sul foram superiores aos da face norte, os demais atributos da face sul apresentaram um efeito pepita inferior a face norte. Para esses atributos a redução do efeito pepita é interessante do ponto de vista da acurácia da interpolação por krigagem ordinária.

O efeito pepita é um parâmetro muito importante para mostrar a dependência espacial de atributos do solo. De acordo com Isaaks & Srivastava (1989) a magnitude dos valores de efeito pepita é importante durante o processo de interpolação por krigagem, pois quanto maior for a diferença do efeito pepita em relação ao patamar, maior será a continuidade do fenômeno, menor a variância da estimativa e maior a confiança que se pode ter na estimativa para os locais não amostrados.

O efeito de práticas conservacionistas na qualidade do solo foi estudado por Mata (2012). No final do estudo verificou-se que após 1 ano de manejo do solo ocorreu um aumento do alcance e redução do efeito pepita para os atributos químicos do solo. A variabilidade dos atributos químicos do solo sob diferentes usos e manejo do solo foram avaliados por Cavalcante et al. (2007). Os sistemas de manejo que promovem o mínimo revolvimento do solo e a área de Cerrado apresentaram o menor efeito pepita e maior alcance em comparação ao sistema de preparo do solo convencional. Estes resultados reforçam o melhor estado de conservação do solo da face sul, devido ao menor estágio de degradação.

Ao avaliar o efeito pepita e o grau de dependência espacial dos atributos das duas faces, é possível ter uma noção do efeito da variabilidade espacial. Foi verificado que os atributos que apresentaram os menores valores de efeito pepita apresentaram os menores CV% e tiveram forte grau de dependência espacial mostrando a influência da variabilidade da paisagem nos atributos do solo e das plantas. Estes resultados são corroborados pelo estudo de Siqueira et al. (2008) que avaliaram a variabilidade espacial de atributos físicos do solo e descreveram que os atributos que apresentaram maiores CV% também apresentam maiores valores de efeito pepita indicando uma maior descontinuidade entre amostras.

Os atributos da planta, altura e circunferência, seguiram o mesmo padrão do efeito pepita descritos acima, a altura apresentou o menor CV% e consequentemente apresentou um menor efeito pepita, já a circunferência apresentou um maior valor de efeito pepita devido ao seu maior CV% (Tabela 17).

Tabela 17: Características dos semivariogramas dos atributos do solo e das plantas.

Atributo	Modelo	C ₀	C ₁	a	GDE	Classe
pH Sul	Gaussiano	0,05	0,115	140	0,3	Moderado
pH Norte	Esférico	0,01	0,049	47,4	0,2	Forte
Cálcio Sul	Gaussiano	0,18	0,52	170	0,26	Moderado
Cálcio Norte	Esférico	0,0	0,13	48,3	0,0	Forte
Magnésio Sul	Gaussiano	0,13	0,10	90	0,57	Moderado
Magnésio Norte	Esférico	0,023	0,202	48,3	0,1	Forte
Fósforo Sul	Esférico	0,2	0,10	50	0,66	Moderado
Fósforo Norte	Gaussiano	0,39	0,18	78	0,68	Moderado
H+AL Sul	Esférico	1,0	0,55	70	0,65	Moderado
H+AL Norte	Esférico	0,115	1,85	37,9	0,06	Forte
Alumínio Sul	Gaussiano	0,1	0,31	128	0,24	Forte
Alumínio Norte	Esférico	0,0	0,23	44,5	0,0	Forte
Valor S Sul	Gaussiano	0,50	0,89	128	0,36	Moderado
Valor S Norte	Esférico	0,272	0,35	48,3	0,44	Moderado
Valor T Sul	Esférico	1,0	0,28	35,8	0,78	Fraco
Valor T Norte	Esférico	1,0	0,34	36,9	0,75	Fraco
V% Sul	Esférico	98	170	166	0,36	Moderado
V% Norte	Exponencial	0,0	270,3	20,6	0,0	Forte
P_planta Sul	Gaussiano	0,6	0,26	120	0,70	Moderado
P_planta Norte	Esférico	0,0	1,55	63	0,28	Forte
K_planta Sul	Esférico	0,33	0,94	17	0,26	Forte
K_planta Norte	Esférico	0,8	0,75	90	0,52	Moderado
Ca _planta Sul	Gaussiano	20	15	60	0,57	Moderado
Ca _planta Norte	Gaussiano	2,43	11,5	43	0,17	Forte
Mg _planta Sul	Gaussiano	3,8	3,8	50	0,5	Moderado
Mg _planta Norte	Esférico	0,09	4,76	27,5	0,018	Forte
Circunferência Sul	Esférico	0,5	37,6	66,8	0,013	Forte
Circunferência Norte	Esférico	8,3	17,3	73	0,32	Moderado
Altura Sul	Esférico	0,01	0,79	66,4	0,012	Forte
Altura Norte	Esférico	0,16	0,43	99,8	0,27	Moderado

C₀ – Efeito Pepita, C₁ – Contribuição, a – alcance, GDE - Grau de Dependência Espacial, C₀ / (C₀+C₁).

3.5.6 Espacialização dos Atributos Químicos do Solo

A partir dos semivariogramas foram estimados os valores dos atributos em locais não amostrados e foram gerados, os mapas de distribuição espacial, dos atributos que apresentaram dependência espacial, nas duas faces de exposição (Tabela 14) a (Tabela 17), com exceção do K⁺ que apresentou efeito pepita puro. Motomiya et al. (2011) avaliaram a

dependência espacial de atributos químicos do solo, em áreas com cultivo de algodão, no Cerrado e não encontraram dependência espacial para K^+ , o que demonstra que o grau de dependência espacial dos atributos do solo pode variar em função da área e do manejo aos quais é submetida.

Segundo Cambardella et al. (1994), o efeito pepita indica que a variabilidade não foi explicada ou a variação não foi detectada, fato que pode ocorrer devido a erros de amostragem que não foram detectados no *gride* escolhido. Silva et al. (2016) avaliaram a variabilidade espacial de atributos químicos e físicos do solo em um sistema agroflorestal e os atributos Mg^{+2} e V% também apresentaram efeito pepita. Os autores relatam que o espaçamento da amostragem foi provavelmente outro fator que influenciou esse resultado, devido a distâncias entre os pontos de amostragem, uma vez que essa distância pode ter sido superestimada, contribuindo para a inexistência de dependência espacial.

Os mapas dos atributos químicos do solo apresentam a maior variabilidade de distribuição, este fato está de acordo com os elevados valores de coeficiente de variação (Tabelas 14 a 17), que apresentam estes atributos, indicando uma maior variação dos dados indicando heterogeneidade no solo da área.

A espacialização dos atributos pH, Ca^{+2} , Mg^{+2} e P da área de estudo, está indicada na Figura 7. A distribuição da variabilidade espacial do pH do solo apresentou grande variação entre as faces, sendo que na face sul ocorreu uma variabilidade mais homogênea e já na face norte uma variabilidade mais heterogênea. Nota-se na face sul, o predomínio de áreas com pH mais elevado.

O plantio do clone FX apresentou uma maior área com redução do pH, em relação a face norte. A maior acidez do solo nesta área pode ser justificada pela maior extração de nutrientes, principalmente Ca e Mg pelo clone FX reduzindo a concentração de cátions com caráter básico do solo. Outro fato importante que ocorre no solo das duas faces e que pode contribuir para a redução do pH do solo é que a face norte apresenta-se em maior estágio de degradação com remoção do horizonte A, em diversos pontos da área. A redução do pH do solo em parte da área sob o clone FX na face sul também pode ser um indicativo de que este clone seja mais exigente em melhores condições de solo como por exemplo teor de matéria orgânica, aeração e porosidade para que ocorra uma melhor extração de nutrientes do solo e crescimento da planta. Vieira et al. (2010) avaliaram a distribuição espacial do desenvolvimento da seringueira e verificaram que ocorreu estreita correlação com as áreas que possuíam menor densidade do solo e as maiores circunferências do caule da seringueira. Locais menos densos, em geral, proporcionaram maior perímetro do caule da seringueira.

O pH do solo sob o clone RRIM manteve-se com maior estabilidade na variação na face sul, a maior parte do pH esteve na faixa de 4,9 a 5,1. A face norte também apresentou estabilidade na variabilidade do pH sob o clone RRIM, entretanto ocorreu uma redução do pH onde um maior percentual da área apresentou pH na faixa de 4,5 a 4,7.

A área que não apresentou variabilidade do pH do solo, foi a área sob o plantio do clone FDR na face sul, toda a área apresentou pH na faixa entre 5,1 a 5,3. Na face norte, a área de plantio do clone FDR apresentou variabilidade no pH. Em relação a face sul, ocorreu redução dos valores do pH na face norte indicando maior acidez do solo. As diferenças verificadas no pH do solo sob o plantio do clone FDR e RRIM pode ser um indicativo do maior estágio de degradação da face norte.

A variabilidade do pH do solo sob o plantio do clone CDC na face sul revela um padrão de pH em faixas que abrange desde a mais baixa até a mais alta, essa variabilidade pode ser decorrência de uma aplicação de calagem de forma desuniforme na área.

Na face sul a variabilidade dos teores de Ca foram mais homogêneos, e foram observados os maiores teores deste elemento no solo. Na face norte ocorreu uma maior

variabilidade e predominância dos menores teores. Sob o plantio do clone FX, em ambas as faces, constatou-se predomínio de menores valores de Ca no solo (0,1 a 0,6 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$).

A área do clone RRIM nas duas faces apresentou uma variabilidade homogênea dos teores de Ca no solo. A diferença encontrada foi em relação aos teores. Na face sul ocorreu predomínio dos maiores teores (1,2 a 1,7 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$) e na face norte os menores teores (0,1 a 0,3 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$). Como ocorrido com o clone FX na face norte, o fluxo de água pode estar contribuindo para a redução dos teores de Ca do solo no plantio do clone RRIM na face norte, influenciado por sua maior degradação. A área sob o plantio do clone FDR na face sul não apresentou variabilidade nos teores de Ca. Os teores encontrados estavam na maior faixa (1,2 a 1,7 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$), porém na face norte percebe-se uma variabilidade espacial e uma redução destes onde são observadas as classes mais baixas.

A variabilidade dos teores de Mg do solo seguiram o mesmo padrão observado do pH e do Ca. A face sul foi mais uniforme na sua variabilidade em comparação a face norte. A face sul apresentou maior área com os intervalos mais altos para os teores de Mg do solo (1,2 a 1,4 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$), o contrário ocorreu na face norte.

O plantio do clone RRIM na face sul como na face norte apresentou uma baixa variabilidade nos teores de Mg do solo, entretanto a face sul apresentou teores de Mg superiores aos encontrados na face norte.

Ao se avaliar a variabilidade dos teores de Mg do solo sob o plantio do clone FDR notamos que o Mg do solo seguiu o mesmo padrão observado para os teores de Ca e pH do solo na face sul sob o plantio do mesmo clone, em que toda a área está inserida dentro de apenas uma classe para os teores de Mg. Quando se avalia os teores de Mg na área de plantio do clone FDR na face norte, verifica-se uma variabilidade juntamente com a redução nos teores.

Na face norte de acordo com índice topográfico de fluxo de umidade (ITU) (Figura 6) ocorre um maior fluxo de água, é possível verificar menores teores de Ca e Mg na parte superior da paisagem e um aumento dos teores nas partes mais baixas, indicando que o fluxo de água na paisagem está carregando esses nutrientes para as partes mais baixas. A influência do relevo na variabilidade dos atributos químicos do solo foi avaliada por Artur et al. (2014) e foi concluído que ocorria uma redução dos teores de Ca e Mg do microrelvo convexo e aumento dos teores nas áreas planas e côncavas, o autores atribuíram essa variação ao fluxo de água na pedofoma o que induziu à variabilidade espacial dos teores de Ca e Mg.

A redução dos teores de Ca e Mg na área de estudo também pode ser devido absorção desses nutrientes pelas plantas durante o seu crescimento. Pelissari et al. (2014) avaliaram a variabilidade espacial dos atributos químicos do solo em povoamento de *Tectona grandis* aos 2 e 9 anos de idade e verificaram a redução dos teores de Ca e Mg do solo ao longo do desenvolvimento da cultura.

A variabilidade dos teores de Ca e Mg do solo sob o plantio do clone CDC foi similar a do pH, em faixas que abrange desde a mais baixa até a mais alta. Como discutido anteriormente tanto a variabilidade do pH do solo como os teores de Ca e Mg podem ser decorrência de uma aplicação de calagem de forma desuniforme na área.

Na face sul a variabilidade dos teores de Ca e Mg do solo foram semelhantes a variabilidade encontrada para o pH do solo indicando que ocorre uma relação entre esses atributos do solo.

Os teores de P do solo foram baixos e ainda apresentaram uma baixa variabilidade espacial entre as faces. A face norte apresentou os maiores teores de P em quase toda a sua extensão. Pode-se verificar os maiores teores de P sob o plantio do clone RRIM nessa face. Já a face sul apresentou os menores teores de P. O plantio do clone FDR na face norte apresentou os menores teores de P do solo, ao analisar o mapa de variabilidade do pH do solo na face norte, constata-se que na área onde ocorreu uma elevação do pH do solo os teores de P

foram menores. A relação entre o aumento do pH e redução do teor de P do solo é um indicativo de que é preciso realizar a correção do pH do solo para que ocorra uma maior oferta de P para as plantas de seringueira. Santos (2015) estudando a influência dos atributos químicos do solo no crescimento da seringueira no estado do Espírito Santo encontrou uma correlação positiva entre os teores de P no solo e o crescimento em circunferência e altura das plantas.

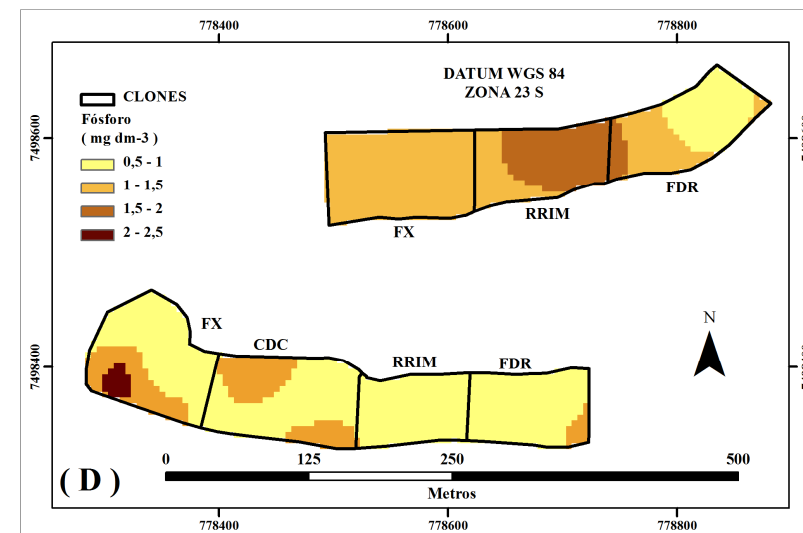
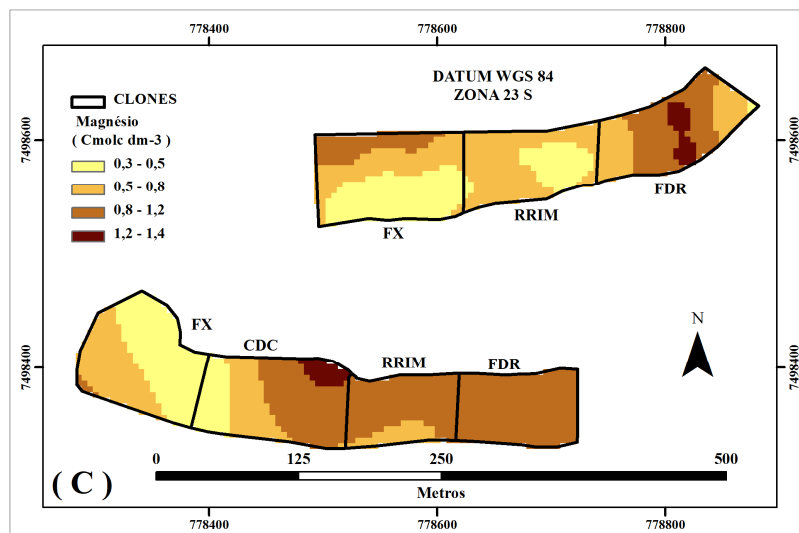
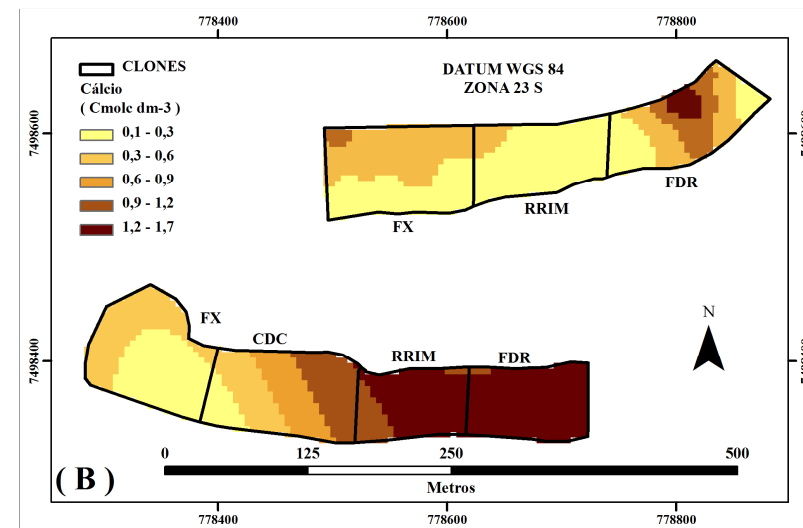
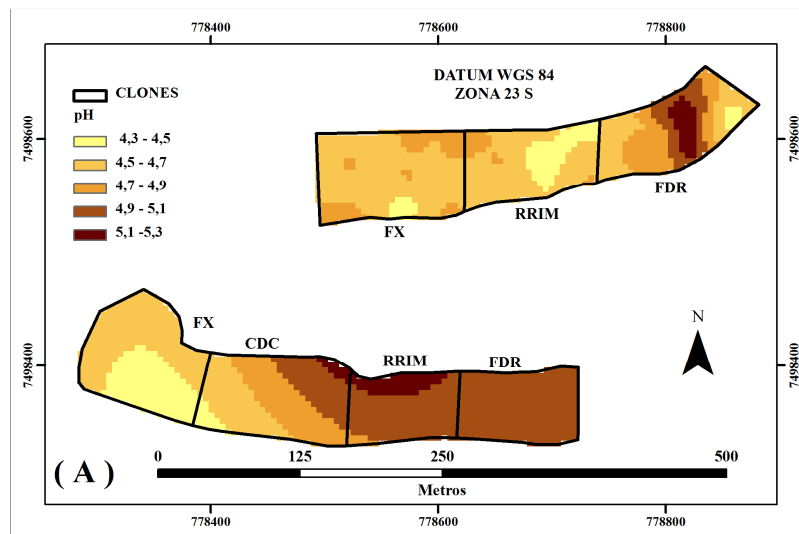


Figura 7. Mapa de pH (A), Ca^{+2} (B), Mg^{+2} (C) e P (D) do solo na prof. de 0 – 20 cm, em plantio de seringueira, nas faces Sul e Norte da paisagem.

A espacialização dos atributos H+Al, Al^{+3} , S e T da área de estudo está indicada na (Figura 8). Os teores de H+Al do solo dos plantios dos clones FX, CDC, RRIM e FDR apresentaram semelhança na face sul. Nos plantios da face sul ocorreu um predomínio de duas faixas de teores que foram de (3 a 4 $cmol_c dm^{-3}$) e (5 a 6 $cmol_c dm^{-3}$), somente o clone RRIM apresentou uma parcela da área com teores entre (6 a 7 $cmol_c dm^{-3}$). Na face norte ocorreu uma maior variabilidade dos teores de H+Al, o plantio do clone FDR foi o único que apresentou uma maior parcela da área com menores teores de H+Al (1 a 2 $cmol_c dm^{-3}$), como ocorrido com os teores de P. Essa área onde ocorre os menores teores de H+Al também coincide com a área que apresenta os valores mais elevados do pH do solo.

Os teores de Al^{+3} do solo na face norte apresentaram um padrão de variabilidade espacial análogo aos teores de H+Al, a face sul apresentou um padrão mais homogêneo de variabilidade e a face norte foi verificado uma maior variabilidade nos teores de Al^{+3} . Nota-se que na face sul, a variabilidade dos teores de Al^{+3} foi semelhante à variabilidade apresentada pelo pH do solo nessa face (Figura 7), a redução dos teores de Al^{+3} proporciona a elevação do pH do solo.

Na face sul o solo sob o plantio do clone FX apresentou menor variabilidade nos teores de Al^{+3} . Na face sul, o clone FX apresentou os maiores teores de Al^{+3} . Os maiores teores de Al^{+3} no solo, coincidem com as áreas do mesmo clone que apresentaram os menores valores de pH, Ca e Mg do clone FX (Figura 7). No plantio do clone FX na face norte é possível notar uma maior variabilidade dos teores de Al^{+3} . Em comparação a face sul, ocorre uma redução dos altos teores de Al^{+3} e surgem pontos com os menores teores detectados na área.

As áreas dos plantios dos clones RRIM e FDR da face sul praticamente apresentaram os mesmos teores de Al^{+3} e a mesma variabilidade espacial. Na face norte a áreas do clone RRIM apresentou baixa variabilidade, porém ocorreu um acréscimo significativo dos teores de Al^{+3} . Na área do clone FDR na face norte apresentou alta variabilidade dos teores de Al^{+3} com altos e baixos teores de Al^{+3} .

A variabilidade dos teores de Al^{+3} do solo sob o plantio do clone CDC foi similar à do pH, Ca e Mg. Foi verificada uma espacialização seguindo um padrão em faixas que abrange desde a mais baixa até a mais alta, a semelhança de variabilidade pode ser um indicativo de aplicação de calcário de forma desuniforme na área.

A soma de bases (S) na face sul apresentou uma variabilidade bastante uniforme entre os plantios dos clones. As áreas dos clones RRIM e FDR apresentaram apenas uma única classe (2 a 2,5 $cmol_c dm^{-3}$) e a áreas do clone FX também apresentaram uma única classe, sendo a menor (0,1 a 0,5 $cmol_c dm^{-3}$). A área do clone FX apresentou menor soma de bases na face sul em comparação com a face norte. Pode-se associar este fato a uma maior absorção na face sul. As áreas dos clones RRIM e FDR também apresentaram maiores valores da soma de bases na face sul, isso demonstra que os clones tiveram maior disponibilidade de nutrientes na face sul decorrente do melhor estado de conservação do solo nessa face, os clones RRIM e FDR demonstram ter uma menor capacidade de extração de nutrientes do que o clone FX.

Em ambas as faces ocorreram uma uniformidade da variabilidade espacial do valor T do solo. Na face sul nota-se os menores e os maiores valores do valor T do solo. Os menores valores na face sul predominam sob o plantio do clone FX quando comparado aos demais clones.

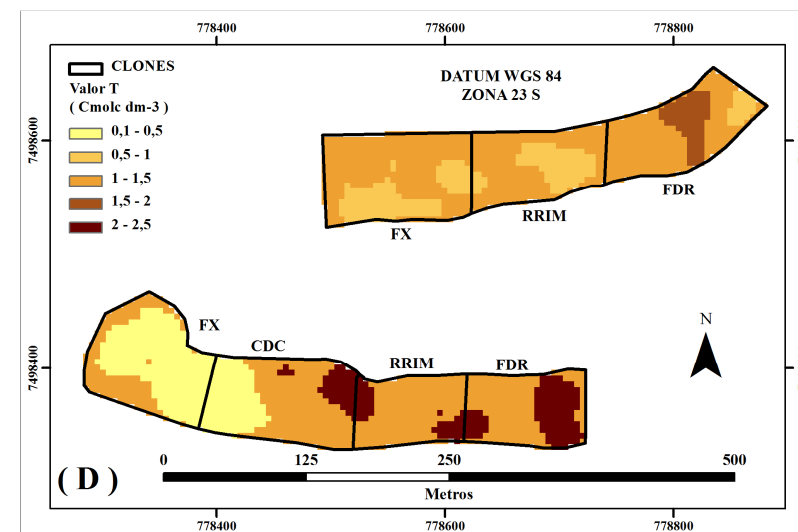
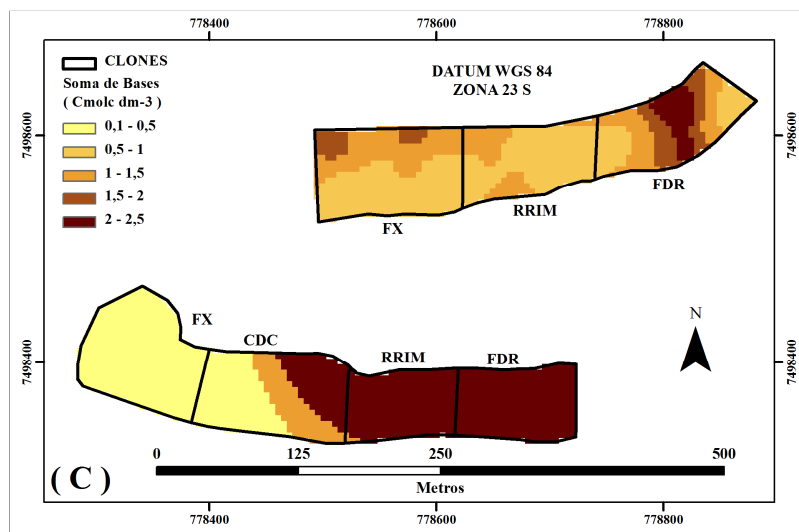
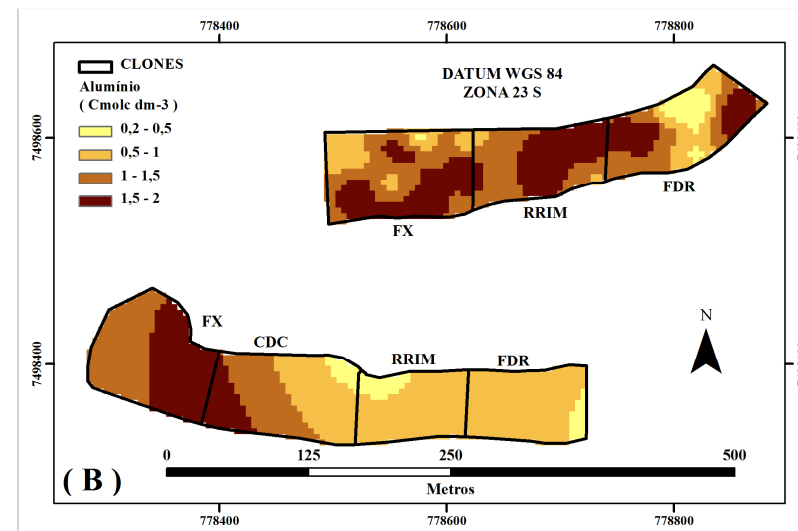
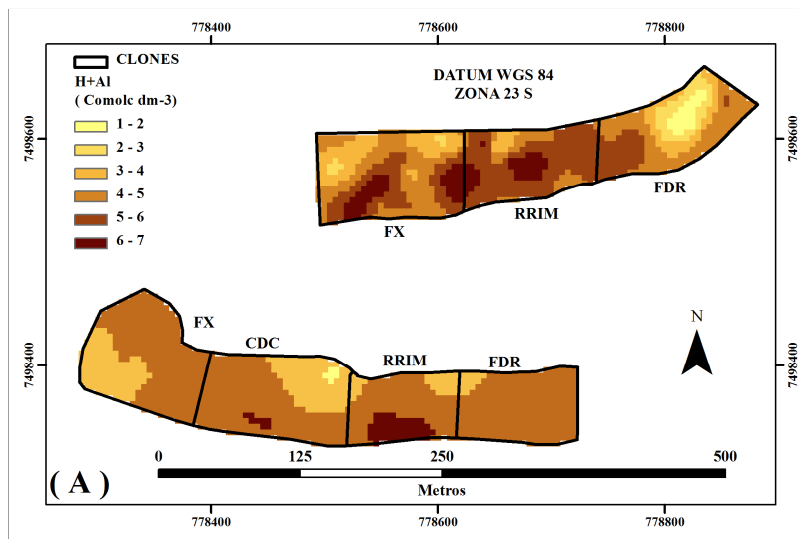


Figura 8. Mapa de Ac. Potencial (A), Al^{+3} (B), Valor S (C) e Valor T (D) do solo na prof. de 0 – 20 cm, em plantio de seringueira, nas faces Sul e Norte da paisagem.

A variabilidade do V% do solo confirmou a diferença entre os atributos químicos que ocorrem entre as faces (Figura 9). Grande percentagem da face norte possui saturação por bases até 20%, já a face sul apresentou grande parte da área com V% acima de 30%. Ao se analisar a variabilidade do V% de ambas as áreas, é possível observar que grande parte dos plantios estão com V% abaixo de 50%, com exceção dos plantios dos clones CDC na face sul e FDR na face norte que apresentaram um percentual que compreendem valores de V% entre 50 e 60%. De acordo com Domingues (1994) e Roque et al., (2005) plantios de seringueira com V% do solo em torno de 50 a 60% apresentam um maior incremento anual de circunferência do tronco.

Na face sul a variabilidade do V% foi similar a encontrada para o Al^{3+} , pH e S na mesma face, reforçando o conceito da influência desses atributos no V% do solo.

A área do clone FX apresentou um V% uniforme em ambas as faces. As áreas dos clone RRIM e FDR apresentaram uma redução no V% na face norte. Dentre as áreas avaliadas a do clone FX foi o que apresentou os menores valores de V% na face sul. O menor V% do solo sob o plantio do clone FX indica que este clone possui maior capacidade de extração de nutrientes do solo.

A variabilidade do V% do solo sob o plantio do clone CDC foi similar à do pH, Ca, Mg e S. Em todos os atributos químicos avaliados, foi verificada uma espacialização seguindo o mesmo padrão em faixas que abrange desde a mais baixa até a mais alta, a semelhança de variabilidade dos atributos como discutido pode ser um indicativo de aplicação de calcário na área de forma desuniforme na área.

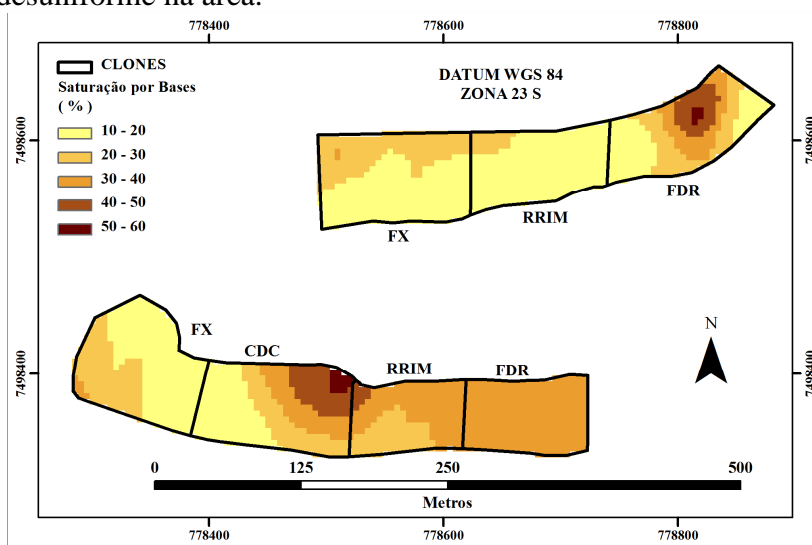


Figura 9. Mapa de V% do solo na prof. de 0 – 20 cm, nas faces Sul e Norte da paisagem

Os mapas de espacialização dos atributos químicos do solo mostraram um bom ajuste da predição dos atributos nas faces norte e sul, onde o pH do solo estava mais elevado foi constatado maiores teores de Ca e Mg e redução dos teores de Al^{3+} . Os mapas de S e V% gerados apresentaram os maiores valores coincidindo com as áreas com os maiores teores de Ca e Mg e pH mais elevado.

A redução do pH ocorre com aumento de íons Al^{3+} presentes na solução do solo, que pode ocorrer pela liberação do material de origem, absorção de nutrientes pelas culturas ou lixiviação de cátions de caráter básicos como Ca^{2+} e Mg^{2+} , aplicação de corretivos como a prática de calagem que reduz o Al^{3+} e fornece Ca^{2+} e Mg^{2+} , elevando o valor S e V% melhorando a disponibilidade de alguns nutrientes para plantas e a atividade de microrganismos (Sousa et al., 2007).

A face norte por apresentar maior estágio de degradação em relação a face sul com maior presença e estágio de evolução de erosão laminar e em sulcos ocasionando um maior arraste e degradação dos horizontes superficiais do solo nessa face. A remoção dos horizontes superficiais ocasiona uma redução da fertilidade o que pode explicar as diferenças entre as faces. A face sul por apresentar um menor grau de degradação apresentou melhores teores de nutrientes e uma variabilidade mais homogênea favorecendo uma melhor qualidade desta área.

3.5.7 Espacialização dos Teores de Nutrientes nas Folhas

Os mapas de distribuição espacial, dos teores de nutrientes nas folhas que apresentaram dependência espacial, nas duas faces de exposição, com exceção do N que não apresentou dependência espacial estão indicados na Figura 10.

De acordo com Cambardella et al. (1994) e Silva et al. (2016) o N na folha não apresentou dependência espacial devido a erros de amostragem que podem ter sido influenciados pelo espaçamento adotado na coleta das amostras.

Os teores de P nas folhas dos clones de seringueira foram homogêneos em relação a variabilidade espacial nas duas faces. Na face sul não ocorreu variabilidade nos teores de P nas folhas. De acordo com os níveis de referência dos teores de nutrientes nas folhas elaborados por Malavolta et al. (1997) para o diagnóstico do estado nutricional para a seringueira, os clones implantados na face sul estão com os teores de P acima dos níveis considerados adequados, os valores de referência são na faixa de 1,6 a 2,3 g kg⁻¹. Na face norte os clones apresentaram uma redução nos teores de P nas folhas, os teores de P estão abaixo da faixa de suficiência para a cultura.

A área do clone FX na face norte, ao contrário do que foi observado na face sul, apresentou variabilidade nos teores de P nas folhas, somente uma pequena percentagem da área manteve os teores mais elevados de P e o restante da área apresentou teores de P nas faixas entre 2 a 4 g kg⁻¹ e 4 a 6 g kg⁻¹. As áreas dos clones RRIM e FDR apresentaram uniformidade nos teores de P e não apresentaram variabilidade, mas foi observada redução nos teores de P nas folhas. Os teores de P acima dos níveis considerados adequados na literatura na face sul pode ocasionar um desequilíbrio nutricional prejudicando o metabolismo da planta o que ocasiona prejuízos no crescimento e produção da planta.

Os teores de K apresentaram variabilidade na área de estudo. Os teores de K das áreas dos clones FX e FDR na face norte foram superiores aos mesmos clones da face sul. O clone RRIM apresentou diferença nos teores de K entre as faces. Na face norte, em grande parte da área apresentou teores de K superiores a face sul.

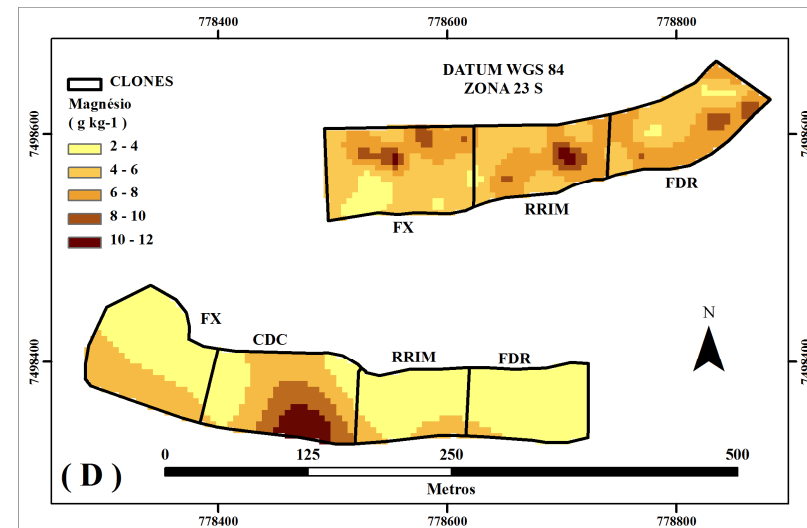
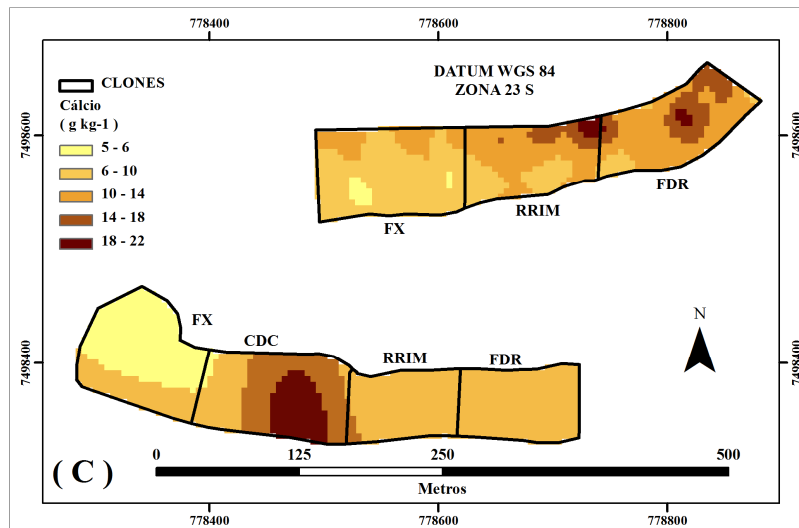
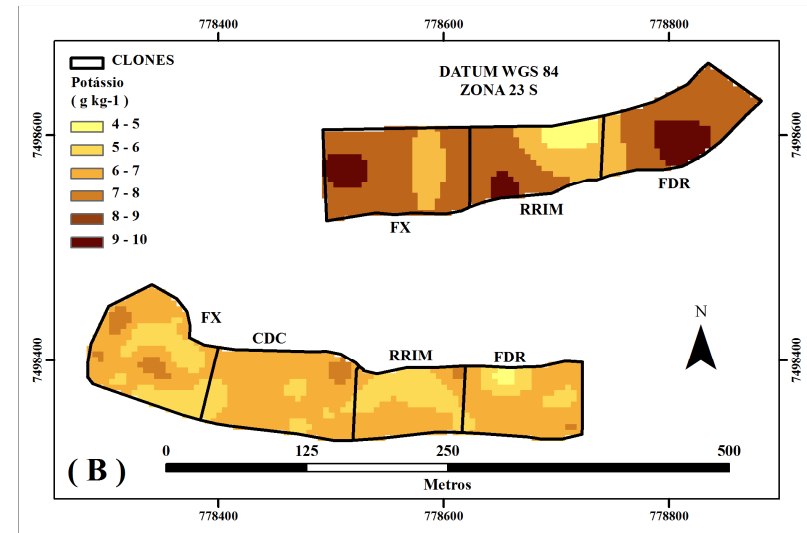
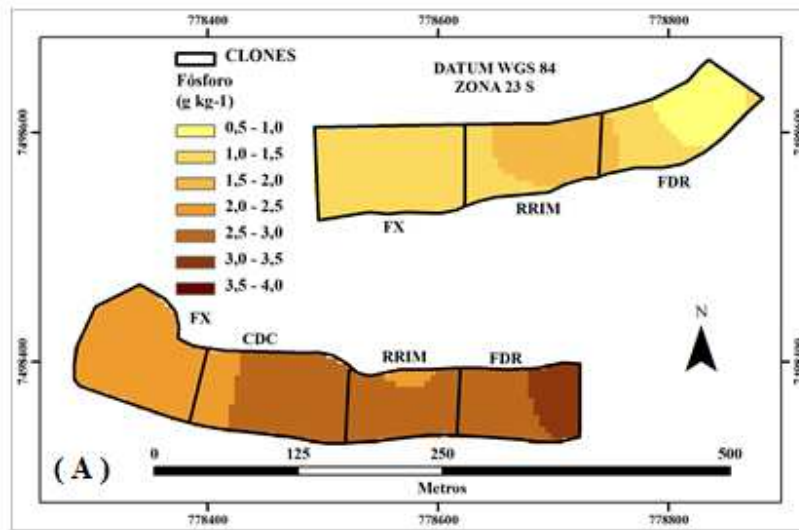


Figura 10. Mapa de P (B), K (B), Ca (C) e Mg (D) das folhas em plantio de seringueira, nas faces Sul e Norte da paisagem.

Apenas uma pequena parcela de plantas da face norte tiveram teores de K inferiores ao plantio da face sul.

Os valores de referência de K estabelecidos por Malavolta et al., (1997) estão entre 10 a 14 g kg⁻¹. Nota-se que todas as plantas da face sul e uma grande parte da face norte estão com teores de K abaixo do ideal para a cultura o que pode afetar a produção de látex. Bataglia et al. (1988), ao avaliarem o estado nutricional de 40 seringais em produção, em diversas regiões do estado de São Paulo, constataram que os seringais que apresentavam as produtividades mais elevadas tinham níveis mais altos de K nas folhas.

Os clones localizados na face norte da área de plantio apresentaram teores de Ca nas folhas superiores aos valores de referência (7,6 a 8,2 g kg⁻¹) estabelecidos por Malavolta et al. (1997). Na face sul somente as plantas do clone FX apresentaram deficiência de Ca, a deficiência é resultado da baixa concentração de Ca no solo sob o plantio do clone FX na face sul como pode ser observado na (Figura 7), a baixa concentração de Ca revela que a aplicação de Ca ao solo não está sendo suficiente para nutrir o clone em níveis adequados.

Os teores de Mg nas folhas das plantas de seringueira apresentaram uma maior variabilidade espacial na face norte quando comparado aos teores de P, K e Ca. Na face sul percebe-se uma variabilidade mais homogênea nos teores de Mg. Não foi observada deficiência de Mg na área, todos os clones apresentaram teores de Mg próximos ou acima de 1,7 a 2,4 g kg⁻¹ que foi a faixa considerada ideal para os teores de Mg segundo Malavolta et al., (1997).

Os clones FX, RRIM e FDR na face sul foram os clones que apresentaram teores de Mg mais próximos do valor considerado ideal para a cultura, indicando um melhor balanço nutricional, o que pode levar as plantas a ter um melhor crescimento. Os teores de Mg na face norte foram superiores ao valor de referência, os maiores teores de Mg pode ocasionar um desbalanço nutricional e prejudicar o crescimento e a produtividade das plantas.

3.5.8 Espacialização do Crescimento dos Clones

O crescimento das plantas representado pela circunferência do tronco e altura apresentou padrões de variabilidade diferentes entre as faces (Figura 11). Na comparação dos mapas de crescimento das plantas nas duas faces, com os atributos químicos do solo, é possível notar que os mapas de crescimento são mais homogêneos na variabilidade do que os atributos químicos.

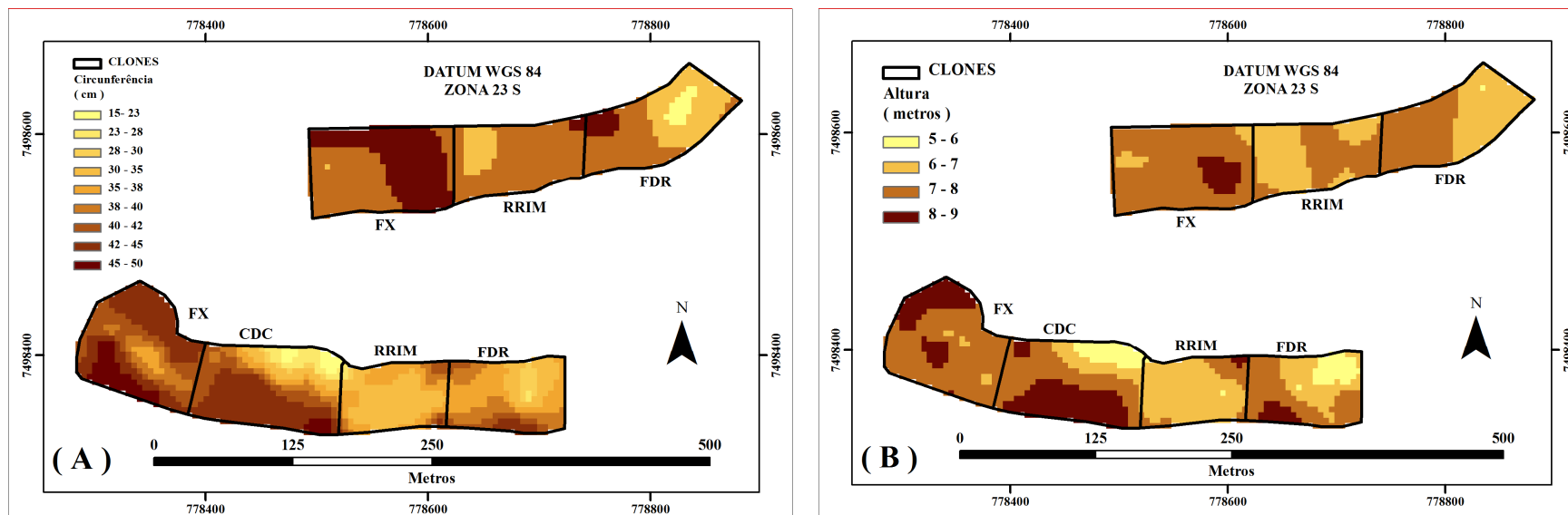


Figura 11. Mapa de Circunferência do tronco (A) e Altura Total (B) das plantas de seringueira, nas faces Sul e Norte da paisagem.

De acordo com Vieira et al. (2012) que avaliaram a relação da variabilidade espacial das características de crescimento de seringueira e atributos do solo, os atributos relacionados as plantas apresentaram maior homogeneidade que os atributos do solo. Os autores relatam que isso ocorre porque a variabilidade espacial das características de crescimento é resultado da integração de uma série de fatores (edáficos, planta e atmosfera), enquanto os atributos do solo (físicos e químicos) são mais suscetíveis ao tipo de manejo praticado.

A variabilidade espacial da circunferência das plantas apresentou diferença entre as faces na área de estudo. A face norte apresentou uma variabilidade mais uniforme nos plantios dos clones, já a face sul teve uma variabilidade mais descontínua na circunferência dos clones. O clone FX teve a maior circunferência entre os clones implantados na área, em ambas as faces o clone FX apresentou semelhança na circunferência das plantas com valores de circunferência entre os intervalos de 40 a 50 cm. O clone CDC também apresentou um percentual da área com plantas que apresentaram circunferência acima de 40 cm.

Na face norte ocorreu uma redução do percentual de plantas do clone FX com circunferência entre 45 e 50 cm. O clone RRIM, na face norte, apresentou um aumento significativo na circunferência das plantas em comparação na face sul. As plantas do clone FDR na face norte apresentaram um incremento em uma parcela das plantas em determinada porção da área e uma redução na circunferência das plantas em outra parte.

No geral verifica-se que o clone FX em ambas as faces teve o maior crescimento da circunferência, seguido pelo clone CDC na face sul. O aumento da circunferência desses dois clones em relação aos demais é um indicativo de que estão mais aptos para o início da exploração do látex em um menor período de tempo após a implantação do povoamento.

Uma área mais homogênea em relação à circunferência indica que um maior número de árvores está apto para exploração no mesmo período, resultando em maior produção de látex e reduzindo o tempo gasto para a coleta, uma vez que o produtor não precisaria se deslocar muito para encontrar as árvores que já estão produzindo. De acordo com Vieira et al. (2012) isso é importante, uma vez que um maior número de plantas com maiores diâmetros apresentam um maior painel de exploração de látex. Roque et al. (2006) realizaram o mapeamento da produtividade e perímetro do tronco de clones de seringueira em Argissolo vermelho amarelo e concluíram que a circunferência influenciou na produtividade e a variabilidade espacial da produtividade esteve relacionada com a circunferência do tronco. Virgens Filho et al. (2007) relatam que a maior circunferência não resulta em maior produção de látex, sendo que a produção está relacionada com uma interação do clone e as condições edafoclimáticas.

Na face norte ocorreu um predomínio de alturas de plantas entre 6 a 8 metros, com exceção do clone FX que apresentou uma pequena parcela da área com altura variando entre 8 a 9 metros. A face sul apresentou uma maior variabilidade na altura das plantas. O clone FX apresentou uma percentagem de aumento na altura das plantas, o clone CDC teve um comportamento antagônico em relação à altura, na área verifica-se plantas que pertencem a maior e a menor classe de altura.

Os clones RRIM e FDR apresentaram uma redução na altura das plantas na face sul, similar a circunferência, os clones FX e CDC também tiveram maior crescimento em altura das plantas em comparação aos demais clones.

3.6 CONCLUSÕES

A área de estudo apresentou variabilidade espacial dos atributos químicos do solo e esta influenciou na variabilidade do estado nutricional e no crescimento dos clones.

A circunferência de tronco e altura da seringueira apresentaram maior estabilidade espacial do que os atributos químicos do solo, que apresentam maior vulnerabilidade as práticas de manejo e às características do solo.

A geoestatística possibilita orientar o plantio e o manejo da seringueira fornecendo subsídios para um manejo mais eficiente e econômico da adubação.

4 CAPÍTULO II

RESPOSTA DO CLONE FX 3864 DE SERINGUEIRA A ADUBAÇÃO DE PLANTIO

4.1 RESUMO

A exigência na absorção de macronutrientes da seringueira, somada à maioria de seus plantios em terras com baixa fertilidade natural, evidenciam a importância das adubações de plantio. O objetivo desse estudo foi avaliar o crescimento, acúmulo de massa seca de raiz e parte aérea e o estado nutricional da fase inicial de cultivo da seringueira, em diferentes combinações de doses de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K). As mudas do clone de seringueira FX 3864 foram produzidas via enxertia no Centro Estadual de Pesquisa em Agroflorestas (CEPA) da Empresa de Pesquisa Agropecuária do Estado do Rio de Janeiro (Pesagro) localizada no Município de Silva Jardim, RJ. Foram testadas as combinações das seguintes doses: (0, 20, 40 e 80 kg de N ha⁻¹), (0, 50, 100 e 200 kg de P₂O₅ ha⁻¹) e (0, 25, 50 100 kg de K₂O ha⁻¹) em esquema fatorial com três repetições para cada combinação resultando em 192 amostras. As plantas foram cultivadas em vasos plásticos com capacidade para 12 litros nos quais foram adicionados 10 kg de solo. O experimento de adubação foi conduzido em casa de vegetação, durante 150 dias, na área experimental do Instituto de Agronomia da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. A dose N, P e K (80-50-50) foi a que as plantas apresentaram os maiores teores de N nas folhas. Quanto aos teores de P, foi a dose (20-100-0) e para o K foi à dose aplicada que as plantas apresentaram os maiores teores de P nas folhas e a dose NPK (20-50-100) foi à dose que as plantas apresentaram os maiores teores de K nas folhas. Os resultados da análise foliar demonstram que as adubações nitrogenadas e fosfatadas de plantio estão suprindo adequadamente as necessidades da cultura, enquanto as doses de potássio testadas não atingiram os níveis adequados de suficiência para a seringueira.

Palavras-chave: *Hevea brasiliensis*, nutrição de plantas, biomassa aérea, biomassa radicular.

4.2 ABSTRACT

The requirement for the absorption of macronutrients from the rubber tree, together with most of their plantations on lands with low natural fertility, evidences the importance of planting fertilization. The objective of this study was to evaluate the growth, root and shoot dry mass accumulation and nutritional status of the initial stage of rubber tree cultivation in different combinations of nitrogen (N), phosphorus (P) and potassium (K). The seedlings of the FX 3864 rubber clone were produced by grafting at the State Center for Research in Agroforestry (CEPA) of the Agricultural Research Company of the State of Rio de Janeiro (Pesagro) located in the Municipality of Silva Jardim, RJ. Combinations of the following doses were tested: (0, 20, 40 and 80 kg of N ha⁻¹), (0, 50, 100 and 200 kg of P₂O₅ ha⁻¹) and (0, 25, 50, 100 kg K₂O ha⁻¹) in a factorial scheme with three replicates for each combination resulting in 192 samples. The plants were grown in plastic pots with a capacity of 12 liters in which 10 kg of soil were added. The fertilization experiment was conducted in a greenhouse for 150 days in the experimental area of the Agronomy Institute of the Federal Rural University of Rio de Janeiro. The dose N, P and K (80-50-50) was the plants with the highest N contents in the leaves. As for the P content, the dose (20-100-0) and for the K applied to the applied dose showed that the plants had the highest levels of P in the leaves and the dose NPK (20-50-100) was at the dose that the plants had the highest levels of K in the leaves. The results of the foliar analysis show that nitrogen fertilization and phosphatic fertilization are adequately meeting crop needs, while the potassium doses tested did not reach adequate levels of sufficiency for the rubber tree.

Keywords: : *Hevea brasiliensis*, plant nutrition, aerial biomass, root biomass.

4.3 INTRODUÇÃO

O Brasil responde por aproximadamente 1% da produção mundial de borracha natural, porém apesar dessa pequena contribuição, o setor tem grande importância no país, o que é confirmado pela presença de inúmeras indústrias de transformação da borracha, especialmente a pneumática, e por uma demanda que ainda está longe de ser atendida pela produção nacional (Rodrigues & Costa, 2009; Gonçalves et al., 2010; Barreto et al., 2016). Segundo Sampaio Filho et al. (2006) a projeção de consumo da borracha natural no Brasil, até o ano de 2030, pode chegar próximo de 1 milhão de toneladas.

A exigência contínua na absorção de macronutrientes da seringueira (*Hevea brasiliensis*), somada à maioria de seu plantio em terras com baixa fertilidade natural, evidenciam a importância das adubações de correção e manutenção via fertilizantes nas diversas fases de desenvolvimento da cultura (Gonçalves et al., 2010; Damrongrak et al., 2015). Segundo Cavalcante & Conforto (2013) o uso rotineiro da análise do solo e a avaliação do estado nutricional das folhas da seringueira, constitui um subsídio importante para a identificação dos fatores nutricionais limitantes da produtividade.

Desta forma, o bom desenvolvimento da seringueira no campo, após o transplante, depende muito do seu estado nutricional (Cavalcante & Conforto, 2013), pois com os contínuos lançamentos de novas folhas, as plantas necessitam absorver nutrientes essenciais para o crescimento e seu desenvolvimento (Furlani Junior et al., 2005).

Sendo assim, uma recomendação de fertilizante adequada nas fases iniciais do cultivo da seringueira, auxiliará na produção de plantas com alto vigor e produtividade (Salisu & Daud, 2016). No entanto, fazendo uma análise na literatura, percebe-se que são escassos os trabalhos que detalham a questão da adubação e nutrição da seringueira no Brasil (Murbach et al., 2003; Correia et al., 2017), principalmente na sua fase inicial.

Desta forma, o objetivo deste trabalho foi avaliar sob condições de experimentação em vasos, o crescimento, acúmulo de massa seca de raiz e parte aérea e estado nutricional da fase inicial de cultivo da seringueira, cultivadas com diferentes combinações de doses de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K).

4.4 MATERIAL E MÉTODOS

4.4.1 Localização e Caracterização da Experimento

O experimento de adubação foi conduzido em estufa, durante o período compreendido entre 25 de Julho de 2015 a 10 de janeiro de 2016, na área experimental do Instituto de Agronomia da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, no município de Seropédica, estado do Rio de Janeiro, situado em torno das coordenadas geográficas 22° 44' 38" S e 43° 42' 27" O, em uma altitude média de 30 m acima do nível do mar (Figura 12).

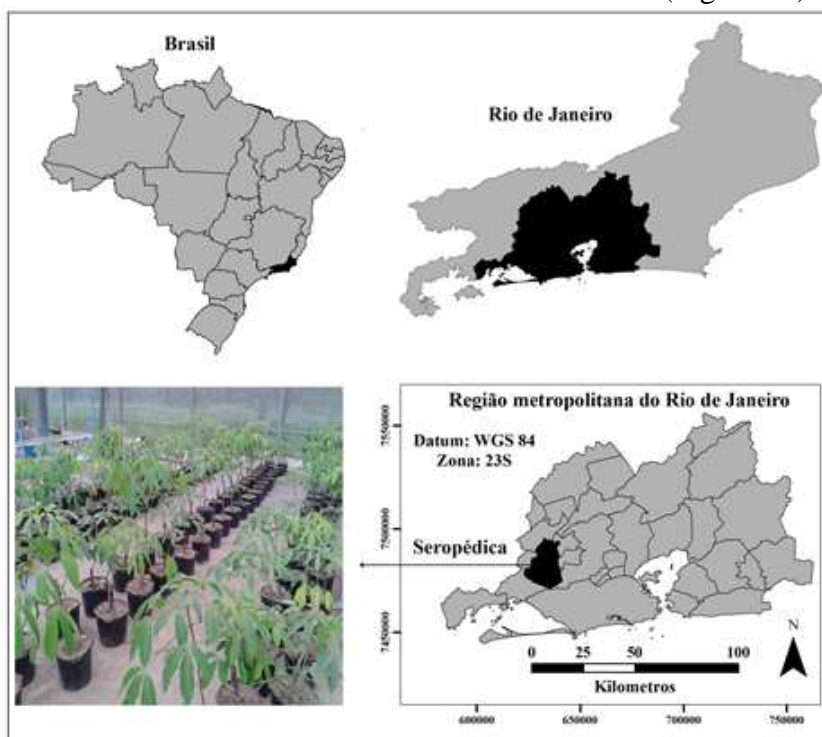


Figura 12. Localização do município de Seropédica, RJ.

4.4.2 Clima

O clima de Seropédica, segundo a classificação de Köppen (Setzer, 1946), enquadra-se no tipo Aw, clima tropical com estação seca de inverno. A média pluviométrica anual é de aproximadamente 1300 mm e a temperatura varia de 17°C (média das temperaturas mínimas entre junho e julho) a 32°C (média das máximas entre os meses de janeiro e março).

4.4.3 Experimento de Adubação de Plantio

As mudas do clone de seringueira FX 3864 foram produzidas via enxertia no Centro Estadual de Pesquisa em Agroflorestas (CEPA) da Empresa de Pesquisa Agropecuária do Estado do Rio de Janeiro (Pesagro) localizada no Município de Silva Jardim, RJ. No experimento de adubação foram testadas as combinações das seguintes doses N-P-K: (0, 20, 40 e 80 kg ha⁻¹ de N), (0, 50, 100 e 200 kg ha⁻¹ de P₂O₅) e (0, 25, 50 e 100 kg ha⁻¹ de K₂O) que foram homogeneizadas junto com o solo antes do plantio das mudas, foram usados como fonte de N, P e K os adubos, sulfato de amônio, superfosfato simples e cloreto de potássio. O experimento foi montado em delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial com 3 repetições, cada unidade experimental foi composta por uma planta de seringueira com 36 meses de idade com média de altura de 51 cm por tratamento, totalizando 192 amostras.

As combinações das doses de adubação N-P-K foram aplicadas ao solo de cada vaso e posteriormente foi homogeneizada para posterior plantio das mudas.

As plantas foram cultivadas em vasos plásticos com capacidade para 12 litros nos quais foram adicionados 10 kg de solo (Figura 13).



Figura 13. Mudanças de seringueira na área da UFRRJ.

O solo utilizado para o enchimento dos vasos foi a camada de 0-20 cm de um Argissolo Vermelho Amarelo (Embrapa, 2006). Conforme indicado no Capítulo I, a escolha do Argissolo para o enchimento dos vasos para o experimento de adubação foi devido ao fato do predomínio deste solo na maioria das áreas com aptidão para cultivo da seringueira no estado. Os atributos químicos e físicos do solo estão indicados na (Tabela 18).

Tabela 18: Atributos químicos e físicos do solo antes da adubação.

pH	P	Ca ⁺²	Mg ⁺²	Al ⁺³	Na ⁺	K ⁺	H+Al	S	T	V	C	Argila	Silte	Areia
H ₂ O	mg dm ⁻³	cmol _c dm ⁻³						%			g kg ⁻¹			
5,0	5,3	1,2	1,6	0,2	0,0	0,2	4,0	2,9	6,9	42,5	15,3	280	220	500

4.4.4 Avaliações Realizadas

a) Avaliação do Crescimento

Após a instalação do experimento, mensalmente, até 150 dias foram avaliados a altura da planta com auxílio de uma fita métrica e o diâmetro do broto logo acima do ponto de enxertia, com auxílio de um paquímetro digital.

b) Acúmulo de Massa Seca e Avaliação do Estado Nutricional

Ao final de 165 dias as plantas foram coletadas e levadas para o laboratório, onde foram segmentadas em raiz, caule e folhas. As amostras foram colocadas em estufa de circulação de ar forçada, a 65°C, até atingirem peso constante. Após a secagem, as amostras foram pesadas para a obtenção da massa seca da raiz, caule e folha. Para a avaliação do estado nutricional das mudas, as folhas foram moídas em moinho tipo Willey. A determinação dos teores de N foi realizada através do método de determinação por via seca (Método Dumas) em

aparelho analisador de N (*Rapid N*) marca *Elementar*. Para a determinação dos teores de P e K foi utilizado o método de digestão nítrico-perclórica, de acordo com Malavolta et al. (1997).

4.4.5 Análises Estatísticas

Os resultados foram submetidos à análise de normalidade da distribuição dos erros (teste de Lilliefors) e homogeneidade das variâncias dos erros (teste de Cochran). Atendendo as pressuposições de normalidade e de homogeneidade os valores médios foram comparados por meio do teste de Tukey a 5% de probabilidade.

4.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.5.1 Massa Seca de Raiz

Não ocorreu interação significativa entre as combinações das doses de N, P e K aplicadas para a variável massa seca de raiz. A massa seca de raiz apresentou diferença apenas para as doses de N (Figura 14). O maior valor foi na ausência de N (0 kg ha⁻¹ de N). Atribui-se esse resultado, ao maior investimento da planta em raízes para explorar o N do solo e suprir assim sua deficiência.

Também pode-se afirmar que na presença de N fertilizante, a planta investe menos no crescimento radicular, tendo em vista que já tem o suprimento deste nutriente de forma mais fácil e disponível, esse padrão é característico de plantas de seringueira. Segundo Pereira et al. (1998) o sistema radicular da seringueira sob condições de estresse hídrico e/ou nutricional investe na produção de grande volume de raízes para explorar água e nutrientes em camadas mais subsuperficiais. Esse fato possibilita à seringueira explorar um maior volume de solo, aproveitando nutrientes localizados em camadas mais profundas, proporcionando um maior benefício à cultura (Pereira et al., 1998).

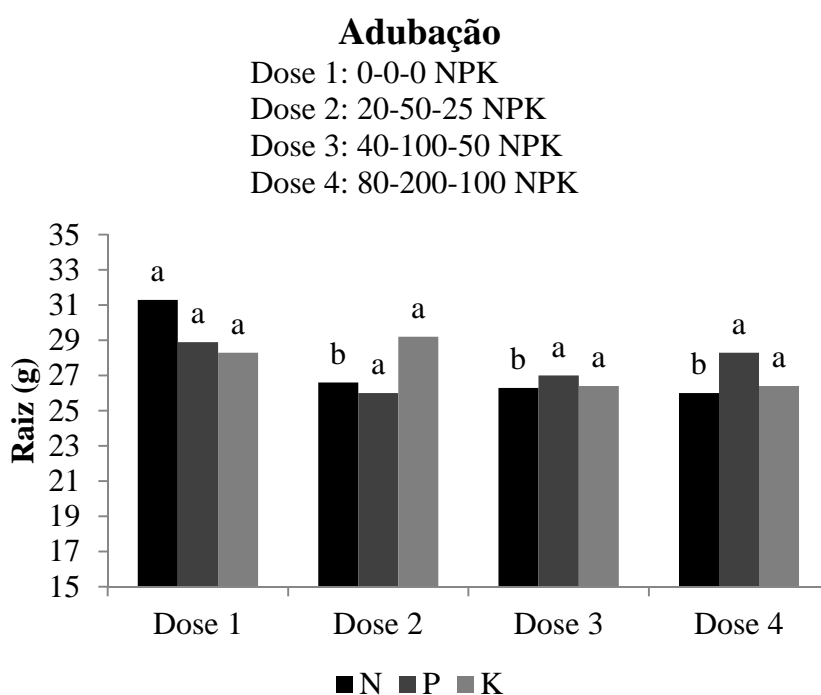


Figura 14. Massa seca da raiz da seringueira aos 150 dias de plantio. A comparação é feita separadamente por nutrientes (N com N, P com P e K com K) entre as doses. Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

4.5.2 Massa Seca de Caule, Folha e Total

Não ocorreram interações significativas entre as doses de N, P e K aplicadas para as variáveis massa seca de caule, folha e total. Para a massa seca de caule não verificou-se diferença em relação às doses de N, P e K aplicadas (Figura 15). A ausência de diferença para o caule ocorreu pelo pouco tempo de avaliação do experimento e a limitação do espaço do vaso, pois observa-se certas tendências dos resultados que ainda não se tornaram

significativas, mas que após 150 dias poderiam vir a tornar-se. Bataglia et al. (1999) ao avaliar o efeito da adubação N, P e K na seringueira, só verificaram as primeiras respostas significativas no crescimento das plantas aos 24 meses após o plantio.

Para a massa seca de folhas, assim como a massa seca de raiz, também só verificou-se diferença para as doses de N. A maior dose de N fertilizante (80 kg N ha^{-1}) proporcionou maior massa de folhas em comparação a menor dose (20 kg N ha^{-1}) (Figura 16). De forma isolada não se pode afirmar sobre o efeito positivo desse tratamento, já que o tratamento testemunha (0 kg N ha^{-1}) apresentou a mesma quantidade de massa de folhas que as duas doses de N supracitadas. Diante disso, pode-se inferir que o maior desenvolvimento radicular da seringueira na ausência de N fertilizante (Figura 14), foi eficiente em suprir a planta com N do solo para a formação do caule (Figura 15) e das folhas (Figura 16). Como exemplo disso, pode-se citar o trabalho de Cabezas (2011) na cultura do milho, em que o autor relata que a ausência da aplicação de N fertilizante pode ser suprida pela liberação gradual dos nutrientes na decomposição da matéria orgânica do solo, e que nestas circunstâncias a planta investe em sistema radicular para a busca dos nutrientes limitantes.

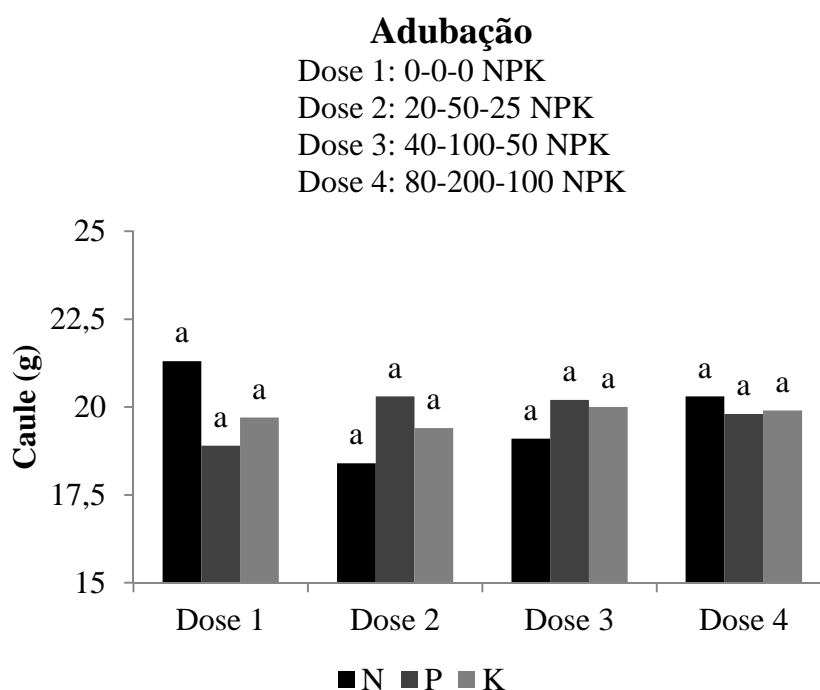


Figura 15. Massa seca de caule da seringueira aos 150 dias de plantio. A comparação é feita separadamente por nutrientes (N com N, P com P e K com K) entre as doses.

Adubação

Dose 1: 0-0-0 NPK

Dose 2: 20-50-25 NPK

Dose 3: 40-100-50 NPK

Dose 4: 80-200-100 NPK

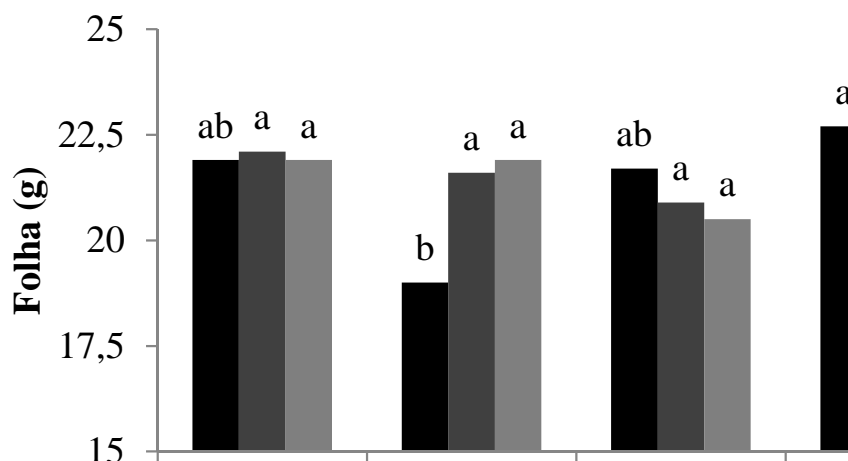


Figura 16. Massa seca de folha da seringueira aos 150 dias de plantio. A comparação é feita separadamente por nutrientes (N com N, P com P e K com K) entre as doses.

Ao considerar-se os valores de massa seca total (raiz+caule+folhas) também não foram constatadas diferenças na aplicação de P e K, apenas nas doses de N aplicadas (Figura 17). Verifica-se apenas maior valor de massa seca total do tratamento com ausência de adubação nitrogenada em comparação ao em que se aplicou a dose de 20 kg N ha⁻¹ (Figura 17). Enquanto no tratamento com ausência de aplicação de N, tal manejo tenha estimulado o desenvolvimento radicular e contribuído assim para um maior valor de massa seca total da planta. Pode-se inferir que no tratamento com 20 kg N ha⁻¹ tenha ocorrido padrão contrário, ou seja, estímulo inicial da planta com uma reduzida dose de fertilizante nitrogenado condicionando essa a um breve momento de suficiência desse nutriente, o qual somente ao se esgotar o N, houve investimento em produção de sistema radicular, proporcionando um atraso em comparação aos demais tratamentos.

Adubação

Dose 1: 0-0-0 NPK

Dose 2: 20-50-25 NPK

Dose 3: 40-100-50 NPK

Dose 4: 80-200-100 NPK

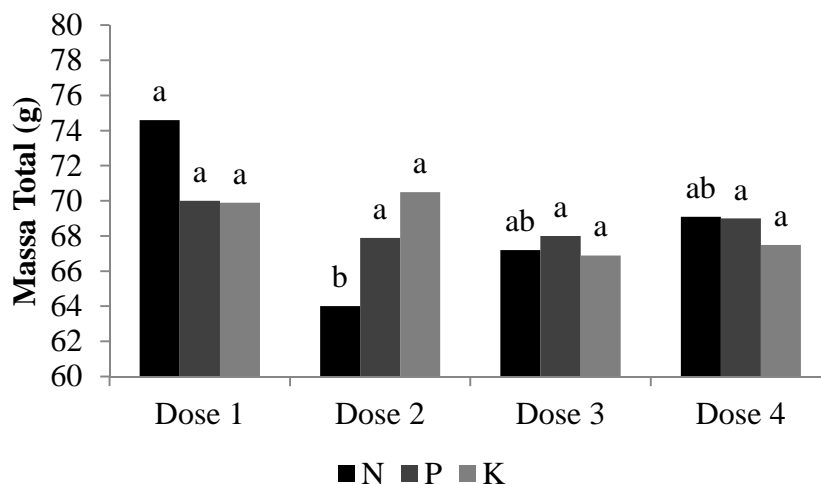


Figura 17. Massa seca total da seringueira aos 150 dias de plantio. A comparação é feita separadamente por nutrientes (N com N, P com P e K com K) entre as doses.

4.5.3 Diâmetro e Altura

Não ocorreram interações significativas entre as doses de N, P e K aplicadas para as variáveis diâmetro de caule e altura de plantas (Figura 18) e (Figura 19). O aumento do diâmetro do caule não apresentou diferença em função das doses N, P e K aplicadas. Resultados semelhantes foram relatados por Bataglia et al. (1999), em que os autores ao avaliarem plantas de seringueira após 12 meses do plantio, também não constataram diferenças para essa variável sob doses crescentes de P e K.

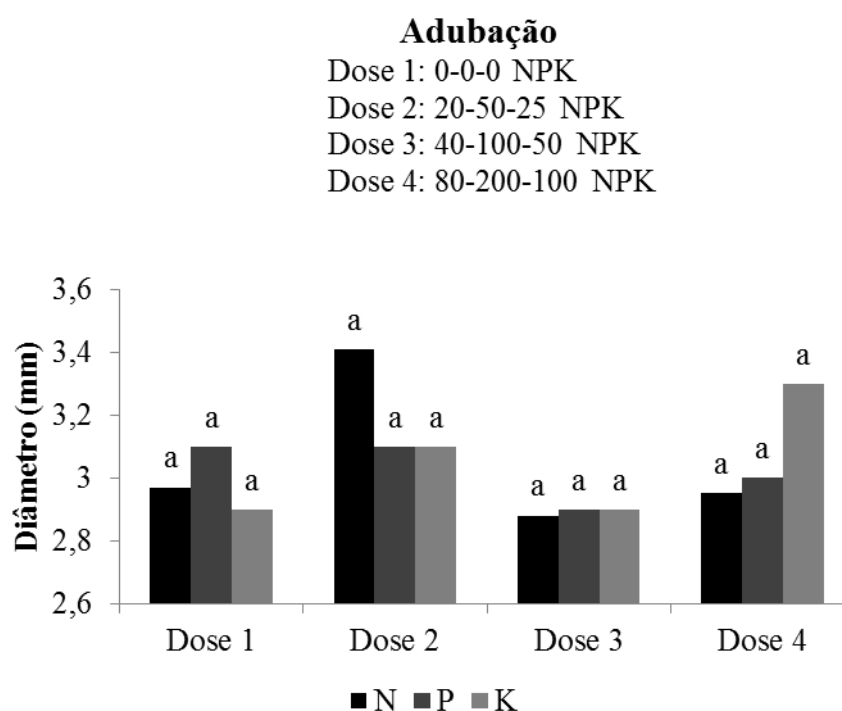


Figura 18. Diâmetro de caule das plantas da seringueira aos 150 dias após o plantio. A comparação no gráfico é feita separadamente por nutrientes (N com N, P com P e K com K) entre as doses.

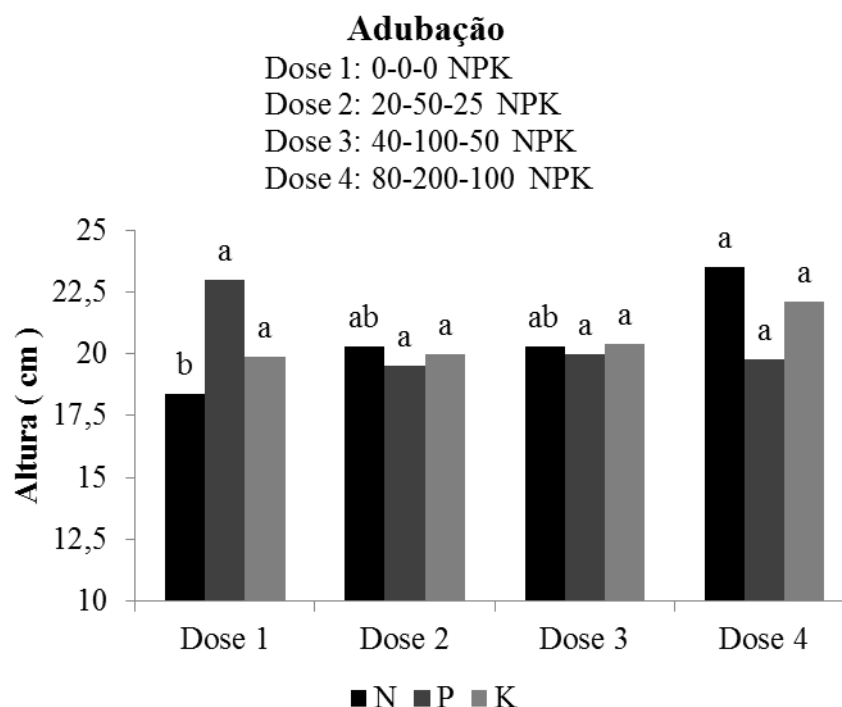


Figura 19. Diferença em altura das plantas da seringueira aos 150 dias após o plantio. A comparação no gráfico é feita separadamente por nutrientes (N com N, P com P e K com K) entre as doses.

Para altura, após 150 dias de plantio, só observaram-se diferenças para as doses de N

(Figura 19), em que à aplicação da maior dose (80 kg N ha^{-1}) resultou em um maior crescimento em altura em comparação a testemunha (sem aplicação de N). Esse resultado auxilia no entendimento da dinâmica de absorção e investimento de N na planta de seringueira, ou seja, ao se comparar este resultado (Figura 19) com os valores de massa seca de raiz (Figura 14), é possível verificar que com a falta de N a planta investe em sistema radicular para explorar mais o solo e absorver N e retardando um pouco o desenvolvimento em altura, enquanto, com N disponível do fertilizante, a planta passa a investir mais na parte aérea (altura) e menos em sistema radicular. Esta situação inversa deixa clara a resposta ou necessidade ao fornecimento de N nessa fase de desenvolvimento da seringueira.

Ao se realizar uma análise geral dessas avaliações de massa seca total e altura das plantas de seringueira, percebe-se que as plantas não responderam as adubações com fósforo e potássio. Pode-se atribuir esse resultado ao pouco tempo de avaliação (Bataglia et al., 1999), como discutido anteriormente, e à suficiência do solo testado, em fornecer estes nutrientes. No entanto, destaca-se que a ausência destes nutrientes na adubação dessa cultura não deve ser recomendada como prática comum, tendo em vista, que tais nutrientes exportados pela cultura devem ser repostos ao solo, evitando sua degradação. Resultados divergentes a esse trabalho foram encontrados por Correia et al. (2017) que ao avaliar plantas de seringueira aos 35 dias após o plantio, obtiveram uma produção máxima de matéria seca total de $141,72 \text{ g planta}^{-1}$ a uma taxa de $0,2 \text{ kg m}^{-3}$ de K_2O . Acredita-se que essa contradição de resultados, seja oriunda das diferentes condições edafoambientais entre os experimentos (Bataglia et al., 1999), em que no caso do trabalho de Correia et al. (2017), utilizou-se para o experimento um Latossolo de textura argilosa de Araguatins-TO.

Quanto à ausência de diferença no tocante as aplicações das doses fósforo, são escassos trabalhos na literatura que tenham avaliado a produção de massa seca total de plantas de seringueira após o plantio e que assim permitam alguma comparação.

4.5.4 Estado Nutricional

a) Nitrogênio na Folha

Uma das formas de avaliar se a adubação está suprimindo adequadamente as necessidades da planta é através da análise foliar (Bataglia et al., 1999). Observa-se pela Figura 20, que a maior dose de N aplicada proporcionou os maiores teores de N nas folhas, enquanto na presença de P e K, as doses de 50 kg ha^{-1} de P e K contribuíram para os maiores teores de N nas folhas. Para um melhor entendimento dessa interação entre as doses dos nutrientes, pode-se constatar na Figura 21 que a interação entre essas três doses N, P e K (80-50-50) foi a responsável pelo maior teor de N nas folhas. Ressalta-se também que tais teores de N na folha encontram-se dentro da faixa considerada adequada para a seringueira ($26\text{-}35 \text{ g kg}^{-1}$) (Mendes et al., 2012). Tais resultados demonstram que mesmo que as variáveis de crescimento discutidas anteriormente não tenham apresentado significância para as doses crescentes de P e K aplicadas, quando se analisa com maior discriminação as possíveis interações entre os nutrientes no tecido foliar, observa-se total interdependência entre os macronutrientes N, P e K, supridos via adubação (Bataglia et al., 1999).

Adubação

Dose 1: 0-0-0 NPK

Dose 2: 20-50-25 NPK

Dose 3: 40-100-50 NPK

Dose 4: 80-200-100 NPK

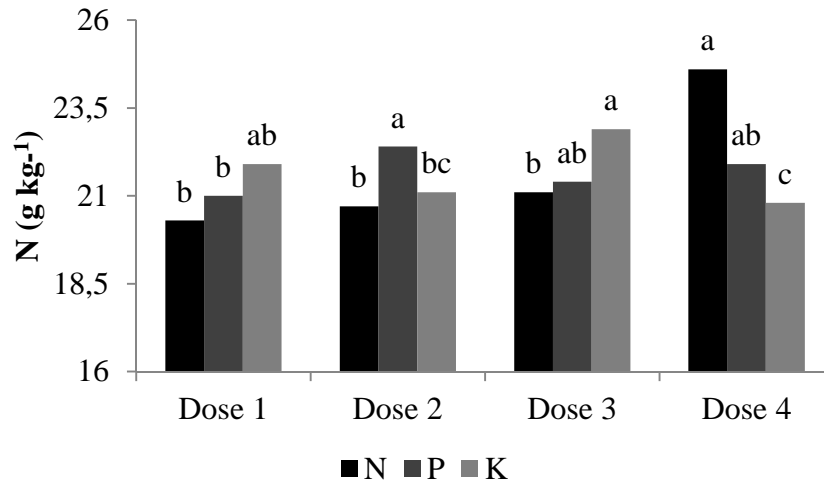


Figura 20. Teores de N na folha em função das doses isoladas de N, P e K. A comparação no gráfico é feita separadamente por nutrientes (N com N, P com P e K com K) entre as doses. Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

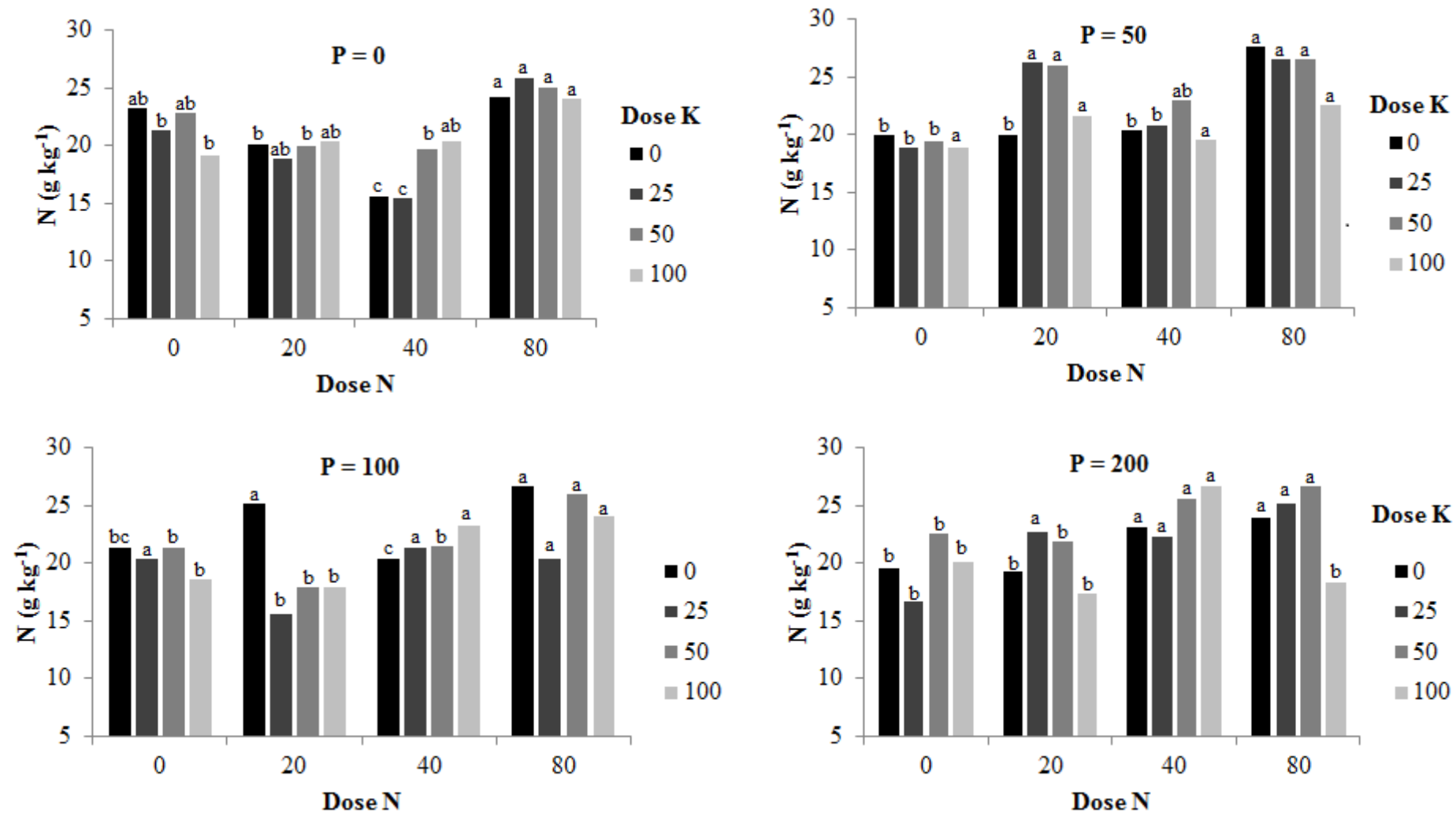


Figura 21. Teores de N na folha em função das doses N, P e K. Médias seguidas de mesma letra não diferem, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

b) Fósforo na Folha

Os maiores teores de P nas folhas foram quantificados quando foram aplicadas as doses isoladas de N (20 kg ha^{-1}) e P (100 kg ha^{-1}), não sendo observada diferenças entre as doses de K testadas (Figura 22). Avaliando a interação entre as doses N, P e K nos teores de P nas folhas é possível avaliar que a dose N, P e K (20-100-0) foi a que proporcionou os maiores teores de P nas folhas de seringueira (Figura 23). Bataglia et al. (1999), também constataram esse padrão na interação N e P no cultivo da seringueira. Os autores mencionam que na ausência ou em baixas doses de adubação potássica, é preciso considerar seriamente as relações entre N e P nas adubações.

Os valores de P nas folhas de seringueira nesse tratamento (20-100-0) foram superiores aos valores de referência considerados adequados ($2,0$ a $2,5 \text{ g kg}^{-1}$) (Garcia et al., 1999). Ressalta-se também que em nenhum tratamento, inclusive a testemunha, foram quantificados valores de P na folha abaixo da faixa considerada adequada, ou seja, pode-se dizer que o solo foi suficiente em fornecer P para a planta, e que o fornecimento de nutrientes via fertilizantes atuaram como adubação de manutenção.

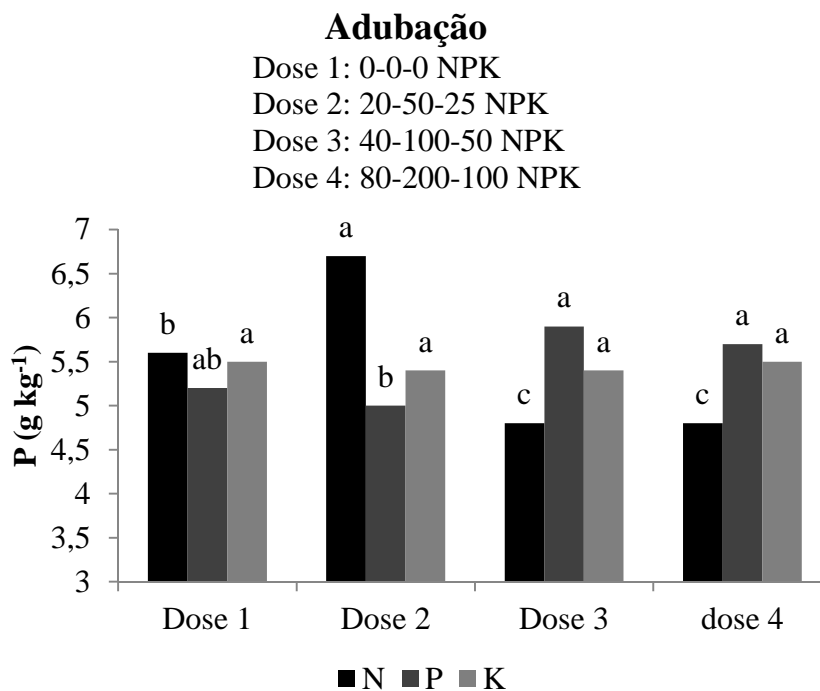


Figura 22. Teores de P na folha em função das doses isoladas de N, P e K. A comparação no gráfico é feita separadamente por nutrientes (N com N, P com P e K com K) entre as doses.

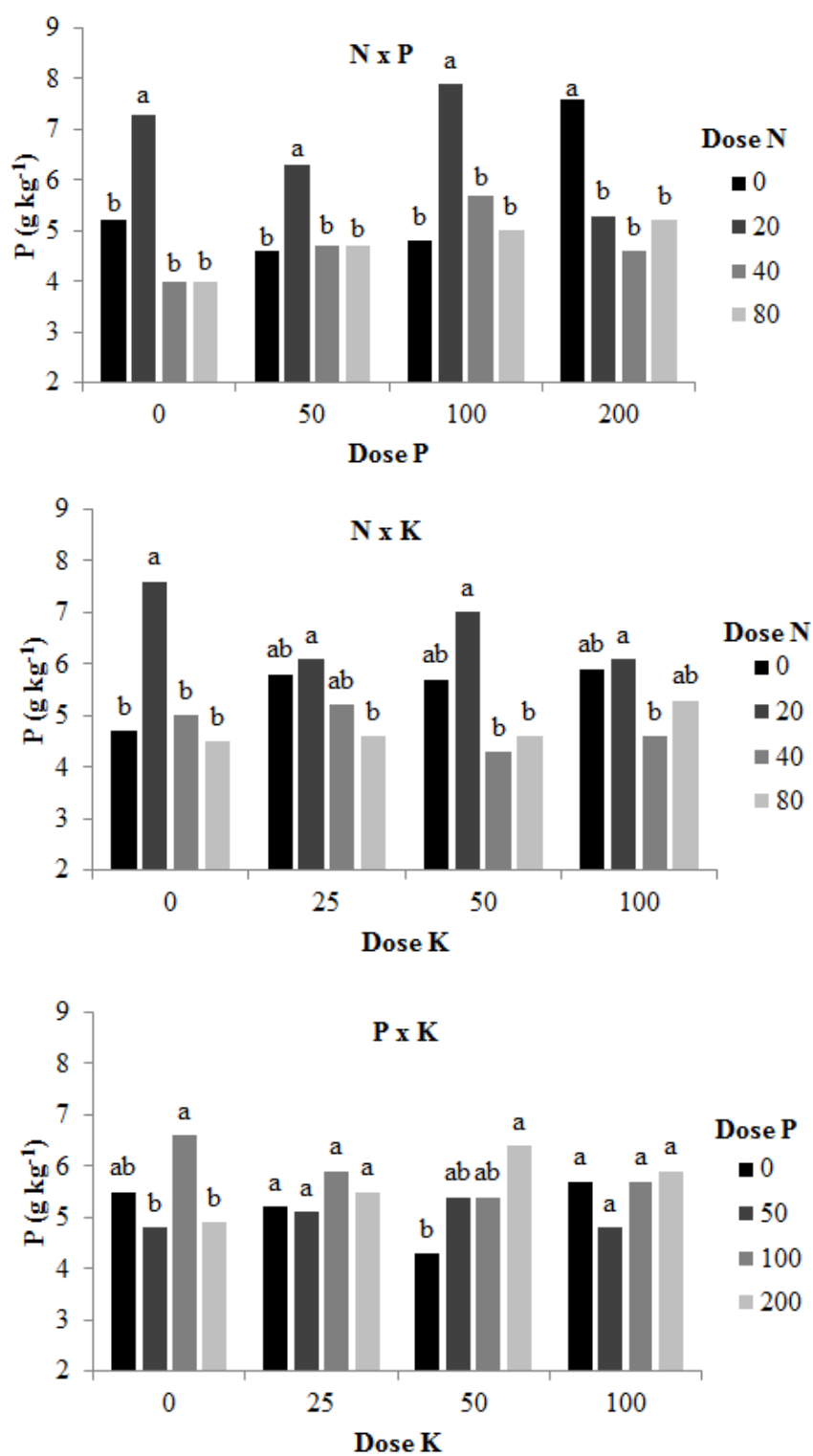


Figura 23. Teores de P na folha em função das interações das doses N, P e K. Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

c) Potássio na Folha

Os maiores teores de K nas folhas foram quantificados quando foram aplicadas as maiores doses desse nutriente (Figura 24), no entanto, ressalta-se que independente do tratamento, os valores encontrados de potássio na folha estão abaixo dos considerados adequados ($2,0$ a $2,5 \text{ g kg}^{-1}$) para esta cultura (Garcia et al., 1999). De acordo com Correia et al. (2017) isso pode ocorrer devido a uma redistribuição desse cátion da folha para o caule.

Quando foram aplicadas as maiores doses de N, ocorreu uma redução nos teores de K na folha (Figura 24). O mesmo padrão foi verificado em relação aos teores de N na folha quando da aplicação das maiores doses de K (Figura 20) e (Figura 21). A combinação das menores doses de N, com as maiores de K e as intermediárias de P na combinação N, P e K (20-50-100) foi a dose que contribuiu para os maiores teores de K nas folhas (Figura 25). Esse antagonismo entre N e K na folha, pode ser explicado devido a distribuição de N como compostos solúveis e proteínas, o que pode ser comprometido pelo aumento dos teores de K (Rodrigues et al., 2013).

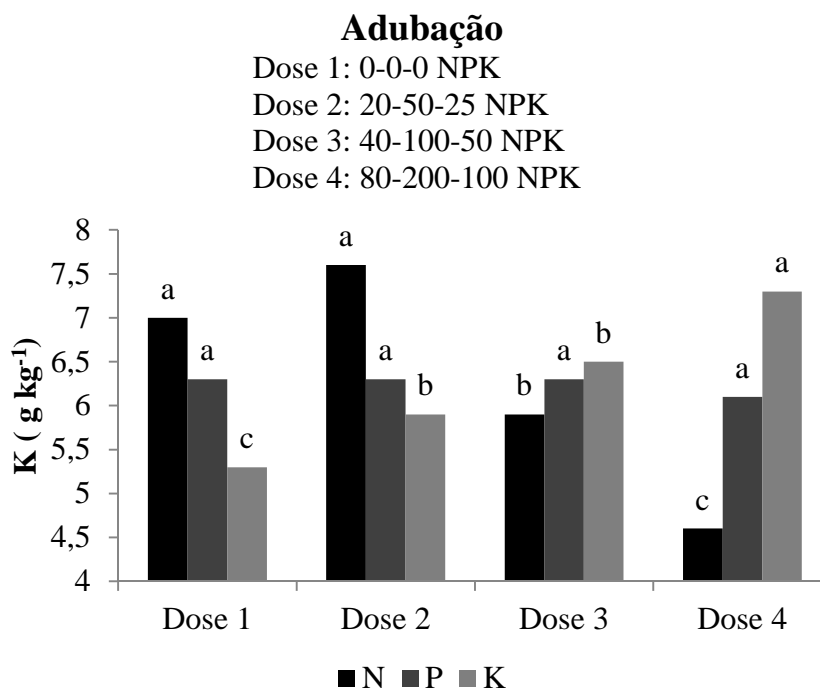


Figura 24. Teores de K na folha em função das doses isoladas de N, P e K. A comparação no gráfico é feita separadamente por nutrientes (N com N, P com P e K com K) entre as doses.

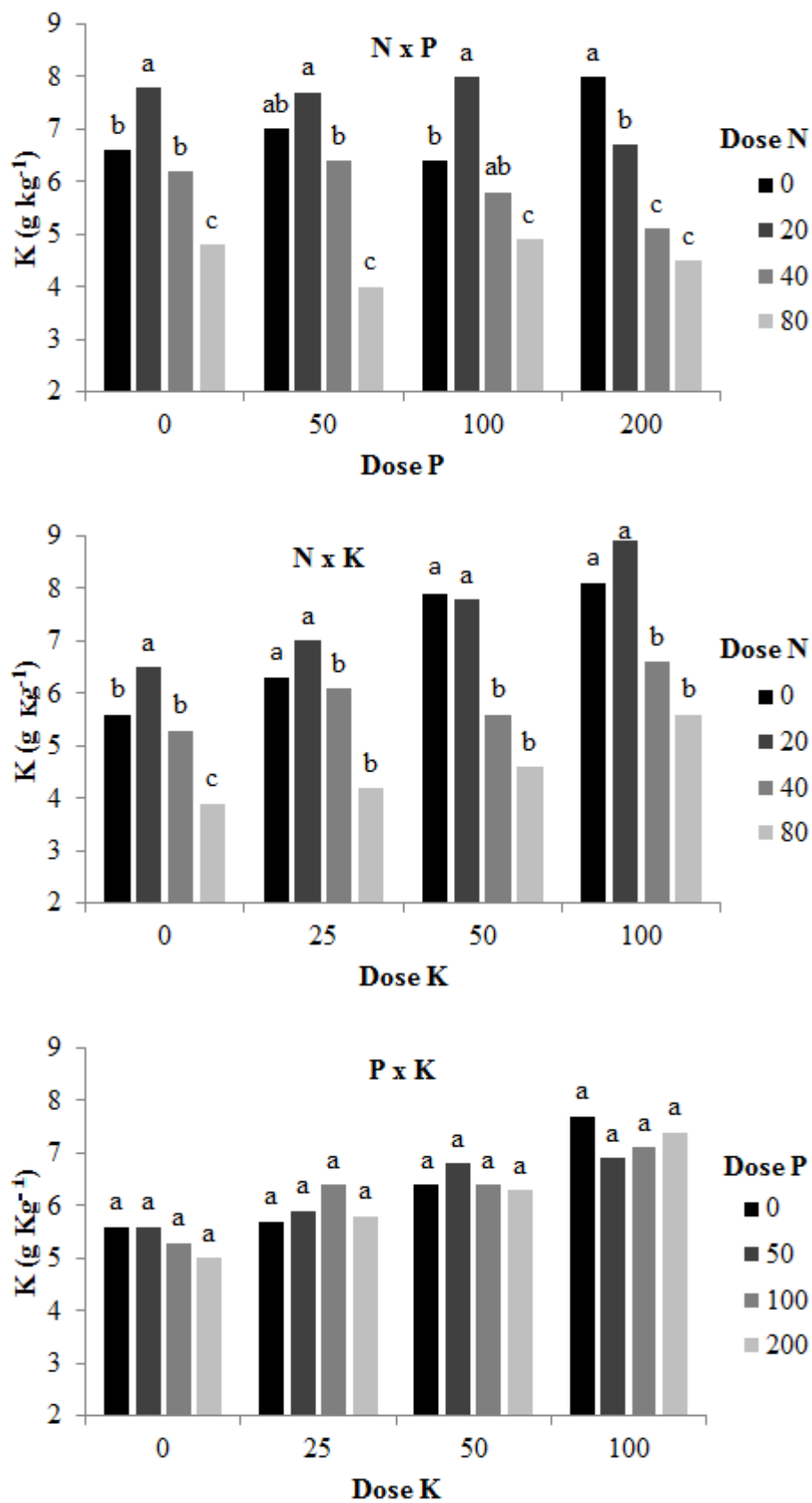


Figura 25. Teores de K na folha em função das interações das doses N, P e K. Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

4.6. CONCLUSÕES

As adubações nitrogenadas e fosfatadas de plantio supriram adequadamente as necessidades da planta, enquanto que as doses de potássio testadas não atingiram os níveis adequados de suficiência.

Existe um antagonismo entre os teores de N e K nas plantas de seringueira na sua fase inicial de plantio.

As plantas apresentaram os maiores teores de N nas folhas com a aplicação da dose N, P e K (80-50-50).

Os maiores teores de P nas folhas ocorreram com a aplicação da dose NPK (20-100-0). A dose NPK (20-50-100) foi à dose que as plantas apresentaram os maiores teores de K nas folhas.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABDO, M. T. V. N.; MARTINS, A. L. M.; FINOTO, E. L.; FABRI, E. G.; PISSARRA, T. C. T.; BIERAS, A. G.; LOPES, M. C. Implantação de sistema agroflorestral com seringueira, urucum e acerola sob diferentes manejos. *Pesquisa & Tecnologia*, vol. 9, n. 2, Jul-Dez 2012.
- AB'SABER, A. Domínios morfoclimáticos e solos do Brasil. In: ALVAREZ V. V. H.; FONTES L. E. F.; FONTES, M. P. F. eds. *Os solos nos grandes domínios morfoclimáticos do Brasil e o desenvolvimento sustentável*, Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo -Universidade Federal de Viçosa, 1996, p.1-18.
- ALVARENGA, A. P.; CARMO, C. A. F. Implantação e condução do seringal. In: *Seringueira*. Viçosa, MG: EPAMIG, 2008. p. 311-342.
- AUBRY, P.; DEBOUZIE, D. Estimation of the mean from a two-dimensional sample: the geostatistical model-based approach. *Ecology*, Washington, v. 82, n. 5, p. 1484-1494, May 2001.
- ARTUR, A. G.; OLIVEIRA, D. P.; COSTA, M. C. G.; ROMERO, R. E.; SILVA, M. V. C.; FERREIRA, T. O. Variabilidade espacial dos atributos químicos do solo, associada ao microrrelevo. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 18, n. 2, p. 141-149, 2014.
- AWETO, A. O. Physical and nutrient status of soils under rubber (*Hevea brasiliensis*) of different ages in South-Western Nigeria. *Agriculture Systems*. v.23, p.63-72, 1987.
- BAPTISTA, M.B.; BRAUN, O.P.G.; CAMPOS, D.A.; PRICE, L.I.;RAMALHO, R.; SANTOS, N.G. 1984. *Léxico estratigráfico brasileiro*. Brasília: Departamento Nacional da Produção Mineral, 541 p.
- BARRETO, R. F.; MARUYAMA, W.; BARDIVIESSO, D. M.; RODRIGUES, T.S.; SERAGUZI, E. F.; BARBOSA, A. V. Adubação de porta-enxertos de seringueira em viveiro suspenso. *Revista Floresta*, v.46, n.1, p.1-9. 2016.
- BATAGLIA, O. C.; CARDOSO, M. CARRETERO, M. V. Situação nutricional de seringais produtivos no estado de São Paulo. *Revista Bragantia*, Campinas, v.47; p.109-123. 1988.
- BATAGLIA, O. C.; CARDOSO, M.; IGUE, T.; RAIJ, B, van. Desenvolvimento da seringueira em solos do Estado de São Paulo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, DF, v. 22, n.4, p.419-424, 1987.
- BATAGLIA, O.C.; SANTOS, W.R.; GONÇALVES, P.S.; SEGNINI JUNIOR, I.; CARDOSO, M. Efeito da adubação NPK sobre o período de imaturidade da seringueira. *Bragantia*, v.58, p.363-374. 1999.
- BERTOLANI, F.C.; VIEIRA, S.R. Variabilidade espacial da taxa de infiltração de água e da espessura do horizonte A, em um Argissolo Vermelho Amarelo, sob diferentes usos. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.25, p.987-995, 2001.

BEVEN, K.J., KIRKBY, M.J.: A physically-based variable contributing area model of basin hydrology' Hydrology Science Bulletin 24(1), p.43-69. 1979.

BORRACHA NATURAL. Disponível em: http://borrachanatural.agr.br/cms/index.php?option=com_content&task=view&id=25710&Itemid=10. Acesso em: 15/10/2017.

C I FLORESTAS – Centro de Inteligência em Florestas. Disponível em: <http://www.ciflorestas.com.br/dado.php?id=69&n=area_plantada_seringueira>. Acesso em: 25/06/2016.

CABEZAS, W. A. R. L. Matéria orgânica de solo: agente determinante da eficiência de fertilizantes nitrogenados. Pesquisa & Tecnologia.v.8 n.2, p.1-6. 2011.

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 soil. Soil Science Society of America Journal, v. 58, n. 5, p. 1501-1511, 1994.

CAMARGO, E. C. G.1998. Geoestatística: fundamentos e aplicações. In: G. Câmara & J. S. Medeiros (Org.). Geoprocessamento em projetos ambientais. São José dos Campos: INPE. Disponível em: <https://www.dpi.inpe.br/gilberto/tutoriais/gis_ambiente/5geoest.pdf > (acessado em 01 de Abril de 2017).

CAMPOS, M. C. C. et al. Bergamin, A. Cristian. Variabilidade espacial dos atributos físicos em um Argissolo Vermelho sob floresta. Comunicata Scientiae, v.4, n.2, p. 168-178, 2013.

CARMO, C. A. F. S.; LUMBRERAS, J. F.; NAIME, U. J.;GONÇALVES, A. O. G.; FIDALGO, E. C. C.; ÁGLIO, M. L. D.; LIMA, J. A. S. Aspectos culturais e zoneamento da seringueira no Estado do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2004. 49p. (Embrapa Solos. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 60).

CARVALHO, J. G.; CARVALHO, M. A.; ASSIS, R. P. Calagem e gessagem na cultura da seringueira. In: Seringueira, Nutrição e adubação no Brasil. Eds. Ismael de Jesus Matos Viégas, Janice Guedes de Carvalho, Brasília: Embrapa comunicação para Transferência de Tecnologia , Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2000, 284p.

CARVALHO, M. P.; TAKEDA, E. Y.; FREDDI, O. S. Variabilidade espacial de atributos de um solo sob videira em Vitória Brasil (SP). Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.27, p.695-703, 2003.

CAVALCANTE, E. G. S.; ALVES, M. C.; SOUZA, Z. M.; PEREIRA, G. T.; Variabilidade espacial de atributos químicos do solo sob diferentes usos e manejos. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.3, p.1329-1339, 2007.

CAVALCANTE, J. R.; CONFORTO, E. C. Caracteres secundários da produção e estado nutricional em dois clones jovens de seringueira em São José do Rio Preto, SP. Revista Biociências. v. 19, n.2, p. 37-42, 2013.

CENTURION, M. A. P. C.; CENTURION, J. F.; ROQUE, C. G.; PRADO, R. M.; NATALE,

W. Efeito do manejo da entrelinha da seringueira sobre as propriedades químicas do solo, o estado nutricional e o crescimento. *Revista Árvore*, v. 29, n. 2, p.185-193, 2005.

CORÁ, J. E.; ARAÚJO, A. V.; PEREIRA, G. T.; BERALDO, J. M. G. Variabilidade espacial de atributos do solo para adoção do sistema de agricultura de precisão na cultura de cana de açúcar. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.28, p.1013-1021, 2004.

CORREIA, M. A. R.; MARANHÃO, D. D. C.; FLORES, R. A.; SILVA JÚNIOR, S. F.; ARAUJO, M. A.; LEITE, R. L. L. Growth, nutrition and production of dry matter of rubber tree (*Hevea brasiliensis*) in function of K fertilization. *Australian Journal of Crop Science*. v. 11, n.1, p.95-101. 2017.

CHENG, C.; WANG, R.; JIANG J. Variation of soil fertility and carbon sequestration by planting *Hevea brasiliensis* in Hainan Island. China, *Journal of Environmental Sciences*, v.19, p. 348–352, 2007.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. Borracha Natural. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/detalhe.php?c=26417&t=2#this>>. Acesso: 02/07/2017.

DALCHIAVON, F. C.; CARVALHO, M. P.; ANDREOTTI, M.; MONTANARI, R. Variabilidade espacial de atributos da fertilidade de um Latossolo Vermelho Distroférico sob Sistema de Plantio Direto. *Revista Ciência Agronômica*, v. 43, n. 3, p. 453-461, 2012.

DAMRONGRAK, I.; ONTHONG, J. NILNOND, C. Effect of fertilizer and dolomite applications on growth and yield of tapping rubber trees. *Songklanakarin Journal of Science and Technology*. v.37, n.6, p.643-650. 2015.

DINIZ, A. R. Estoque de Carbono e Atributos Edáficos em Áreas de Plantios de Seringueira (*Hevea brasiliensis* M. Arg.), Mata e Pastagem no Estado do Rio de Janeiro. Seropédica, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2015, 112p. (Tese de Doutorado).

DINIZ, A. R.; PEREIRA, M. G.; BALIEIRO, F. C.; SILVA, E. V.; SANTOS, F. M.; LISBOA, F. J. G.; OLIVEIRA, A. B.; CRUZ, R. B. Contrasts in Areas of Rubber Tree Clones in Regard to Soil and Biomass Carbon Stocks. *R. Bras. Ci. Solo*, 39:1378-1385, 2015.

DHARMAKEERTHI, R. S.; SILVA, S. N.; YAKANDAWALA, A.; JAYASINGHE, W, K. Nutritional status of rubber growing soils in the Moneragala district. *Journal of Rubber Research Institute of Sri Lanka*, v.87, p.23-35, 2005.

DOMINGUES, F.A. Nutrição mineral e crescimento de seringais em início de exploração no estado de São Paulo. 1994. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1994.

DONAGEMA, G.K.; CAMPOS, D.V.B. de; CALDERANO, S.B.; TEIXEIRA, W.G.; VIANA, J.H.M. (Org.). Manual de métodos de análise de solos. 2.ed. rev. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011. 230p. (Embrapa Solos. Documentos, 132).

EMBRAPA SOLOS. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 2.ed. Rio de Janeiro, 2006. 306p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Sistema brasileiro de classificação de solos. 3.ed. Brasília, 2013. 353p.

FURLANI, R. C. M.; MORAES, M. L. T.; RESENDE, M. D.V.; FURLANI JUNIOR, E.; GONÇALVES, O. S. Estimation of variance components and prediction of breeding values in rubber tree breeding using the REML/BLUP procedure. *Genetics and Molecular Biology*. V.28, n.2, p. 271-276. 2005.

FREIRE, L. R. et al. Manual de calagem e adubação do estado do Rio de Janeiro. Luis Rodrigues Freire et al. Eds. Brasília, DF; Seropédica, RJ: Editora Universidade Rural, 2013. 430p.

GANDOLFI, S. História natural de uma Floresta Estacional Semidecidual no município de Campinas (São Paulo, Brasil). 2000. 520f. Tese (Doutorado em Biologia Vegetal) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2000.

GARCIA, N. C. P.; PEREIRA, A. V.; LIMA, P. C.; SALGADO, L. T.; CARVALHO, J. G.; BRITO, S. A. & CARMO, C. A. F. S. Seringueira. In.: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G. & ALVAREZ, V. V. H., eds. Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais. 5ª aproximação. Viçosa, MG, CFSEMG, 1999. p. 317-322.

GONÇALVES, P. S.; BORTOLETTO, N.; SAMBUGARO, R.; FURTADO, E. L.; BATAGLIA, O. C.; ORTOLANI, A. A.; GODOY, G. J. Desempenho de clones de seringueira de origem amazônica no planalto do Estado de São Paulo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 36, n. 12, p. 1469-1477, 2001.

GONÇALVES, E. C. P.; PRADO, R. M.; CORREIA, M. A. R.; Fontes de fósforo no crescimento de porta-enxerto de seringueira sob condições de viveiro. *Floresta*; v.40, n.04. p.813-818. 2010.

GUO, L. B.; WANG, M. B.; GIFFORD, R. The change of soil carbon stocks and fine root dynamics after land use change from a native pasture to a pine plantation. *Plant and Soil*, v.299,p.251-262, 2007.

GREGO, C.R.; VIEIRA, S.R. Variabilidade espacial de propriedades físicas do solo em uma parcela experimental. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.29, p.169-177, 2005.

HAAG, H.P.; BUENO, N. & PEREIRA, J.P. Alguns aspectos recentes da nutrição da seringueira no Brasil. In: SIMPÓSIO DA CULTURA DA SERINGUEIRA, 2. Piracicaba, 1987. Anais. Piracicaba, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 1990. p.59-88.

IAPAR – Instituto Agrônomo do Paraná. O cultivo da seringueira. Disponível em: http://www.iapar.br/arquivos/File/zip_pdf/cultsering.pdf. Acessado em 20/07/2017.

IRSG - International Rubber Study Group. Natural Rubber Statistics. 28p. 2012. Disponível em: <www.lgm.gov.my/nrstat/nrstats.pdf>. Acesso: 27/06/2012.

ISAAKS, E.; SRIVASTAVA, R. An introduction to applied geostatistics. Oxford: Oxford University, 1989. 592 p.

JOURNAL, A. G.; HUIJBREGTS, C. J. Mining geostatistics. London: Academic, 1978. 600 p.

KERRY, R.; OLIVER, M.A. Comparing sampling needs for variograms of soil properties computed by method of moments and residual maximum likelihood. *Geoderma*, v.140, p. 383-396, 2007.

KRASILNIKOV, P. V.; CALDERÓN, N. E. G.; SEDOV, S. N.; GÓMEZ, E. V.; BELLO, R. R. The relationship between pedogenic and geomorphic processes in mountainous tropical forested area in Sierra Madre del Sur, Mexico. *Catena*, v.62, p.14-44, 2005.

LORENZI, H. Árvores brasileiras – manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas do Brasil. Nova Odessa: Editora Plantarum, 352p. 1998.

LIMA, E. S.; MONTANARI, R.; LOVERA, L. H.; TEIXEIRA, M. C. M.; GONZÁLEZ, A. P. Variabilidade espacial das propriedades dendrométricas do eucalipto e atributos químicos de um Neossolo Quartzarênico. *Revista de Agricultura Neotropical*, v. 4, n. 1, p. 2017.

MACEDO, R. L. R.; VALE, A. B.; VENTURIN, N. (Ed.). Eucalipto em Sistemas Agroflorestais. Lavras: UFLA, 2010. 331 p.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações, 2, ed, Piracicaba: POTAFOS, 1997, 319p.

MARQUES JÚNIOR, J.; LEPSCH, I. F. Depósitos superficiais neoceno-zóicos, superfícies geomórficas e solos em Monte Alto, SP. *Geociências*, v.19, p.265-281, 2000.

MARQUES, O.; TIENNE, L.; CORTINES, E.; VALCARCEL, R.. Atributos ambientais definidores de presença de fragmentos florestais de Mata Atlântica em microbacias instáveis. *EDUR. Revista Universidade Rural Série Ciências da Vida*, Rio de Janeiro, v. 24, n. 2, p.145-150, 2005.

MARQUES, P. C.; GONÇALVES, P. S.; GALVÊAS, P. A. O. 3ª recomendação para o estado do Espírito Santo. Vitória, ES:DCM-Incaper, 2009.

MATA, M. G. F. Qualidade do solo e avaliação microeconômica de um módulo experimental de produção orgânica intensiva de hortaliças. *Seropédica*, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2012, 65p. (Dissertação de Mestrado).

MELLO, J.M. Geostatística aplicada ao inventário florestal. Tese (Doutorado em Recursos Florestais) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. 2004. 111p.

MENDES, A. D. R.; OLIVEIRA, L. E. M.; NASCIMENTO, M. N.; REIS, K. L.; BONOME, L. T. S. Concentração e redistribuição de nutrientes minerais nos diferentes estádios foliares de seringueira. *Acta amazônica*. v. 42, n.4, p.525-532. 2012.

MOTOMIYA, A. V. A.; MOLIN, J. P.; MOTOMIYA, W. R.; VIEIRA, S. R. Spatial variability of soil properties and cotton yield in the Brazilian Cerrado. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.15, p.996–1003, 2011.

MOORE, I. D. et al. Soils attribute prediction using terrain analysis. Soil Science Society of American Journal, Madison, v. 57, n. 2, p. 443-452, 1991.

MURBACH, M.R.; BOARETTO, A.E.; MURAOKA, T.; SILVEIRA, R.I.; BOARETTO, R.M. Adubação NPK e produtividade de borracha seca pela seringueira (*Hevea brasiliensis*). Scientia Agricola, v.56, p.71-76, 1999.

MURBACH, M.R.; BOARETTO, A.E.; MURAOKA, T.; SOUZA, E.C.A. Nutrient cycling in a RRIM 600 clone rubber plantation. Scientia Agricola, v. 60, p.353-357. 2003.

NAIME, U. J et al. Zoneamento Agroecológico da Seringueira no Estado do Rio de Janeiro. In: A cultura da seringueira no estado do Rio de Janeiro: Perspectivas e recomendações técnicas. Aldo Bezerra de Oliveira, Ciriaca A. Ferreira de Santana do Carmo, Renato Barboza da Cruz. Editores.136p. Niterói-RJ: PESAGRO, 2009.

NIZEYIMANA, E.; BICKI, T. J. Soil and soil landscape relationships in the North Central region of Rwanda, East-Central Africa. Soil Science, v.153, p.225-236, 1992.

OLIVEIRA, J. J; CHAVES, L. H. G.; QUEIROZ, J. E.; LUNA, J. G. Variabilidade espacial de propriedades químicas em um solo salino-sódico. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.23, p.783-789,1999.

OLIVEIRA, A. B.; CRUZ, R. B.; CARMO, C. A. F. S.; A. Seringueira no Estado do Rio de Janeiro: Histórico, situação e potencialidade da atividade. Pesagro – RJ. Boletim de Informação Tecnológica. n.15. 5p. 2009.

OLIVEIRA, D. P.; FERREIRA, T. O.; ROMERO, R. E.; FARIAS, P. R. S.; COSTA, M. C. G. Microrrelevo e a distribuição de frações granulométricas em Cambissolos de origem calcária. Revista Ciência Agronômica, v. 44, n. 4, p. 676-684, 2013.

ORTIZ, J. L.; VETTORAZZI, C. A.; COUTO, H. T. Z.; GONÇALVES, 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.

ORTOLANI, A.A; PEZZOPANE, J.E.M.; SENTELHAS, P.C. Aspectos climáticos condicionantes da produção da seringueira. In: Bernardes, M. S. (ed). Sangria da seringueira. Piracicaba: ESALQ/USP, p.1-20, 2000.

PAINELFLORESTAL.Disponível em:<http://www.painelflorestal.com.br/noticias/eventos/guar-apari-sedia-congresso-nacional-sobre-seringueira>. Data de acesso: 25/07/2014.

PEREIRA, A. V.; PEREIRA, E. B. C.; FIALHO, J. F.; JUNQUEIRA, N.T.V.; MACEDO, R. L. G.; GUIMARÃES, R.J. Sistemas agroflorestais de seringueira com cafeeiro. Planaltina: Embrapa-CPAC, 1998. 77p. (EMBRAPA-CPAC. Documentos, 70).

PELLISSARI, 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.

PARK, S. J.; BURT, T. P. Identification and characterization of pedogeomorphological processes on a hillslope. *Soil Science Society American Journal*, Madison, v. 66, p. 1897-1910, 2002.

PESAGRO - Empresa de Pesquisa Agropecuária do Estado do Rio de Janeiro. Pesagro capacita produtores em sangria de seringueira. Disponível em: http://www.pesagro.rj.gov.br/not07_fev16.html. Acessado em: 02 de abril de 2017.

PESAGRO - Empresa de Pesquisa Agropecuária do Estado do Rio de Janeiro. Relatório da Administração. 2013. 34p.

PESAGRO - Empresa de Pesquisa Agropecuária do Estado do Rio de Janeiro. Relatório de atividades do programa de heveicultura. *Rio Látex*. 35p. 2012. Dados não publicados.

PEREIRA, J. P.; DORETTO, M.; LEAL, A. C.; CASTRO, A. M. G. de; RUCKER, N. A. Cadeia produtiva da borracha natural: análise diagnóstica e demandas atuais no Paraná. Londrina: IAPAR, 85 p., 2000.

PREGITZER, K. S.; BARNES, B. V.; LEMME, G. D. Relationship of topography to soils and vegetation in an upper Michigan ecosystem. *Soil Soil Science Society American Journal*, v.47, p.117-123, 1983.

R Development Core Team (2011). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.R-project.org/>

RAIJ, B. van & CANTARELLA, H. Seringueira. In: RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. & FURLANI, A.M.C., eds. Recomendações de calagem e adubação para o estado de São Paulo. Campinas, Instituto Agrônomo de Campinas, 1997. (Boletim técnico, 100).

ROBERTSON, G. P. GS:Geostatistics for the environmental sciences - GSUser Guide. Plainwell: Gamma Design Software, 1998. 152 p.

RODRIGUEZ, P. C. Curso de análise geoestatística. Belo Horizonte, 2004. 95 p.

RODRIGUES, V. A, COSTA, P. N. Análise de diferentes de substratos no crescimento de mudas de seringueira. *Revista Científica Eletrônica de Engenharia Florestal*; v.03, n.14, p.08-17. 2009.

RODRIGUES, A. A.; MENDONÇA, R. M. N.; SILVA, A.P.; SILVA, S. M. Nutrição mineral e produção de abacaxizeiro 'pérola', em função das relações K/N na adubação. *Revista Brasileira de Fruticultura*. v.35, n.2, p. 625-633, 2013.

ROQUE, C. G.; PRADO, R. M.; NATALE; W.; BEUTLER; A. N.; CENTURION, J. F. Estado nutricional e produtividade da seringueira em solo com calcário aplicado superficialmente. *Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.39, n.5, p.485-490, maio 2004.

ROQUE, C. G.; CENTURION, J. F.; PEREIRA, G. T.; BEUTLER, A. N.; FREDDI, O. S.; ANDRIOLI, I. Variabilidade espacial de atributos químicos em argissolo vermelho-amarelo cultivado com seringueira. *Revista de Ciências Agro-Ambientais*, v.3, p.26-45, 2005.

ROQUE, C. G.; CENTURION, J. F.; PEREIRA, G. T.; BEUTLER, A. N.; FREDDI, O. S.; ANDRIOLI, I. Mapeamento da produtividade e perímetro do tronco de clones de seringueira em argissolo vermelho amarelo. *Scientia Forestalis*, n. 70, p. 59-66, 2006.

RUIZ, J. G. C. L.; ZANATA, M.; PISSARA, T. C. Variabilidade espacial de atributos químicos do solo em áreas de pinus do instituto florestal de batatais – SP. *Brazilian Journal of Applied Technology for Agricultural Science*, v.9, n.2, p.87-97, 2016.

SALISU, M. A.; DAUD, N. W. Effect of Fertilizer rates and Soil Series on Root Morphological Traits and Root: Shoot Ratio of Immature Natural Rubber (*Hevea brasiliensis*). *International Journal of Scientific & Engineering Research*. v. 7, n.9, p. 1373-1378. 2016.

SAMPAIO FILHO, J. A.; PEREIRA, A. V.; VALE, A. A. Q.; CORTEZ, J. V.; PEREIRA, J. P. Câmara Setorial da Cadeia Produtiva da Borracha Natural. In: VILELA, D.; ARAUJO, P. M. M. Contribuições das câmaras setoriais e temáticas à formulação de políticas públicas e privadas para o agronegócio. Brasília: MAPA/SE/CGAC, 2006. p. 330-353.

SANCHEZ, R. B.; MARQUES, J.; SOUZA, Z. M.; PEREIRA, G.T.; FILHO, M. V. M. Variabilidade espacial de atributos do solo e de fatores de erosão em diferentes pedoformas. *Bragantia*, v.68, n.4, p.1095-1103, 2009.

SANTOS, A. O.; PALLONE FILHO, W. J.; UNGARO, M. R. G.; LINO, A. C. L. & RANDIN, B. Prospecção de zonas potenciais para manejo diferenciado em agricultura de precisão utilizando-se padrões de solo-planta-clima. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.7, n.3, p.463-468, 2003.

SANTOS, R. D.; SANTOS, H. G.; KER, J. C.; ANJOS, L. H. C.; SHIMIZU, S. H.; Manual de descrição e coleta de solo. Viçosa, MG. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2015. 101p.

SANTOS, A. A. Variáveis dendrométricas da seringueira e sua relação espacial com atributos químicos do solo. Alegre, Universidade Federal do Espírito Santo, 2015, 79p. (Dissertação de Mestrado).

SANTOS, G. L.; PEREIRA, M. G.; LIMA, S. S.; CEDDIA, M. B.; MENDONÇA, V. M. M.; DELGADO, R. C. Landform curvature and its effect on the spatial variability of soil attributes, Pinheiral-RJ/ BR. *Cerne*, v. 22, n. 4, p. 431-438, 2016.

SETZER, J. Contribuição para o estudo do clima do Estado de São Paulo, São Paulo: Escolas Profissionais Salesianas, 1946, 239 p.

SILVA, L.C. & CUNHA, H.C.S. 2001. Geologia do Estado do Rio de Janeiro: texto explicativo do mapa geológico do Estado do Rio de Janeiro. Brasília: CPRM, 2001.

SILVA, J. L. O. da; BUENO, N. ROSSETTI, A. G.; GIANLUPPI, D. Efeito de níveis de nitrogênio, fósforo, potássio e magnésio em viveiro de seringueira irrigado. Manaus: Embrapa-CNPDS, 1985. Boletim Técnico, 32. 6p.

SILVA, M. S. S. Subsídio da borracha e sua relação com os moradores da Resex Chico Mendes: uma análise das contribuições socioeconômicas e ambientais. Manaus, 2013. 124 f. Dissertação (Mestrado em Gestão de Áreas Protegidas na Amazônia). INPA, Manaus, 2013.

SILVA, C. S.; PEREIRA, M. G.; DELGADO, R. C.; SILVA, E. V. Spatialization of soil chemical and physical attributes in an agroforestry system, Seropédica, Brazil. *Cerne*, v. 22 n. 4, p. 407-414, 2016.

SIQUEIRA, G. M. Variabilidade de atributos físicos do solo determinados por métodos diversos. Campinas, SP, Instituto Agrônomo, 163 p. 2006. (Dissertação de Mestrado).

SIQUEIRA, G. M.; VIEIRA, S. R.; CEDDIA, M. B. Variabilidade de atributos físicos do solo determinados por métodos diversos. *Bragantia*, Campinas, v.67, n.1, p.203-211, 2008.

SOUZA, Z. M.; MARQUES JÚNIOR, J.; PEREIRA, G. T.; MOREIRA, L. F. Variabilidade espacial do pH, Ca, Mg e V% do solo em diferentes formas do relevo sob cultivo de cana-de-açúcar. *Ciência Rural*, v.34, n.6, p.1763-1771, 2004.

SOUZA, Z. M.; MARQUES JÚNIOR, J.; PEREIRA, G. T.; MONTANARI, R. Otimização amostral de atributos de Latossolos considerando aspectos solo-relevo. *Ciência Rural*, v.36, p. 829-836, 2006.

SOUSA, D. M. G.; MIRANDA, L. N.; OLIVEIRA, S. A. Acidez do solo e sua correção. In: NOVAIS, R. F. et al. Fertilidade do solo. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 206-274.

SOUZA, I. A. Sangria da Seringueira: guia prático para o seringueiro Vitória, ES: Incaper, 2013. 24 p. : il. (Incaper. Documentos 215).

SCHOLOEDER, C.A.; ZIMMERMAN, N.E.; JACOBS, M.J. Comparison of methods for interpolating soil properties using limited data. *Soil Science Society of American Journal*, v.65, p.470-479, 2001.

TEDESCO, M. J.; VOLKWEISS, S. J. & BOHNEN, H. Análise de solo, plantas e outros materiais, (Boletim técnico de solos, 5), Porto Alegre, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995, 188p

VIÉGAS, I. de J. M. Doses de NPK em viveiro de Hevea sp. Na obtenção de plântulas aptas para enxertia em Latossolo amarelo textura média na Ilha do Mosqueiro, PA. Piracicaba: ESALQ, 1985. 71p. Dissertação de Mestrado.

VIEIRA, S. R. Geoestatística em estudos de variabilidade espacial do solo. In: NOVAIS, R.F., ALVAREZ, V.H., SCHAEFER, G.R. (ed.) Tópicos em Ciência do solo. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, v.1, 2000. p. 1-54.

VIEIRA, S. R.; HATFIELD, J. L.; NIELSEN, D. R. & BIGGAR, J. W. Geostatistical theory and application to variability of some agronomical properties. *Hilgardia*, Berkeley, v.51 n.3, p.1-75, 1983.

VIEIRA, S. R. Análise da variabilidade espacial e temporal de umidade do solo em um Latossolo Vermelho eutroférico em Campinas, São Paulo. IN: RELATÓRIO FAPESP 02/02863-3, 57p., 2004, Campinas. Relatório...

Vieira, V. A. S.; Mello, C. R.; Lima, J. M. Variabilidade espacial de atributos físicos do solo em uma microbacia hidrográfica. *Ciência e Agrotecnologia*, v.31, p.1477-1485, 2007.

VIEIRA, S. R.; BRANCALIÃO, S. R.; GREGO, C.R.; MARTINS, A. L. M. Variabilidade espacial de atributos físicos de um argissolo vermelho-amarelo cultivado com leguminosas consorciada com a seringueira. *Bragantia*, v.69, n.2, p.423-432, 2010.

VIEIRA, R. S.; PIERRE, L. H.; GREGO, C. R.; SIQUEIRA, G. M. Espacial entre Características Dendrométricas de Seringueira (*Hevea Brasiliensis*) e de Atributos Físicos do Solo. *Revista de Ciências da Vida*, v. 32, n 2, p. 63-73, 2012.

VIÉGAS, I., J., M. & CARVALHO, J., G. Seringueira: Nutrição e Adubação no Brasil.- Brasília: Embrapa Comunicação para transferência de Tecnologia; Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2000. 284p.

VIRGENS FILHO, A.C. Exploração de seringais. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v.28, n.237, p.105-119, 2007.

YAMAMOTO, J. K. Avaliação e classificação de reservas minerais. São Paulo: Universidade de São Paulo, 2001. 226 p.

WANG, G.; FANG, S.; SHINKAREVA, S. GERTNER, G.; ANDERSON, A. Spatial uncertainty prediction of the topographical factor for the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE). *Transactions of the ASAE*, St. Joseph, v.45, n.1, p.109-118, 2002.

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. 350p.

WEBSTER, R.; OLIVER, M. Sample adequately to estimate variograms of soil properties. *Soil Science*, Baltimore, v. 43, n. 1, p. 177-192, Mar. 1992.

ZAMUNÉR FILHO, A. N.; VENTURIN, N.; PEREIRA, A. V.; PEREIRA, E. B. C.; MACEDO, R. L. G. Doses of controlled-release fertilizer for production of rubber tree rootstocks. *Revista Cerne*, v. 18, n. 2, p. 239-245, 2012.

ZONTA, J. H.; BRANDÃO, Z. N.; MEDEIROS, J. C.; SANA, R. S.; SOFIATTI, V. Variabilidade espacial da fertilidade do solo em área cultivada com algodoeiro no Cerrado do Brasil. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 18, n. 6, p. 595-602, 2014.

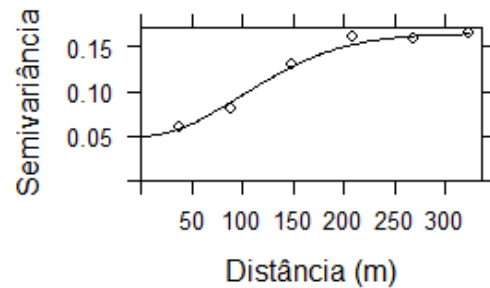
ZHU, Q.; LIN, H. S. Comparing ordinary kriging and regression kriging for soil properties in contrasting landscapes. *Pedosphere*, Bethesda, v. 20, n. 5, p. 594-606, 2010.

6. APÊNDICES

Apêndice A - Semivariogramas e índices extraídos dos atributos químicos do solo e dos atributos das plantas na face sul.

Índices extraídos do mapa de pH_Sul gerado por KO.

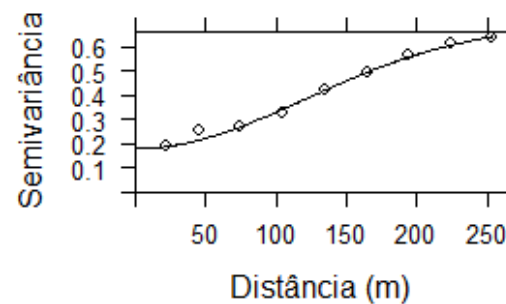
Modelo: Gaussiano / GDE: Moderado			
C0	C1	A	R ²
0,05	0,115	140	0,51
MPE	0,053	RMSE	0,23



Semivariograma para pH_Sul.

Índices extraídos do mapa de Ca²⁺_Sul gerado por KO.

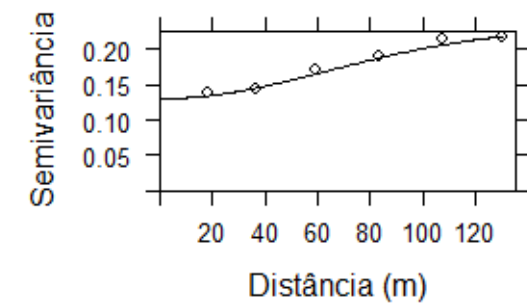
Modelo: Gaussiano / GDE: Moderado			
C0	C1	a	R ²
0,18	0,52	170	0,49
MPE	0,2304	RMSE	0,48



Semivariograma para Ca²⁺_sul.

Índices extraídos do mapa de Mg²⁺_Sul gerado por KO.

Modelo: Gaussiano / GDE: Moderado			
C0	C1	a	R ²
0,13	0,10	90	0,30
MPE	0,144	RMSE	0,38

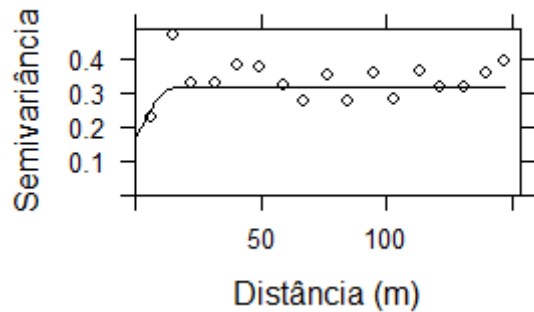


Semivariograma para Mg²⁺_Sul.

Legenda: KO = Krigagem ordinária, GDE: Grau de Dependência Espacial, C₀ = efeito pepita ($\gamma(h)$), C₁ = contribuição ($\gamma(h)$), a = alcance (m), R² = Coeficiente de Determinação, MPE = Erro médio da predição, RMSE = Raiz quadrada do erro médio da predição.

Índices extraídos do mapa de P_Sul gerado por KO.

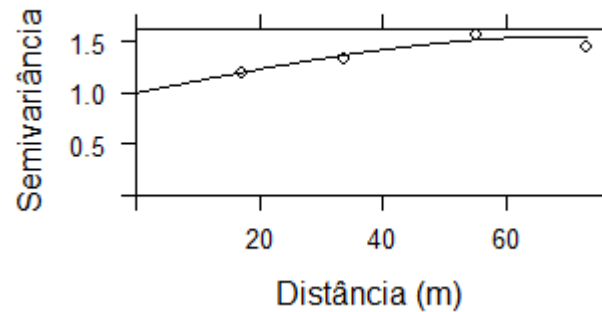
Modelo: Esférico / GDE: Moderado			
C0	C1	a	R ²
0,2	0,1	50	0,03
MPE	0,372	RMSE	0,61



Semivariograma para P_Sul.

Índices extraídos do mapa de H+Al_Sul gerado por KO.

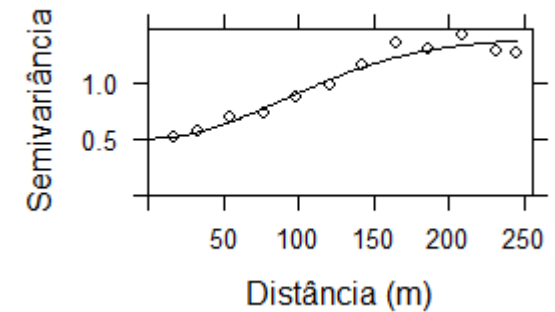
Modelo: Esférico / GDE: Moderado			
C0	C1	a	R ²
1,0	0,55	70	0,19
MPE	1,123	RMSE	1,06



Semivariograma para H+Al_Sul.

Índices extraídos do mapa de Al³⁺_Sul gerado por KO.

Modelo: Gaussiano / GDE: Forte			
C0	C1	a	R ²
0,10	0,31	128	0,60
MPE	0,109	RMSE	0,33

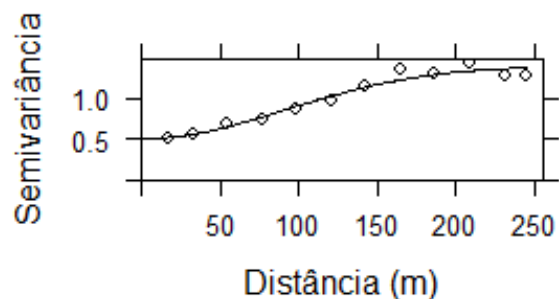


Semivariograma para Al³⁺_Sul.

Legenda: KO = Krigagem ordinária, GDE: Grau de Dependência Espacial, C0 = efeito pepita ($\gamma(h)$), C1 = contribuição ($\gamma(h)$), a = alcance (m), R² = Coeficiente de Determinação, MPE = Erro médio da predição, RMSE = Raiz quadrada do erro médio da predição.

Índices extraídos do mapa de S_Sul gerado por KO.

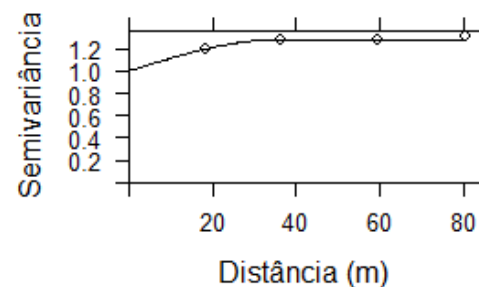
Modelo: Gaussiano / GDE: Moderado			
C0	C1	a	R ²
0,50	0,89	128	0,47
MPE	0,577	RMSE	0,76



Semivariograma para S_Sul.

Índices extraídos do mapa de T_Sul gerado por KO.

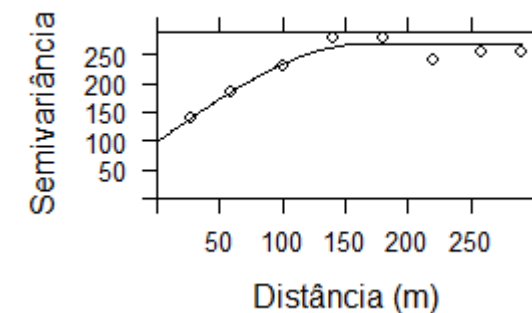
Modelo: Esférico / GDE: Fraco			
C0	C1	a	R ²
1,0	0,28	35,8	0,18
MPE	1,69	RMSE	1,30



Semivariograma para T_Sul.

Índices extraídos do mapa de V%_Sul gerado por KO.

Modelo: Esférico / GDE: Moderado			
C0	C1	a	R ²
98	170	166	0,44
MPE	124,7	RMSE	11,17

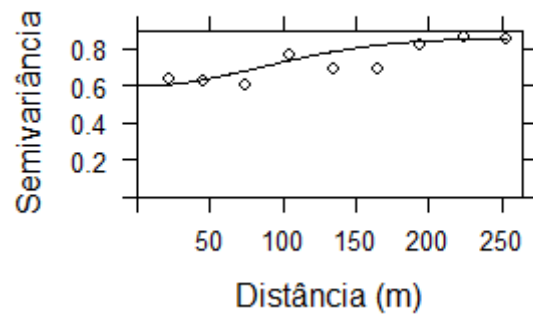


Semivariograma para V%_Sul.

Legenda: KO = Krigagem ordinária, GDE: Grau de Dependência Espacial, C0 = efeito pepita ($\gamma(h)$), C1 = contribuição ($\gamma(h)$), a = alcance (m), R² = Coeficiente de Determinação, MPE = Erro médio da predição, RMSE = Raiz quadrada do erro médio da predição.

Índices extraídos do mapa de P Planta_Sul gerado por KO.

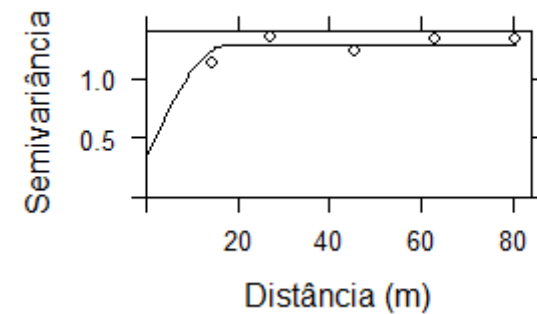
Modelo: Gaussiano / GDE: Moderado			
C0	C1	a	R ²
0,6	0,26	120	0,20
MPE	0,00	RMSE	0,001



Semivariograma para P Planta_Sul.

Índices extraídos do mapa de K Planta_Sul gerado por KO.

Modelo: Esférico / GDE: Moderado			
C0	C1	a	R ²
0,33	0,94	17	0,34
MPE	1,232	RMSE	1,11

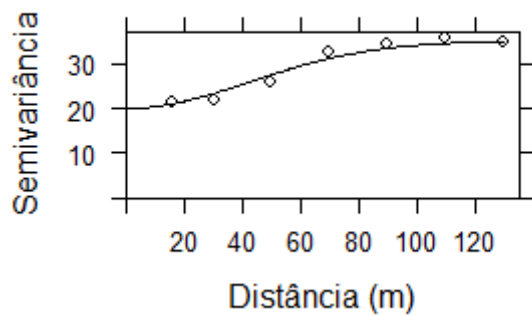


Semivariograma para K Planta_Sul.

Legenda: KO = Krigagem ordinária, GDE: Grau de Dependência Espacial, C0 = efeito pepita ($\gamma(h)$), C1 = contribuição ($\gamma(h)$), a = alcance (m), R²= Coeficiente de Determinação, MPE = Erro médio da predição, RMSE = Raiz quadrada do erro médio da predição.

Índices extraídos do mapa de Ca Planta_Sul gerado por KO.

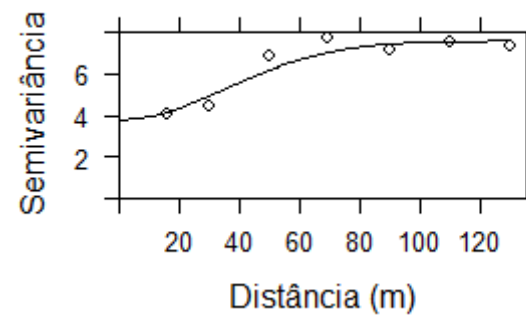
Modelo: Gausiano / GDE: Moderado			
C0	C1	a	R²
20	15	60	0,33
MPE	20,43	RMSE	4,52



Semivariograma para Ca Planta_Sul.

Índices extraídos do mapa de Mg Planta_Sul gerado por KO.

Modelo: Gausiano / GDE: Moderado			
C0	C1	a	R²
3,8	3,8	50	0,30
MPE	4,28	RMSE	2,07

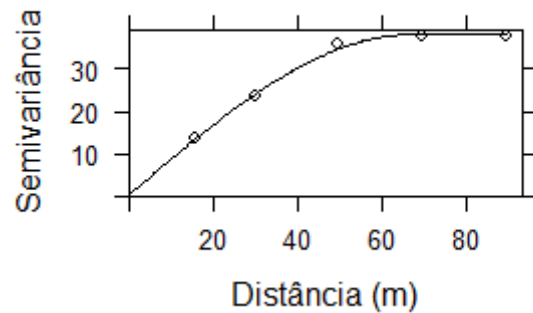


Semivariograma para Mg Planta_Sul.

Legenda: KO = Krigagem ordinária, GDE: Grau de Dependência Espacial, C0 = efeito pepita ($\gamma(h)$), C1 = contribuição ($\gamma(h)$), a = alcance (m), R²= Coeficiente de Determinação, MPE = Erro médio da predição, RMSE = Raiz quadrada do erro médio da predição.

Índices extraídos do mapa de Circunferência da Planta_Sul gerado por KO.

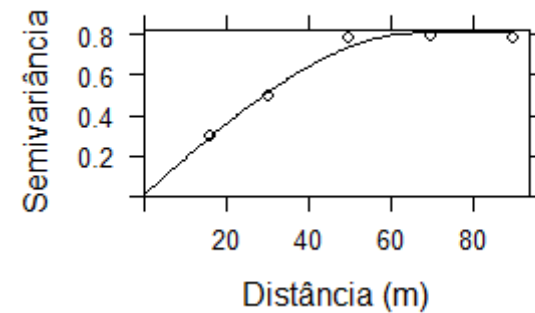
Modelo: Esférico / GDE: Forte			
C0	C1	a	R ²
0,5	37,6	66,8	0,42
MPE	0,107	RMSE	4,70



Semivariograma para Circunferência da Planta_Sul.

Índices extraídos do mapa de Altura da Planta_Sul gerado por KO.

Modelo: Esférico / GDE: Forte			
C0	C1	a	R ²
0,01	0,79	66,4	0,54
MPE	0,369	RMSE	0,608



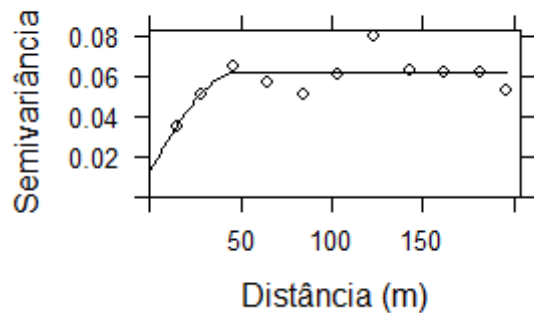
Semivariograma para altura da Planta_Sul.

Legenda: KO = Krigagem ordinária, GDE: Grau de Dependência Espacial, C0 = efeito pepita ($\gamma(h)$), C1 = contribuição ($\gamma(h)$), a = alcance (m), R² = Coeficiente de Determinação, MPE = Erro médio da predição, RMSE = Raiz quadrada do erro médio da predição.

Apêndice B - Semivariogramas e índices extraídos dos atributos químicos do solo e dos atributos das plantas na face norte.

Índices extraídos do mapa de pH_Norte gerado por KO.

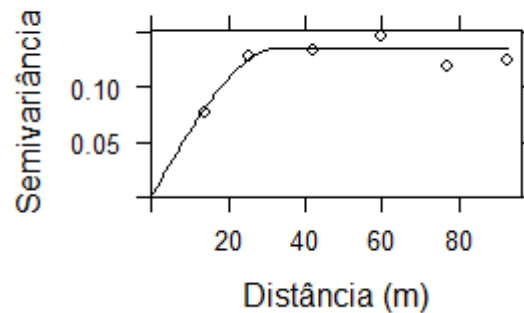
Modelo: Esférico / GDE: Forte			
C0	C1	a	R ²
0,012	0,049	47,4	0,20
MPE	0,051	RMSE	0,227



Semivariograma para pH_Norte.

Índices extraídos do mapa de Ca²⁺_Norte gerado por KO.

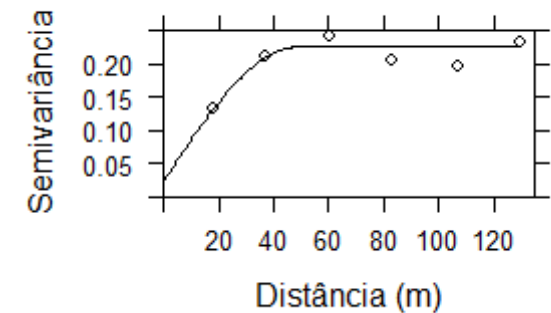
Modelo: Esférico / GDE: Forte			
C0	C1	a	R ²
0,0	0,13	32,9	0,14
MPE	0,115	RMSE	0,340



Semivariograma para Ca⁺²_Norte.

Índices extraídos do mapa de Mg²⁺_Norte gerado por KO.

Modelo: Esférico / GDE: Forte			
C0	C1	a	R ²
0,02	0,202	48,3	0,19
MPE	0,137	RMSE	0,370

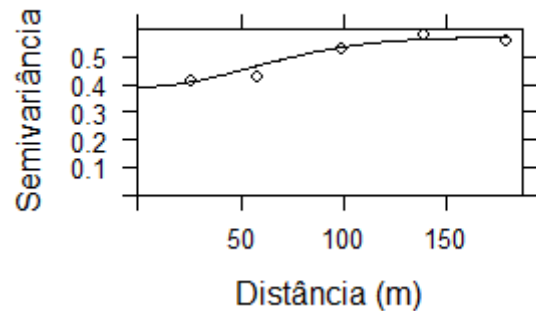


Semivariograma para Mg⁺²_Norte.

Legenda: KO = Krigagem ordinária, GDE: Grau de Dependência Espacial, C0 = efeito pepita ($\gamma(h)$), C1 = contribuição ($\gamma(h)$), a = alcance (m), R² = Coeficiente de Determinação, MPE = Erro médio da predição, RMSE = Raiz quadrada do erro médio da predição.

Índices extraídos do mapa de P_Norte gerado por KO.

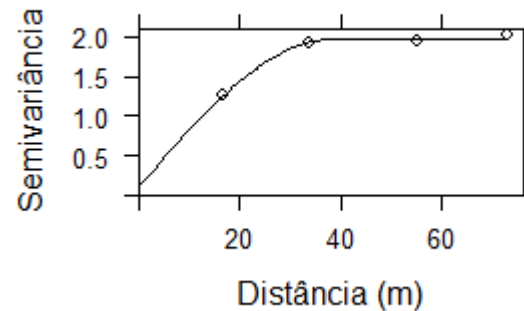
Modelo: Gaussiano / GDE: Moderado			
C0	C1	a	R ²
0,39	0,18	78	0,09
MPE	0,423	RMSE	0,65



Semivariograma para P_Norte.

Índices extraídos do mapa de H+Al _Norte gerado por KO.

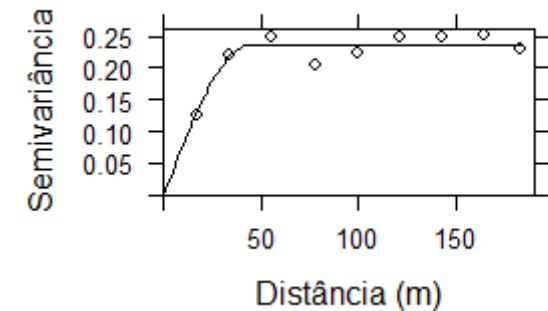
Modelo: Esférico / GDE: Forte			
C0	C1	a	R ²
0,115	1,85	37,9	0,39
MPE	1,41	RMSE	1,19



Semivariograma para H+Al_Norte.

Índices extraídos do mapa de Al⁺³_Norte gerado por KO.

Modelo: Esférico / GDE: Forte			
C0	C1	a	R ²
0,0	0,23	44,5	0,41
MPE	0,137	RMSE	0,37

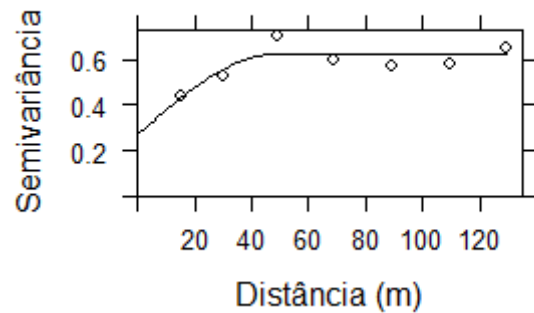


Semivariograma para Al⁺³_Norte.

Legenda: KO = Krigagem ordinária, GDE: Grau de Dependência Espacial, C0 = efeito pepita ($\gamma(h)$), C1 = contribuição ($\gamma(h)$), a = alcance (m), R² = Coeficiente de Determinação, MPE = Erro médio da predição, RMSE = Raiz quadrada do erro médio da predição.

Índices extraídos do mapa de S_Norte gerado por KO.

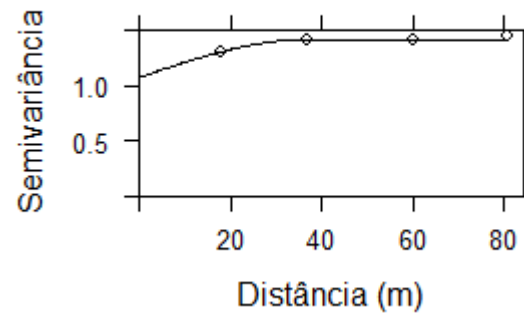
Modelo: Esférico / GDE: Moderado			
C0	C1	a	R ²
0,27	0,35	48,3	0,18
MPE	0,511	RMSE	0,715



Semivariograma para S_Norte.

Índices extraídos do mapa de T_Norte gerado por KO.

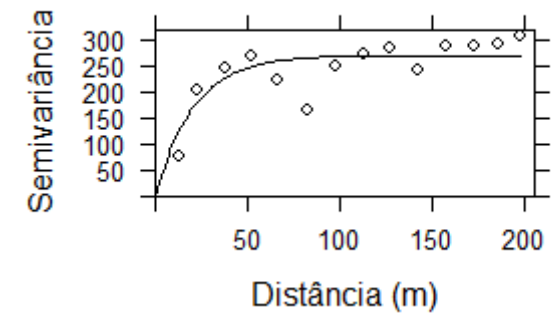
Modelo: Esférico / GDE: Moderado			
C0	C1	a	R ²
0,012	0,049	36,9	0,28
MPE	1,44	RMSE	1,20



Semivariograma para T_Norte.

Índices extraídos do mapa de V% _Norte gerado por KO.

Modelo: Exponencial / GDE: Moderado			
C0	C1	a	R ²
0,0	270,3	20,6	0,54
MPE	0,02	RMSE	11,1

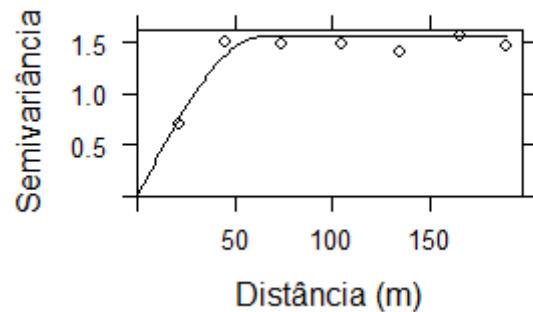


Semivariograma para V%_Norte.

Legenda: KO = Krigagem ordinária, GDE: Grau de Dependência Espacial, C0 = efeito pepita ($\gamma(h)$), C1 = contribuição ($\gamma(h)$), a = alcance (m), R² = Coeficiente de Determinação, MPE = Erro médio da predição, RMSE = Raiz quadrada do erro médio da predição.

Índices extraídos do mapa de P Planta_Norte gerado por KO.

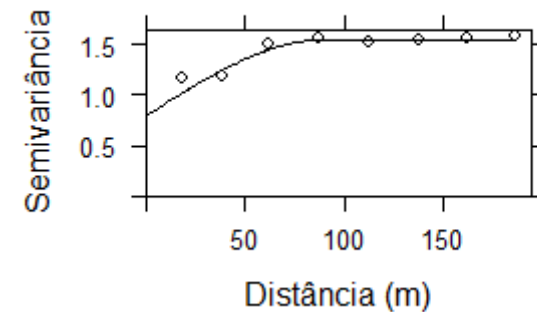
Modelo: Esférico / GDE: Forte			
C0	C1	a	R ²
0,0	1,55	63	0,69
MPE	0,013	RMSE	0,68



Semivariograma para P Planta_Norte.

Índices extraídos do mapa de K Planta_Norte gerado por KO.

Modelo: Esférico / GDE: Moderado			
C0	C1	a	R ²
0,8	0,75	90	0,15
MPE	01,18	RMSE	1,09

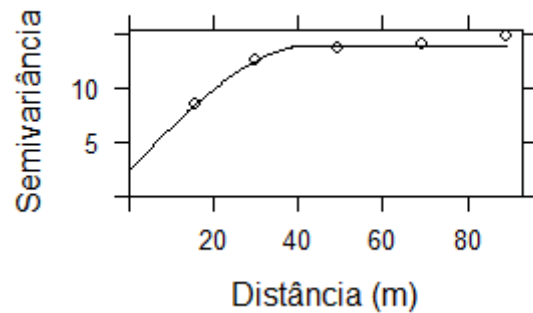


Semivariograma para K Planta_Norte.

Legenda: KO = Krigagem ordinária, GDE: Grau de Dependência Espacial, C0 = efeito pepita ($\gamma(h)$), C1 = contribuição ($\gamma(h)$), a = alcance (m), R² = Coeficiente de determinação, MPE = Erro médio da predição, RMSE = Raiz quadrada do erro médio da predição.

Índices extraídos do mapa de Ca Planta_Norte gerado por KO.

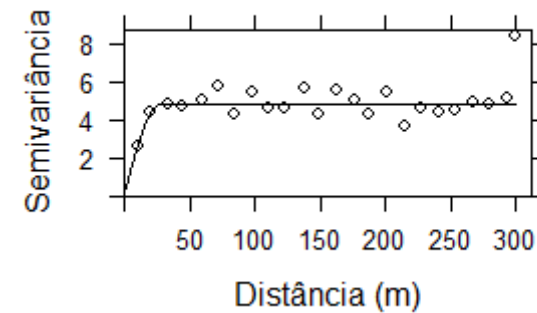
Modelo: Esférico / GDE: Forte			
C0	C1	a	R ²
2,43	11,5	43,0	0,27
MPE	0,27	RMSE	3,64



Semivariograma para Ca Planta_Norte.

Índices extraídos do mapa de Mg Planta_Norte gerado por KO.

Modelo: Gaussiano / GDE: Forte			
C0	C1	a	R ²
0,09	4,76	27,5	0,29
MPE	0,00	RMSE	2,16

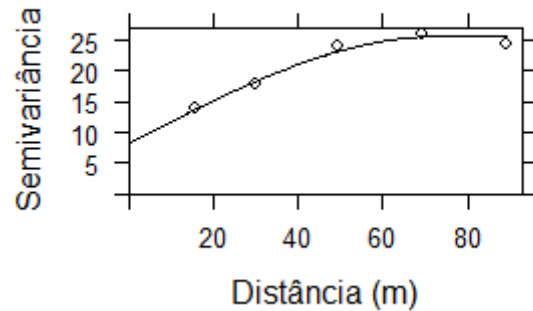


Semivariograma para Mg Planta_Norte.

Legenda: KO = Krigagem ordinária, GDE: Grau de Dependência Espacial, C0 = efeito pepita ($\gamma(h)$), C1 = contribuição ($\gamma(h)$), a = alcance (m), R² = Coeficiente de determinação, MPE = Erro médio da predição, RMSE = Raiz quadrada do erro médio da predição.

Índices extraídos do mapa de Circunferência da Planta_Norte gerado por KO.

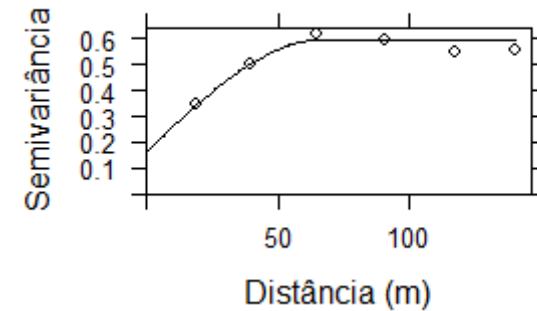
Modelo: Esférico / GDE: Moderado			
C0	C1	a	R ²
8,3	17,3	73,0	0,38
MPE	0,08	RMSE	4,12



Semivariograma para Circunferência da Planta_Norte.

Índices extraídos do mapa de Altura da Planta_Norte gerado por KO.

Modelo: Esférico / GDE: Moderado			
C0	C1	a	R ²
0,16	0,43	66,8	0,30
MPE	0,37	RMSE	0,61



Semivariograma para Altura da Planta_Norte.

Legenda: KO = Krigagem ordinária, GDE: Grau de Dependência Espacial, C0 = efeito pepita ($\gamma(h)$), C1 = contribuição ($\gamma(h)$), a = alcance (m), R² = Coeficiente de determinação, MPE = Erro médio da predição, RMSE = Raiz quadrada do erro médio da predição.