

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CÂMPUS DE BOTUCATU

**CULTIVO DE MILHO VERDE EM SUCESSÃO AO ARROZ NO
VALE DO RIBEIRA, SP: SUBSÍDIOS PARA ADOÇÃO DE
ZONAS DE MANEJO**

VANESSA SATIKO DA CUNHA AKUNE

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências
Agronômicas da Unesp – Câmpus de Botucatu,
para obtenção do título de mestre em Agronomia
(Energia na Agricultura).

BOTUCATU-SP

Abril – 2015

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CÂMPUS DE BOTUCATU

**CULTIVO DE MILHO VERDE EM SUCESSÃO AO ARROZ NO
VALE DO RIBEIRA, SP: SUBSÍDIOS PARA ADOÇÃO DE
ZONAS DE MANEJO**

VANESSA SATIKO DA CUNHA AKUNE

Orientador: Prof. Dr. Sérgio Hugo Benez

Co-orientador: Prof. Dr. Wilson José Oliveira de Souza

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da Unesp - Câmpus de Botucatu, para obtenção do título de mestre em Agronomia (Energia na Agricultura).

BOTUCATU-SP

Abril - 2015

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO
DA INFORMAÇÃO - DIRETORIA TÉCNICA DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - UNESP -
FCA - LAGEADO - BOTUCATU (SP)

A315c Akune, Vanessa Satiko da Cunha, 1981-
Cultivo de milho verde em sucessão ao arroz no Vale do
Ribeira, SP: subsídios para adoção de zonas de manejo /
Vanessa Satiko da Cunha Akune. - Botucatu : [s.n.], 2015
xii, 109 f. : fots. color., grafs. color., ils. color.,
tabs.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista,
Faculdade de Ciências Agrônomicas, Botucatu, 2015
Orientador: Sérgio Hugo Benez
Coorientador: Wilson José Oliveira de Souza
Inclui bibliografia

1. Mecanização agrícola. 2. Manejo do solo. 3. Milho -
Cultivo. I. Benez, Sérgio Hugo. II. Souza, Wilson José Oli-
veira de. III. Universidade Estadual Paulista "Júlio de
Mesquita Filho" (Câmpus de Botucatu). Faculdade de Ciências
Agrônomicas. IV. Título.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: “CULTIVO DE MILHO VERDE EM SUCESSÃO AO ARROZ NO VALE DO RIBEIRA: SUBSÍDIOS PARA IDENTIFICAÇÃO DE ZONAS DE MANEJO”

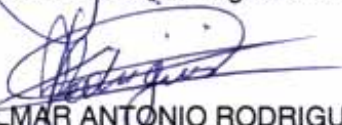
AUTORA: VANESSA SATIKO DA CUNHA AKUNE

ORIENTADOR: Prof. Dr. SERGIO HUGO BENEZ

CO-ORIENTADOR: Prof. Dr. WILSON JOSÉ OLIVEIRA DE SOUZA

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de MESTRE EM AGRONOMIA (ENERGIA NA AGRICULTURA) , pela Comissão Examinadora:


Prof. Dr. WILSON JOSÉ OLIVEIRA DE SOUZA
Coordenadoria de Curso de Agronomia / Unidade de Registro


Prof. Dr. VILMAR ANTONIO RODRIGUES
Campus Experimental de Registro - UNESP


Prof. Dr. PAULO ROBERTO ARBEX SILVA
Dep de Engenharia Rural / Faculdade de Ciencias Agronomicas de Botucatu

Data da realização: 16 de abril de 2015.

OFERECIMENTOS

Primeiramente a Deus por minha vida, família e amigos.

Ao meu pai Pedro Akime Akune e a minha mãe Maria Isabel da Cunha, pelo apoio, compreensão, dedicação constante e, principalmente, pelo incentivo nos momentos difíceis.

Ao Prof. Dr. Sérgio Hugo Benez e Prof. Dr. Wilson José Oliveira de Souza pela ampla transferência do conhecimento, orientação e apoio nos momentos difíceis.

Ofereço

Deus é forte, Ele é grande, e quando Ele quer não tem quem não queira.

Ayrton Senna

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus que em sua infinita bondade concedeu-me saúde e coragem para levar avante meus projetos.

Ao Prof. Dr. Sérgio Hugo Benez, pela valiosa orientação, dedicação, paciência, apoio, confiança, compreensão, incentivo, transferência de conhecimentos, exemplo de competência, e acima de tudo, pelo brilhante profissionalismo e sabedoria.

Agradeço à Faculdade de Ciências Agrônômicas – FCA/UNESP pela oportunidade de realizar as atividades

À CAPES pelo suporte através da concessão de bolsa.

À UNESP – Campus Experimental de Registro pela concessão do estágio docência na disciplina de Máquinas Agrícolas;

Ao Prof. Dr. Wilson José Oliveira de Souza (co-orientador), docente da UNESP-Unidade Experimental de Registro, pela amizade, zelo, incentivo, dedicação, paciência, credibilidade, transferência de conhecimentos, disponibilidade, motivação, oportunidade e acima de tudo pelo profissionalismo e orientação.

Aos alunos estagiários do LAMMEC – Laboratório de Máquinas e Mecanização Agrícola da UNESP – Campus de Registro e Ludielo Citon aluno da engenharia ambiental da UNISA - Registro, pela amizade, incentivo e auxílio nas atividades de coleta de dados de campo.

Aos professores Dr. Marcelo Chama Lopes, Dr. Érico Rodrigues e Dr. Vilmar Antônio Rodrigues docentes da Unidade Diferenciada de Registro, pela amizade, compreensão, consideração, dedicação, incentivo, motivação e transferência de conhecimentos e acima de tudo pelo profissionalismo.

Aos professores Dr. Élcio Hiroyoshi Yano e Dr. João Luis Zocoler docentes da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, pela amizade, zelo e incentivo.

Ao produtor rural Sr. Mário Kassuga, pela amizade e concessão da área para condução do experimento.

Aos meus “Amigos Especiais” Ana Orsi, Ana Maria, Anderson Edna, João, Pr. Genildo e Graciela Daiana Silva, Beth Martins, Fernanda Carvalho, Lidiane Colombari, Marcelo, Yara Garcia, Evair, Eli, pela amizade, apoio e incentivo.

A todos que direta ou indiretamente fizeram parte da minha formação, o meu muito obrigado.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	VII
LISTA DE FIGURAS	IX
LISTA DE EQUAÇÕES	XII
RESUMO	1
SUMMARY	3
1 INTRODUÇÃO	5
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	7
2.1 Aspectos gerais da cultura do milho	7
2.2 O cultivo de milho verde	9
2.3 Sistema plantio direto	13
2.4 Agricultura de precisão	20
2.5 Geoestatística	25
3 MATERIAL E MÉTODOS	30
3.1 Localização da área experimental, clima e solo	30
3.2 Área experimental e instalação	31
3.2.1 Caracterização da malha de pontos de amostragem	31
3.2.2 Implantação e condução da cultura	33
3.3 Determinações e avaliações de inverno – cultura do milho verde	34
3.3.1 Porcentagem de cobertura do solo	34
3.2 Altura de plantas de milho verde	35
3.3.3 Produção de espigas de milho verde	35
3.3.4 Determinações químicas e físicas do solo	37
3.5 Análise estatística dos dados	38
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	41
4.1 Análise descritiva dos dados avaliados	41

4.1.1 Atributos da planta	41
4.1.2. Atributos do solo	44
4.1.3 Porcentagem de cobertura do solo	48
4.2 Distribuição de frequência dos dados das variáveis avaliadas.....	49
4.2.1 Características da planta.....	49
4.2.2 Atributos do solo	50
4.2.3 Porcentagem de cobertura do solo	51
4.3 Análise de correlação e regressão entre os atributos estudados.....	52
4.3.1 Características da planta versus características da planta.	52
4.3.2 Atributos do solo versus atributos do solo	59
4.3.3 Características da planta versus atributos do solo.....	67
4.4 Análise geoestatística dos dados de interesse para definição de zonas de manejo	68
4.4.1 Cobertura do solo e desenvolvimento de plantas	70
4.4.2 Composição textural do solo: teores de argila, silte e areia.	72
4.4.3. Composição química do solo	77
5 CONCLUSÕES.....	84
6 REFERÊNCIAS	85

LISTA DE TABELAS

Tabela	Página
Tabela 1. Dados das condições médias meteorológica de Registro - SP, durante a condução da cultura do milho verde de 26/06/2014 (semeadura) a 18/10/2014 (colheita).	34
Tabela 2. Parâmetros de interpretação do grau de dependência espacial para variáveis analisadas pela semivariância.	40
Tabela 3. Estatística descritiva das variáveis de produtividade do milho verde no ano agrícola de 2013/2014, no município de Registro, Vale do Ribeira, SP.	44
Tabela 4. Estatística descritiva das variáveis de fertilidade química do solo no cultivo de milho verde no ano agrícola de 2013/2014, no município de Registro, Vale do Ribeira -SP.	47
Tabela 5. Estatística descritiva das variáveis de textura física do solo no cultivo de milho verde no ano agrícola de 2013/2014, no município de Registro, Vale do Ribeira, SP.	48
Tabela 6. Estatística descritiva das variáveis de porcentagem de cobertura do solo no cultivo do milho verde no ano agrícola de 2013/2014, no município de Registro, Vale do Ribeira, SP.	49
Tabela 7. Teste de Normalidade, Kolmogorov Smirnov a 5% de probabilidade das variáveis da produtividade do milho verde no ano agrícola de 2013/2014, no município de Registro, Vale do Ribeira, SP.	50
Tabela 8. Teste de Normalidade das variáveis de solo e produtividade de milho verde no ano agrícola de 2013/2014, no município de Registro, Vale do Ribeira, SP.	51
Tabela 9. Teste de Normalidade, Kolmogorov Smirnov a 5% de probabilidade das variáveis de porcentagem de cobertura do solo no cultivo de milho verde no ano agrícola de 2013/2014, no município de Registro, Vale do Ribeira, SP.	51
Tabela 10. Equação de regressão e coeficientes do ajuste das correlações entre atributos da produtividade do cultivo de milho verde no ano agrícola de 2013/2014, no município de Registro, Vale do Ribeira, SP.	55

Tabela 11. Equação de regressão e coeficientes do ajuste das principais correlações dos atributos do solo, no cultivo de milho verde no ano agrícola de 2013/2014, no município de Registro, Vale do Ribeira, SP..... 61

Tabela 12. Equação de regressão e coeficientes do ajuste das principais correlações dos atributos do solo com as características agronômicas da planta, no cultivo de milho verde no ano agrícola de 2013/2014, no município de Registro, Vale do Ribeira, SP. 67

Tabela 13. Parâmetros do semivariogramas ajustados para os dados de Cobertura de solo antes (% COB A) e após o cultivo do milho (% COB MI), teores de Argila, Silte e Areia, matéria orgânica (MO), fósforo resina (P) e potássio (K), no outono-inverno do ano de 2014, em Registro, Vale do Ribeira, SP. 69

LISTA DE FIGURAS

Figura	Página
Figura 1- Localização da área experimental, no ano 2014 e detalhe dos pontos de amostragem.....	31
Figura 2. Mapa da área experimental e pontos de coleta de dados para o trabalho, no ano de 2014, na Fazenda Kassuga, no município de Registro, SP mapa.....	32
Figura 3. Dados climáticos mensais fornecidos pela CIIAGRO Online (2015) da estação meteorológica de Registro-SP, durante a condução da cultura do milho verde de 26/06/2014 (semeadura) a (18/10/2014) (colheita).	33
Figura 4. Quantificação da porcentagem de cobertura do solo nos pontos amostrais.....	34
Figura 5. Mensuração da altura de plantas de milho verde.	35
Figura 6. Coleta das espigas de milho verde para avaliações de produtividade, em 2014.	36
Figura 7. Massa fresca da espiga de milho verde.....	36
Figura 8. Produtividade dos grãos de milho verde por ponto amostral.....	37
Figura 9. Amostragem do solo	38
Figura 10. Gráfico de regressão do comprimento (CED) e diâmetro da espiga despilhada (DED) em função do diâmetro da espiga empalhada (DEP) da produtividade do milho verde no ano agrícola de 2013/2014, no município de Registro, Vale do Ribeira, SP.	56
Figura 11. Gráfico de regressão da Produtividade de grãos (PG), Produtividade da espiga empalhada (PEP) e despilhada (PED) em função do diâmetro da espiga com palha (DEP) do milho verde, no ano agrícola de 2013/2014, no Vale do Ribeira, SP.....	56
Figura 12. Gráfico de regressão da Produtividade de grãos (PG), Produtividade da espiga com palha (PEP) e despilhada (PED) em função do comprimento da espiga sem palha (CED), no milho verde, no ano agrícola de 2013/2014, no Vale do Ribeira - SP.....	57
Figura 13. Gráfico de regressão da Produtividade de grãos (PG), Produtividade da espiga com palha (PEP) e sem palha (PED) em função do diâmetro da espiga sem palha (DED), no cultivo de milho verde no ano agrícola de 2013/2014, no Vale do Ribeira - SP.	57
Figura 14. Gráfico de regressão da Produtividade da espiga despilhada (PED), Produtividade de grãos (PG) em função Produtividade da espiga empalhada (PEP), do milho verde no ano agrícola de 2013/2014, no Vale do Ribeira, SP.....	58
Figura 15. Gráfico de regressão da Produtividade de grãos (PG) em função da Produtividade da espiga despilhada (PED) do milho verde no ano agrícola de 2013/2014, no município de Registro, Vale do Ribeira, SP.....	58

- Figura 16.** Gráfico de regressão entre porcentagem de argila com Calcio (Ca), Magnésio (Mg) e Saturação por bases (V%) no solo cultivado com milho verde no ano agrícola de 2013/2014, no município de Registro, Vale do Ribeira, SP..... 62
- Figura 17.** Gráfico de regressão entre Teor de argila com Capacidade de Troca de Cátions (CTC) e Soma de bases (SB) no solo cultivado com milho verde no ano agrícola de 2013/2014, no município de Registro, Vale do Ribeira, SP..... 62
- Figura 18.** Gráfico de regressão entre Teor de silte com Calcio (Ca), Magnésio (Mg) e Saturação por bases (V%) no solo cultivado com milho verde, no município de Registro, Vale do Ribeira, SP. 63
- Figura 19.** Gráfico de regressão Teor de silte com Soma de bases (SB) e Capacidade de Troca de Cátions (CTC) no solo cultivado com milho verde 2013/2014, no município de Registro, Vale do Ribeira, SP..... 63
- Figura 20.** Gráfico de regressão entre Teor de areia total com Calcio (Ca), Magnésio (Mg) e Saturação por bases (V%) no solo cultivado com milho verde, no ano agrícola de 2013/2014, no município de Registro, Vale do Ribeira, SP..... 64
- Figura 21.** Gráfico de regressão entre Teor de areia total com Soma de bases (SB) e Capacidade de Troca de Cátions (CTC) no solo cultivado com milho verde no ano agrícola de 2013/2014, no município de Registro, Vale do Ribeira, SP..... 64
- Figura 22.** Gráfico de regressão entre Matéria Orgânica com Calcio (Ca), Magnésio (Mg) e Saturação por bases (V%) no solo cultivado com milho verde no ano agrícola de 2013/2014, no município de Registro, Vale do Ribeira, SP..... 65
- Figura 23.** Gráfico de regressão entre Matéria Orgânica, Soma de bases (SB) e Capacidade de Troca de Cátions (CTC) no solo cultivado com milho verde após o cultivo de arroz no verão no ano agrícola de 2013/2014, no município de Registro, Vale do Ribeira, SP. 65
- Figura 24.** Gráfico de regressão entre Matéria Orgânica, fósforo e potássio no solo cultivado com milho verde após o cultivo de arroz no verão no ano agrícola de 2013/2014, no município de Registro, Vale do Ribeira, SP..... 66
- Figura 25.** Gráfico de regressão Regressão entre fósforo e potássio no solo cultivado com milho verde após o cultivo de arroz no verão no ano agrícola de 2013/2014, no município de Registro, Vale do Ribeira, SP..... 66
- Figura 26.** Gráfico de regressão do Comprimento da espiga com palha (CEP) em função do Teor de Argila, no cultivo de milho verde no ano agrícola de 2013/2014, no município de Registro, Vale do Ribeira, SP..... 68
- Figura 27.** Semivariograma da % de cobertura do solo após o cultivo de arroz na área, no outono-inverno de 2014, no município de Registro, SP..... 70

Figura 28. Mapa de distribuição espacial da % de cobertura do solo após o cultivo de arroz na área, no outono-inverno de 2014, no município de Registro, SP.	71
Figura 29. Semivariograma da % de cobertura do solo após o cultivo de milho verde na área, no outono-inverno de 2014, no município de Registro, SP.	71
Figura 30. Mapa de distribuição espacial da % de cobertura do solo após o cultivo de milho na área, no outono-inverno de 2014, no município de Registro, SP.	72
Figura 31. Semivariograma do teor de argila após o cultivo de milho verde na área, no outono-inverno de 2014, no município de Registro, SP.	73
Figura 32. Mapa de distribuição espacial do teor de argila no solo após o cultivo de milho verde na área, no outono-inverno de 2014, no município de Registro, SP.	74
Figura 33. Semivariograma do teor de Silte no solo após o cultivo de milho verde na área, no outono-inverno de 2014, no município de Registro, SP.	75
Figura 34. Mapa de distribuição espacial do teor de Silte no solo após o cultivo de milho na área, no outono-inverno de 2014, no município de Registro, SP.	75
Figura 35. Semivariograma do teor de Areia total no solo após o cultivo de milho verde na área, no outono-inverno de 2014, no município de Registro, SP.	76
Figura 36. Mapa de distribuição espacial do teor de Areia Total no solo após o cultivo de milho verde na área, no outono-inverno de 2014, no município de Registro, SP.	77
Figura 37. Semivariograma do teor de matéria orgânica do solo após o cultivo de milho verde na área, no outono-inverno de 2014, no município de Registro, SP.	78
Figura 38. Mapa de distribuição espacial do teor de matéria orgânica do solo após o cultivo de milho verde na área, no outono-inverno de 2014, no município de Registro, SP.	79
Figura 39. Semivariograma do teor de fósforo no solo após o cultivo de milho verde na área, no outono-inverno de 2014, no município de Registro, SP.	80
Figura 40. Mapa de distribuição espacial do teor de fósforo no solo após o cultivo de milho verde na área, no outono-inverno de 2014, no município de Registro, SP.	81
Figura 41. Semivariograma do teor de potássio do solo após o cultivo de milho verde na área, no outono-inverno de 2014, no município de Registro, SP.	82
Figura 42. Mapa de distribuição espacial do teor de potássio no solo após o cultivo de milho verde na área, no outono-inverno de 2014, no município de Registro, SP.	83

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação		Página
Equação 1	Cálculo do semivariograma.....	27
Equação 2	Cálculo do grau de dependência espacial.....	28
Equação 3	Cálculo de semi-variogramas para as variáveis com distribuição não normal.....	39
Equação 4	Cálculo do grau de dependência espacial das variáveis estudadas com distribuição não normal.....	40

RESUMO

O conhecimento da variabilidade espacial das características agronômicas da cultura e da fertilidade do solo em áreas cultivadas, proporciona importantes informações para a racionalização na aplicação dos corretivos e fertilizantes no solo, contribuindo para a redução nos impactos ambientais e custos de produção. O presente trabalho teve como objetivo determinar a variabilidade da produção da cultura do milho verde no inverno e da fertilidade do solo, em área agrícola comercial, com a finalidade de identificar e delimitar zonas de manejo para tratamento individualizado. O experimento foi instalado e conduzido na Fazenda Kassuga, localizada no município de Registro – SP, na safra de 2013/2014. A grade amostral foi constituída de 68 pontos de amostragem georreferenciados, distribuídos numa área de 4,97 ha. O plantio do milho híbrido convencional foi realizado em sistema de semeadura direta, em sucessão a colheita do arroz no inverno, a colheita foi realizada na condição de milho verde. As características avaliadas foram; altura das plantas, comprimento, diâmetro, e produtividade das espigas empalhadas e despalhadas, produtividade de grãos e os atributos do solo. Os dados foram submetidos a análise exploratória para verificar grau de normalidade e a medida de correlação entre os atributos do solo, produtividade do milho e porcentagem de cobertura. Os dados que apresentaram distribuição não normal, foram submetidos à análise geoestatística a fim de quantificar o grau de dependência espacial e elaborar os mapas de variabilidade espacial. Os resultados demonstraram que não houve correlação significativa da produtividade da espiga de milho verde com os atributos químicos do solo, contudo, ocorreram diversas interações entre os elementos de fertilidade e textura do solo. A dependência espacial dos atributos do solo demonstra que as variações espaciais necessitam ser consideradas na seleção da técnica de condução da

cultura, ou seja, agricultura convencional ou de precisão. Os atributos químicos MO, K e P apresentaram variabilidade espacial na área, fornecendo subsídios para o estabelecimento de zonas de manejo diferenciadas, visando as recomendações de aplicações de insumos a taxas variáveis. Os resultados das características agronômicas da produção da cultura corresponderam aos parâmetros produtivos estabelecidos para comercialização, demonstrando a viabilidade do cultivo de milho verde na região do Vale do Ribeira - SP.

Palavras-chave: mecanização agrícola, zona de manejo, taxa variável, milho verde

GREEN CORN CULTURE IN SUCCESSION TO RICE IN THE RIBEIRA VALLEY, SP: SUBSIDIES FOR ADOPTION OF MANAGEMENT ZONES.

Botucatu, 2014. 109 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia / Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista.

Author: VANESSA SATIKO DA CUNHA AKUNE

Adviser: SÉRGIO HUGO BENEZ

Co-Adviser: WILSON JOSÉ OLIVEIRA DE SOUZA

SUMMARY

The knowledge of the spatial variability of agronomic traits of culture and soil fertility in cultivated areas provides important information to rationalize the application of lime and fertilizers in the soil, helping to reduce the environmental impacts and production costs. This study aimed to determine the variability of the production of green maize in winter and soil fertility in commercial agriculture, in order to identify and delineate management zones for individualized treatment. The experiment was carried out and conducted in Kassuga Farm, located in the Registro- SP, in the harvest of 2013/2014. The sampling grid consisted of 68 points georreferenciados sampling, spread over an area of 4.97 ha. The planting of conventional hybrid corn was conducted in tillage, in succession to the rice harvest in winter, the harvest was performed in corn condition. The characteristics were; plant height, length, diameter, and productivity of unhusked and husked ear, grain yield and soil properties. The data were submitted to exploratory analysis to verify the degree of normality and the measure of correlation between soil attributes, corn productivity and percentage of coverage. The data showed that non-normal distribution were submitted to geostatistical analysis to quantify the

degree of spatial dependence and prepare the spatial variability maps. The results showed no significant correlation productivity of corn on the cob with soil chemical properties; however, there were several interactions between the elements of fertility and soil texture. The spatial dependence of soil attributes queen spatial variations shows need to be. Considered in selecting the driving technique of the culture, conventional agriculture or precision. The chemical attributes MO, K and P showed spatial variability in the area, providing support for the establishment of different management zones, targeting the recommendations of inputs applications at variable rates. The results of the agronomic characteristics of the crop production corresponded to the production parameters established for marketing, demonstrating the viability of corn cultivation in the region Vale do Ribeira - SP.

Keywords: agricultural mechanization, zone management, variable rate, corn

1 INTRODUÇÃO

No Vale do Ribeira, alguns agricultores praticam a sucessão de culturas, com o cultivo de milho no inverno visando o mercado de milho verde, destinado aos diversos mercados locais, regionais e estaduais como Rio de Janeiro e Paraná. Normalmente as áreas que recebem a cultura no inverno são cultivadas com arroz no período de verão como cultura principal, constituindo-se no principal sistema de produção regional, considerando estas culturas.

O cultivo do milho na região do Vale do Ribeira do Iguape é realizado visando à produção no inverno. Portanto o plantio é realizado entre os meses de junho e agosto, época de condições climáticas favorável para atender as necessidades hídricas da cultura, a colheita ocorre aproximadamente 90 dias após a implantação da cultura. Esta pratica de manejo permite a comercialização do milho verde no período de escassez no mercado, nos meses de setembro a outubro, favorecendo a valorização do produto, contribuindo para ampliar a renda do produtor e minimizar os riscos econômicos da empresa rural. De acordo com Pereira Filho et al. (2011), o "negócio milho verde" é bastante promissor e vem incentivando produtores de outras culturas a migrar para a sua exploração. Esses autores relatam que o aumento da demanda pelo produto no mercado também vem estimulando produtores que utilizam mão de obra familiar a incrementar a indústria caseira, contribuindo com a elevação de sua renda.

No Vale do Ribeira o principal entrave para cultura do milho verde e do arroz está relacionado principalmente ao baixo nível tecnológico das propriedades, onde ainda vários produtores utilizam milho variedade, destacando-se o IAC Bandeirante e IAC Avaré, embora já exista uma migração para sementes de milho híbrido, com maior exigência tecnológica. Além disso, é importante ressaltar a carência

de informações científicas a respeito do comportamento produtivo dessas culturas na região. A reversão deste quadro depende de vários fatores, destacando como alternativa a intensificação da produção, por meio, da otimização dos fatores que diretamente influenciam o processo produtivo, como a localização da área de cultivo, adequação do conjunto de máquinas e equipamentos agrícolas, mão-de-obra especializada, consolidação da rotação e sucessão de culturas no verão-inverno associados aos sistemas conservacionistas do solo como o cultivo mínimo e sistema plantio direto. De modo generalista o desenvolvimento de intervenções que fomentem a inovação tecnológica com redução dos custos de produção na cultura, pode contribuir significativamente para a cadeia produtiva do milho verde.

As áreas do Vale do Ribeira do Iguape do ponto de vista agrônomo despertam a atenção pela característica dos solos nas áreas agrícola, que apresentam elevada variabilidade nos níveis de produção. Em áreas onde ocorre sistematização para cultivo do arroz irrigado por inundação, é possível verificar visualmente o desenvolvimento heterogêneo das culturas, tanto de arroz no verão, como do milho no período de inverno. Deste modo, a avaliação pormenorizada do comportamento dos atributos do solo e da planta na área cultivada, fornece informações que estabelecem alternativas de manejo, capazes de contribuir para a redução dos efeitos da variabilidade sobre a produção das culturas. No Brasil atualmente tem intensificado os estudos geoestatísticos, em detrimento das pesquisas referentes a variabilidade dos atributos do solo e da planta.

Na região do Vale do Ribeira - SP as informações agrônomicas referentes ao cultivo do milho verde que ainda são insipientes, e considerando o nível a necessidade de ampliar a produtividade da cultura e reduzir os custos de produção com o uso de tecnologias acessíveis ao produtor, entende-se que uma das possibilidades é o estudo das áreas agrícolas considerando zonas de manejo, estabelecidas em função da produção agrícola e alguns atributos do solo e da planta. Nesse contexto o presente trabalho teve como objetivo estudar a variabilidade espacial dos atributos do solo e da produção da cultura do milho verde no inverno em sucessão ao cultivo do arroz, em uma área agrícola comercial, com a finalidade de identificar zonas de manejo, para tratamento individualizado nas safras seguintes, permitindo a adoção de aplicações de fertilizantes e corretivos a taxas variáveis.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Aspectos gerais da cultura do milho

O milho (*zea mays*) pertence à família das Poaceae, seu fruto é a espiga, sendo que no interior desta encontram-se as sementes, responsáveis pela continuidade da espécie. De acordo com Landau et al., (2012) o milho é considerado uma planta de dias curtos, apresenta pouca sensibilidade às variações do fotoperíodo, por ser uma planta pertencente ao grupo C₄ que é altamente eficiente na assimilação da luz, portanto a redução de 30% a 40% da intensidade luminosa, por períodos prolongados, atrasa a maturação dos grãos ou provocam queda na produção. A produtividade do milho depende de vários fatores, sendo os mais importantes a interceptação da radiação pelo dossel, eficiência metabólica, da translocação dos fotossintatos para os grãos e a capacidade de dreno. O ciclo médio de uma cultivar é muito variável sendo influenciada pelas condições de clima, época do ano e região. De acordo com Cantão (2007) as tecnologias que são empregadas para aumentar a produtividade da cultura do milho são baseadas no adequado fornecimento de nutrientes às plantas, ou seja, ressaltam a importância de melhorar as condições do solo para o desenvolvimento das plantas e a utilização de genótipos capazes de obterem maiores tetos produtivos.

A cultura do milho apresenta grande importância social e econômica, mundialmente e principalmente no Brasil. O milho é cultivado desde a agricultura de subsistência até lavouras de alto nível tecnológico (MATTOSO & MELO FILHO, 2010). O milho é um dos cereais mais cultivados e consumidos no mundo pela multiplicidade de aplicações na alimentação humana e animal, sendo que no ano de 2012/2013 foram cultivados no Brasil cerca de 15,829 milhões de hectares garantindo

uma produção de 81,505 milhões de toneladas com produtividade média de 5.149 Kg ha⁻¹ (CONAB, 2014). Deste total produzido, cerca de 26,6 milhões de toneladas foram exportadas (ANEC, 2013). A produtividade brasileira é considerada baixa, quando comparada a países como Estados Unidos e China (FAO, 2010), que possuem uma produtividade média de 9,97 e 5,29 t ha⁻¹, respectivamente (USDA, 2014).

Sans & Guimarães (2011) afirmam que a produtividade do milho está diretamente relacionada a vários fatores que estão interligados, incluindo principalmente a eficiência metabólica, interceptação da radiação pelo dossel, eficiência de translocação de fotossintatos para os grãos e a capacidade de dreno. De acordo com Landau et al., (2012) a temperatura ideal para o cultivo do milho está em torno de 25 e 30 °C, e a necessidade hídrica demanda um consumo mínimo de 350-500 mm para garantir uma produção satisfatória sem necessidade de irrigação. As temperaturas do solo inferiores a 10 °C ou superiores a 40 °C causam prejuízo sensível à germinação (LANDAU et al, 2012).

O milho (*Zea mays* L.) é uma espécie diplóide e alógama, pertencente à família Poacea (Gramineae), tendo sua origem bastante estudada e várias hipóteses foram propostas. Porém as mais consistentes são aquelas que demonstram que o milho descende do teosinte, que é uma gramínea com várias espigas sem sabugo, que pode cruzar naturalmente com o milho e produzir descendentes férteis (GALINAT, 1995). A domesticação do milho ocorreu no México e na América Central, atualmente é cultivado em vários continentes em função da disponibilidade das mais diversificadas tecnologias de produção, que permite a sua adaptação em diversos ambientes.

O milho é um dos grãos que domina o mercado agrícola no mundo, juntamente com o arroz, o trigo e a soja (CONAB, 2007). A sua importância econômica está diretamente relacionada às múltiplas possibilidades de uso desse cereal que vão desde a alimentação humana e animal até as indústrias de altas tecnologias. A intensa demanda desse produto no mundo favorece o aumento das atividades antrópicas em ambientes naturais, no entanto, nas regiões temperadas e subtropicais, novas áreas para produção agropecuária são praticamente inexistentes, portanto a futura produção de milho depende dos incrementos na produtividade. Este acréscimo está diretamente relacionado à recuperação de áreas degradadas, da ocupação de novas áreas agrícolas em regiões tropicais e do nível tecnológico aplicado no desenvolvimento das atividades agrícolas dentro da cadeia produtiva.

As estratégias de manejo da cultura desempenhadas têm sofrido diversas transformações em decorrência das inovações tecnológicas que privilegia o processo técnico de pesquisa e desenvolvimento, contribuindo essencialmente com os conhecimentos específicos que buscam aumentar a eficiência dentro do sistema de produção agrícola. No Brasil o incremento da produtividade e da viabilidade econômica da cultura do milho, depende da compatibilidade entre as características genéticas da cultivar e do sistema de manejo adotado pelo produtor. A escolha do tipo de cultivar é uma das variáveis mais importantes na determinação do rendimento final do milho além de ser uma ferramenta imprescindível para a tomada de decisões no manejo e no melhoramento, por permitir a identificação dos fatores limitantes em diferentes níveis tecnológicos.

2.2 O cultivo de milho verde

A elevada produção do País é devida à aptidão agrícola e multiplicidade de aplicações do milho, quer para a alimentação humana quer para a animal, assumindo relevante papel socioeconômico (FANCELLI E DOURADO NETO, 1996; TEIXEIRA, 1998). Além disso, o Brasil tem grande potencial para produção de milhos especiais para consumo no estado verde (OLIVEIRA JÚNIOR. et al., 2006).

A espiga de milho no estágio verde é comercializada em todo o Brasil para consumo de espigas cozidas, assadas ou para processamento como mingau, pamonha, sorvetes, bolos, entre outros produtos (SANTOS et al., 2011).

As informações referentes à área nacional cultivada, produtividade, produção e cultivares recomendadas relacionadas ao cultivo de milho verde ainda são escassos. Os dados mais recentes são referentes a estatísticas nacionais de 2006, demonstrando que a produção brasileira de milho verde era de 268.265 toneladas, sendo que os estados de São Paulo, Pernambuco e Paraíba foram considerados os três maiores produtores de milho verde nacional que produziram, respectivamente, 39.591 t, 35.639 t e 26. 769 t (IBGE, 2006). Conforme dados pesquisados a cultura do milho verde no Brasil tem uma produtividade média que varia de 9 a 15 toneladas de espigas empalhadas por hectare, dependendo da região (PAIVA JUNIOR. et al., 2001). Embora os números relativos à produção de milho verde sejam bem mais modestos do que os relativos à produção de grãos secos, seu cultivo no Brasil cresce a cada ano devido ao valor agregado ao produto e seus derivados (VIEIRA, 2007).

Produtores consideram o milho verde como fonte adicional de renda, pois apresenta valor comercial superior ao milho comercializado na forma de grãos (CANIATO et al., 2004). O cultivo de milho verde se tornou uma excelente alternativa econômica para o pequeno e médio produtor, em função principalmente do atrativo preço de mercado e da contínua demanda pelo produto *in natura*. O aspecto relevante no manejo cultural para a produção de milho verde é que essa exploração geralmente é conduzida em pequena escala, em médias lavouras, absorvendo principalmente mão de obra familiar, que contribui para a geração de empregos em pequenas e médias propriedades, particularmente na época da colheita, que é realizada de forma manual (CRUZ & PEREIRA FILHO, 2003; CRUZ et al., 2006). Deste modo a comercialização do milho verde é uma excelente alternativa de renda, tornando-se, muitas vezes, a principal fonte de recursos financeiros da família (CPT, 2010). A comercialização do milho verde no Brasil é feita de várias formas, podendo ocorrer a granel, na própria lavoura, como também o sofisticado processo de comercializar o milho já cozido a vapor e embalado a vácuo, em embalagem de plástico esterilizada (PEREIRA FILHO et al., 2011).

O milho colhido verde é cultivado de forma intensiva praticamente o ano todo, desde que sejam satisfeitas as exigências hídricas da cultura por meio de irrigações suplementares nos períodos de déficit hídrico (PAIVA JUNIOR, 1999). De acordo com Valentini & Shimoya (2008), o manejo cultural utilizado para a produção comercial de milho verde é similar as práticas culturais empregadas na cultura do milho destinadas a produção de grãos, variando apenas o tipo de cultivar e a população de plantas por hectare. A recomendação de cultivares específicas para produção de milho-verde, aliadas à adequada densidade populacional e à adubação equilibrada são ações responsáveis para o bom desempenho da cultura (FARINELLI et al., 2003). De acordo com Pereira Filho et al., (2011) o mercado brasileiro de sementes disponibiliza para comercializações diversas cultivares de milho, contudo poucas são recomendadas para a produção de milho verde, fato este que incentiva o produtor a recorrer ao auxílio de um técnico para orientá-lo quanto à seleção da cultivar ideal para suprir as exigências do mercado consumidor. As cultivares ideais para produção de milho-verde deve apresentar espigas grandes e com bom empalhamento, o que confere à espiga maior proteção contra o ataque de pragas, que depreciam o produto; os grãos devem ser do tipo dentado, com alinhamento retilíneo e ter, preferencialmente, cor amarelo-creme; o endurecimento dos grãos deve ser relativamente lento; o pericarpo deve ser fino, pois quanto menor sua espessura, maior a maciez do grão após cozimento (PEREIRA FILHO et al., 2003).

Em relação às condições edafoclimáticas para o cultivo do milho, atualmente, com os avanços nos trabalhos na área de climatologia, o Brasil possui um sistema de Zoneamento Agrícola elaborado pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento que disponibiliza informações a respeito das épocas com menores riscos para o plantio. Entretanto a produção de milho verde é geralmente escalonada durante o ano todo para atender à demanda dos consumidores, variando muito de região para região (PEREIRA FILHO et al., 2011). A densidade de semeadura para a produção de milho verde de acordo com as recomendações de Pereira Filho et al., (2011) devem variar entre 40 mil a 55 mil plantas por hectare, menor que a densidade normalmente empregada para a produção de grãos.

No Brasil a redução do espaçamento entre linhas no cultivo de milho destinado a produção de grãos é uma prática tendenciosa variando de 1m a 0,45 m, fato que se torna possível em função da colheita ser mecanizada. Entretanto esse manejo não se aplica à produção de milho verde, devido à colheita ser executada geralmente de forma manual, necessitando de espaço para movimentação dos colhedores. Portanto de acordo com Valentini & Shimoya (2008) o espaçamento para o cultivo do milho verde deve ser de 90 cm entrelinhas por permitir maior produtividade de espigas comerciais. As exigências hídricas requeridas pela cultura do milho verde oscilam conforme as condições climáticas. Albuquerque (2002) relata que esse consumo é de 370 mm, 420 mm e 470 mm para atender as demandas hídrica baixas, médias e altas, respectivamente. De acordo com Pereira Filho et al., (2011) a cultura do milho verde durante todo o ciclo pode consumir de 350 mm a 500 mm de água, em média isso representa um consumo diário de 3 mm a 6 mm, contudo essa demanda hídrica varia em função da demanda evaporativa.

O período de colheita é determinado pelo número de dias decorridos entre o estágio leitoso dos grãos (início do ponto de milho verde) e o estágio pastoso dos grãos (final do ponto de milho verde) (CASTRO, 2010), ou seja, quando os grãos estão com 70-80% de umidade (SANTOS et al., 2005; VALENTINI & SHIMOYA, 2008; PEREIRA FILHO et al., 2011) entre 20 e 25 dias após o florescimento (FORNASIERI FILHO et al., 1998; PAIVA JUNIOR, 1999; PEREIRA FILHO et al., 2011). O ponto de colheita é extremamente variável, pois é diretamente influenciado pelas condições climáticas provenientes das diferentes épocas de semeadura, ou da localidade onde a lavoura foi implantada. De um modo geral, verifica-se que, nos plantios de verão, quando a lavoura se desenvolve sob temperaturas mais elevadas, a colheita é realizada de 70 a 90 dias após o plantio (20 a 25 dias após a floração), enquanto que, em plantios

realizados nos meses mais frios, o ciclo prolonga-se e a colheita pode ser retardada por até mais de 120 dias (PEREIRA FILHO et al., 2011). O período de colheita no ponto de milho verde conforme Pereira Filho et al., (2011) varia amplamente podendo durar de 5 a 8 dias, em função do cultivar empregada e das condições climáticas. Deste modo o mesmo autor relata que em torno de 42% dos produtores pesquisados efetuam a operação de colheita por mais de três vezes.

De acordo com Albuquerque et al., (2008a) é interessante que a produção de milho verde proporcione espigas de comprimento e diâmetro apropriados a comercialização, com a finalidade de atender as exigências estabelecidas pelo mercado consumidor, pois o produto que não apresenta as características desejadas normalmente é rejeitado. Esses autores recomendam espigas verdes despalhadas maiores que 15 cm de comprimento e 3 cm de diâmetro, como padrões considerados adequados para comercialização do produto. A comercialização do milho verde no Brasil é realizada de várias formas, podendo ocorrer a granel, na própria lavoura, ou envolver o sofisticado processo de comercializar o milho já cozido a vapor e embalado a vácuo, em embalagem de plástico esterilizada (PEREIRA FILHO et al., 2011).

A planta de milho pode ser aproveitada praticamente em sua totalidade. Após a comercialização das espigas, os restos da planta podem ser aproveitados para posterior incorporação ou como cobertura do solo para plantio direto, ou ainda, serem ensilados para compor volumoso para a alimentação animal (MORAES, 2009).

Considerando o ponto de colheita, o milho verde deve ser colhido estando o grão no estado leitoso, e apresentando de 70% a 80% de umidade. Entretanto, assim com a época de semeadura, segundo Pereira Filho (2008), este ponto de colheita é significativamente variável, pois depende das condições climáticas resultantes das diferentes épocas de semeadura, ou da região onde a lavoura foi instalada. Estudos de Borges et al. (2012) conduzidos em Janaúba, MG, em Latossolo Vermelho eutrófico, mostraram que a melhor época para implantar a cultura é em abril, produzindo espigas maiores e mais pesadas.

Outro fator relacionado ao ponto de colheita e à qualidade do produto é a qualidade do solo em que a planta está sendo cultivada. A fertilidade e disponibilidade de nutrientes no solo são essenciais ao desenvolvimento da cultura, destacando-se o fósforo, que é quase todo translocado para a semente (80-90%) (COELHO & FRANÇA, 2014) e o nitrogênio, o segundo principal nutriente exportado

nos grãos de milho (COELHO et al., 2012), sendo o último responsável por melhorar consideravelmente os teores de proteína do grão (FERREIRA et al., 2001), resultando em interferência direta na sua produtividade e qualidade. Trabalho desenvolvido por Borin et al., (2010) com milho doce em Goiás, demonstram que o nitrogênio é acumulado linearmente até a colheita, bem como o fósforo, indicando a importância do suprimento destes nutrientes durante todo o ciclo da cultura.

A disponibilidade de fósforo e nitrogênio no solo para a planta é fundamental para seu desenvolvimento, indicando que a homogeneidade na disponibilidade na área deva ter relação direta com a homogeneidade da produção e da qualidade obtida. O fósforo apresenta grande variabilidade no solo, como constatado por SILVA et al., (2003), que também verificou comportamento semelhante da produtividade de milho para grãos na região Sul do Brasil, observando graus de dependência espacial forte a moderada para estas variáveis.

2.3 Sistema plantio direto

A intensa demanda de alimentos no mundo estimula o aumento das atividades antrópicas em ambientes naturais, no entanto, nas regiões temperadas e subtropicais, novas áreas para produção agropecuária são praticamente inexistentes, portanto a futura produção de alimentos depende dos incrementos na produtividade. Este acréscimo está diretamente relacionado à recuperação de áreas degradadas e da ocupação de novas áreas agrícolas em regiões tropicais e também ao nível tecnológico aplicado no desenvolvimento das atividades agrícolas dentro da cadeia produtiva. A utilização de diferentes sistemas de manejo do solo tem como premissa básica manter a qualidade física do solo com a finalidade de maximizar a produção da área de cultivo. No entanto dependendo das condições climáticas e edáficas na qual a cultura encontra-se inserida, o intenso revolvimento do solo poderá provocar a degradação em seus atributos físicos, químicos e biológicos, restringindo o crescimento e desenvolvimento da planta, interferindo significativamente na sua produtividade.

Conforme Triplett Jr. & Dick (2008), o método de preparo do solo baseado na intensa mobilização, contribuiu de maneira significativa para o aumento expressivo da produção de alimentos, isto ocorreu devido à melhoria nas condições da área de cultivo durante a semeadura, além de promover o controle da competição por

plantas daninhas e disponibilizar maior quantidade de nitrogênio para a cultura em detrimento da rápida oxidação da matéria orgânica. Entretanto a decomposição acelerada do material orgânico contribuiu para impulsionar o processo erosivo, sobretudo nas regiões situadas mais ao Sul dos Estados Unidos e do Brasil, em função das altas temperaturas e as elevadas quantidades e intensidades de chuva, característicos dessas regiões. As práticas de preparo caracterizadas pela aração e gradagem, promovem o revolvimento do solo e a incorporação de resíduos, favorecendo os processos erosivos causados principalmente pela exposição direta do solo a ação de chuvas intensas e ventos fortes.

Em termos globais, a erosão do solo contabiliza, por ano, aproximadamente 190×10^9 t de sedimentos, sendo que 10% desse montante são transportados para os oceanos (LAL, 1995). As pesquisas realizadas pela FAO (2011) relatam que 25% dos solos do planeta estão degradados. Ainda em conformidade com o estudo, 8% dos solos estão moderadamente degradados, 36% estão estáveis ou levemente degradados e 10% estão classificados como “em recuperação”. O restante da superfície terrestre do planeta está descoberta (cerca de 18%) ou coberta por massas de água interiores (cerca de 2%) os dados incluem todos os tipos de terras FAO (2011). No Brasil o levantamento de áreas degradadas realizado em 2005 a FAO (2008) demonstrou que 15,97% dos solos apresentam certo nível de degradação, estando distribuídos da seguinte forma: 1,29% correspondente a 110mil km² com degradação leve; 4,99% ou 427 mil km² com degradação moderada; 7,29% ou 624 mil km² com degradação severa e 2,4% ou 205 mil km² com degradação muito severa.

A degradação do solo se dá principalmente pelo arraste das partículas menores e mais ricas em nutrientes, culminando com decréscimo da fertilidade e, conseqüentemente, pela redução das produções ou pelas crescentes necessidades da reposição de fertilizantes e corretivos (CREMON et al., 2009; SANTOS et al., 2010). Nesse contexto, o sistema de manejo adequado do solo permite reduzir o potencial de ocorrência de erosão, mesmo que as condições edafoclimáticas de determinada região apresentem características favoráveis a esse tipo de fenômeno. Assim a adoção de práticas de manejos conservacionistas como o sistema plantio direto e o cultivo mínimo têm sido apresentados como uma opção para assegurar a sustentabilidade do uso do solo agrícola com aumento da cobertura vegetal, ciclagem de nutriente e mínima mobilização, com a finalidade de minimizar a exposição do solo a processos erosivos e degradantes.

Considerando que as práticas de preparos conservacionistas estabelecem a cobertura vegetal do solo como a principal responsável pela proteção do solo contra os processos de degradação a ASAE (2005) determinou como sistemas de manejos conservacionistas aqueles que mantêm no mínimo 30% do solo coberto com palha após o cultivo, para diminuir a erosão hídrica, ou eólica quando este fator é o principal problema, conservam pelo menos 1100 kg ha⁻¹ de resíduos equivalentes a culturas de “grãos miúdos” (trigo, centeio, aveia e cevada) sobre a superfície durante as épocas na qual o risco de erosão é elevado.

O sistema plantio direto pode ser definido como um conjunto de processos tecnológicos agrícolas propostos para a exploração de sistemas produtivos, caracterizado principalmente pela mobilização do solo apenas na linha ou cova de semeadura, a constante manutenção permanente da cobertura vegetal do solo e a diversidade de espécies por meio da rotação ou consorciação de culturas. Fundamentada nesse conceito, que a adoção do sistema plantio direto objetiva expressar o potencial genético das espécies cultivadas mediante a maximização do fator ambiente e do fator solo, sem, contudo, degradá-los (EMBRAPA, 2011). As tecnologias propostas pelo plantio direto para Lal et al., (2007), são bastante eficazes, pois a ausência de revolvimento do solo e a manutenção dos resíduos culturais sobre a superfície são capazes de controlar a evaporação da água, minimizar as perdas de solo, reduzir a erosão e a demanda energética. A FAO (2014) estima que em todo o mundo 117 milhões de hectares são cultivados pelo sistema de plantio direto na palha, o que corresponde a 8% da área explorada pela agricultura. Atualmente são aproximadamente 32 milhões de hectares cultivados sob o sistema plantio direto no Brasil (FEBRAPDP, 2010). Verifica-se um aumento significativo na adoção dessa prática conservacionista do solo que envolve um conjunto de técnicas integradas que visam à sustentabilidade da produção agrícola, mostrando-se eficiente para a conservação e recuperação da capacidade produtiva de áreas degradadas.

O sucesso do sistema plantio direto está diretamente relacionado com a permanente cobertura vegetal do solo e conseqüentemente com a dinâmica de decomposição dos resíduos culturais. As plantas de cobertura semeadas na entressafra, em sistema de plantio direto, sejam solteira ou em consórcio, apresentam capacidade de absorver nutrientes em camadas subsuperficiais e, depois, de liberá-los nas camadas superficiais por meio da decomposição e da mineralização dos seus resíduos (TORRES et al., 2008; PAULETTI et al., 2009), podendo favorecer o uso eficiente de fertilizantes

nas culturas anuais em sucessão. Os resíduos culturais favorecem a ciclagem de nutrientes no solo, entretanto, diversos fatores podem influenciar a intensidade desse processo, tais como a qualidade e abundância de macro e microrganismos decompositores, as características intrínsecas do material e as condições edafoclimáticas de cada região. A dinâmica dessa ciclagem de nutrientes de acordo com Costa et al., (2013) nos trópicos úmidos é diferente do padrão de áreas temperadas. Portanto nas regiões caracterizadas pelo predomínio de baixas temperaturas uma grande parte da matéria orgânica e dos nutrientes permanece no solo, enquanto que, nos trópicos, uma porcentagem muito maior está na biomassa, sendo reciclada dentro das estruturas orgânicas do sistema. É válido ressaltar que a velocidade com que ocorre a ciclagem de nutrientes em seus vários níveis é muito mais rápida nas regiões tropicais do que em regiões temperadas (ODUM, 1988). Além dos fatores climáticos para que uma espécie seja eficaz na ciclagem de nutrientes, deve haver sincronia entre o nutriente liberado pelo resíduo da planta de cobertura e a demanda da cultura de interesse comercial, cultivada em sucessão (BRAZ et al., 2004).

No sistema plantio direto os resíduos vegetais mantidos na superfície do solo funcionam como um reservatório de nutrientes, onde a incorporação se dá por via biológica, sendo liberados lentamente pela ação dos mesmos, promovendo aumento de matéria orgânica ao longo do tempo (CAIRES, 2000), resultando em aumento na CTC. A matéria orgânica acumulada na camada superficial pode influenciar significativamente na acidez subsuperficial do solo, pois de acordo com (RHEINHEIMER et al., 2000), os ácidos orgânicos liberados durante a decomposição dos resíduos vegetais geram compostos orgânicos hidrossolúveis que complexam cálcio e magnésio, constituindo moléculas de cargas neutras, promovendo a sua descida mais facilmente no perfil do solo, sendo que o alumínio desloca o cálcio destes mesmos complexos orgânicos hidrossolúveis em subsuperfície diminuindo a acidez e aumentando o teor de cálcio (CAIRES et al., 2000). A menor atividade do Al na solução do solo em plantio direto tem resultados em implicações importantes na definição de critérios ou índices para tomada de decisão na recomendação de calagem nesse sistema (CAIRES, 2013). A capacidade de neutralização da acidez do solo por resíduos vegetais está associada aos seus teores de cátions e carbono orgânico solúvel (FRANCHINI et al., 1999.; MIYAZAWA et al., 1999).

O aumento do conteúdo de matéria orgânica do solo sob sistema de plantio direto também contribui para a melhoria dos atributos físicos, reduzindo a densidade média das partículas, aumentando a macroporosidade e, conseqüentemente,

reduzindo a densidade do solo e aumentando a taxa de infiltração de água e a sua resistência à compactação (NICOLOSO et al., 2008). Portanto do ponto de vista da física do solo, tem-se estimulado a adoção da rotação de culturas para manter e/ou aumentar os teores de matéria orgânica, criar poros biológicos, melhorar a estrutura e manter palha suficiente na superfície do solo (STONE et al., 2006; ANDRADE et al., 2009).

A cobertura vegetal ainda favorece o controle da erosão hídrica, pois evita o impacto direto das gotas de chuva no solo e promove a dissipação de energia cinética da precipitação, reduzindo a ruptura dos agregados, o selamento superficial e elevando a taxa de infiltração de água no solo. Essa barreira física formada pelos resíduos culturais ainda exhibe a capacidade de diminuir a velocidade do escoamento superficial, contribuindo expressivamente para a redução de transporte de partículas e de nutrientes, minimizando as perdas de solo e a contaminação dos cursos d'água. Na erosão hídrica de acordo com Santos et al., (2010) o carreamento de sedimentos mais finos, de menor diâmetro e de baixa densidade, fertilizantes e agroquímicos ocorre com mais facilidade, sendo compostos de colóides minerais, orgânicos e enriquecidos de nutrientes, passíveis de desencadear situações que favorecem os processos de assoreamento e poluição na rede hidrográfica.

A camada de cobertura morta, resultante do acúmulo do resíduo vegetal, diminui as oscilações de temperatura e da umidade na camada superficial do solo, contribuindo para a manutenção de um pedo-clima ameno, com maior capacidade de retenção de água nos períodos quentes e ou de estiagem prolongada (COLOZZI FILHO, 2000). A presença de resíduos na superfície do solo ocasiona impacto na evaporação, no armazenamento de água e na sua temperatura, devido à alteração nas transferências de calor e água na superfície deste (SARKAR et al. 2007, SARKAR & SINGH 2007). O processo evaporativo é limitado pela quantidade de energia disponível. Os termos principais do balanço de energia, correspondentes a ganhos ou perdas para as superfícies vegetais, são a radiação solar líquida, o calor sensível do ar ou da camada limite, o calor sensível a partir do solo e a evaporação, expressa como densidade de fluxo de calor latente (PEREIRA, 2007). As variáveis mais relevantes a serem consideradas para avaliar esse balanço de energia no processo de evaporação da água do solo são; a disponibilidade e transporte de água, o tipo e quantidade de cobertura na superfície do solo e a demanda evaporativa da atmosfera, que envolve a radiação solar, temperatura, umidade relativa do ar e velocidade do vento. Considerando uma superfície de solo descoberto tem-se, ainda, a influência da composição, textura e umidade do solo. Deste modo a manutenção da

palha sobre a superfície do solo interfere no processo evaporativo por atuar como um isolante térmico, diminuindo as perdas de água para a atmosfera. Sarkar et al., (2007) relataram que os solos cobertos por resíduos culturais apresentaram o aumento na eficiência do uso da água, quando comparado com o solo desnudo na cultura da cevada, e a principal causa seria a redução das perdas de água por evaporação. Em solos de igual declividade, o SPD reduz em cerca de 75% as perdas de solo e em 20% as perdas de água, em relação às áreas onde há revolvimento do solo (OLIVEIRA et al., 2002).

A cobertura vegetal ainda contribui para a redução das variações térmicas e perda de umidade na camada subsuperficial do solo, em função das suas características como coloração e quantidade que promove alterações nos fluxos de energia e na capacidade do solo de refletir a radiação solar. O maior albedo dos resíduos vegetais (menor radiação líquida), junto com a menor condutibilidade térmica destes em relação ao solo, determina menor oscilação térmica no solo, reduzindo fundamentalmente a temperatura máxima (SILVA et al., 2006). Outros fatores que devem ser levados em consideração nas alterações desses parâmetros de acordo Flerchinger et al., (2003) é a forma de disposição dessa palha que pode ser em pé ou roçada, inteiras ou picadas e a sua distribuição na superfície do solo.

Outro aspecto relevante proporcionado pela manutenção da cobertura vegetal sobre a superfície do solo é capacidade de exercerem a supressão sobre a infestação por ervas daninhas. No sistema plantio direto o cultivo de plantas de cobertura com alto grau de competitividade suprime a infestação por ervas daninhas, devido às modificações do ambiente pelo impedimento físico que dificulta a germinação das sementes e emergência das plântulas e da liberação de substâncias alelopáticas. De acordo com Olofsdotter et al., (2008), alelopatia pode ser definida como a influência de uma substância química liberada de uma planta viva, agindo sobre o desenvolvimento e o crescimento de outra planta. Para Cruz et al., (2009) a identificação das da espécie de plantas daninhas é imprescindível, pois possibilita conhecer o seu potencial de estabelecimento na área e grau de agressividade e interferência sobre a cultura. De acordo com Albuquerque et al., (2008b) as infestações de determinadas espécies de plantas daninhas em certos períodos estão diretamente relacionadas com suas características fisiológicas, clima, banco de sementes, desenvolvimento da cultura e a época de controle.

As plantas de cobertura empregada no programa de rotação ou sucessão de culturas quando selecionadas de maneira inadequada, mais especificamente com a ausência de um estudo prévio de todas as inter-relações que compõe o ambiente de

instalação, podem gerar consequências negativas para o sistema produtivo. Esse manejo impróprio da cobertura vegetal no sistema plantio direto poderá ocasionar diversos problemas para o desempenho da atividade agrícola, dentre eles de acordo com Cruz et al., (2011) pode-se citar; a possibilidade causar efeitos alelopáticos sobre as culturas seguintes, hospedeiras de pragas e doenças de plantas cultivadas, imobilização de nitrogênio no início do plantio direto e pode dificultar a operação de semeadura. Essas adversidades podem ser superadas com uso adequado de semeadoras, rotação de culturas para evitar as doenças, a suplementação de nitrogênio e o manejo adequado para cada sistema de sucessão de culturas.

Em função da diversidade climática e edáfica presentes no território brasileiro a produção de fitomassa pela cultura do milho é bastante variável, Silva et al., (2009) encontraram produções de $4,55 \text{ t ha}^{-1}$ de biomassa no estado de São Paulo, enquanto que em Minas Gerais Oliveira et al., (2002) obtiveram produções de $12,17 \text{ t ha}^{-1}$.

Em sistemas plantio direto, é indispensável que haja rotação e sucessão de culturas, capaz de produzir fitomassa para cobertura do solo. A produção de fitomassa das espécies utilizadas como cobertura é decorrente das condições climáticas, edáficas e fitossanitárias (AMADO et al., 2002) e principalmente do seu sistema radicular. Quanto mais o sistema radicular penetrar no solo, tanto maior será a produção de biomassa, além de promover a descompactação do solo.

Conforme Alvarenga et al., (2001), a produção de 6 t ha^{-1} de matéria seca na superfície é a quantidade suficiente para se obter boa cobertura do solo e com isso o sistema plantio direto propicia a antecipação da semeadura por dispensar o tempo gasto no preparo do solo. O milho cultivado antes no período de inverno é capaz de suprir de forma satisfatória este papel, pois produz entre 10 e 14 t ha^{-1} de massa seca, que exerce a função de cobertura do solo durante o cultivo de verão. Oliveira et al., (2003), encontraram valores de massa seca de $12,17 \text{ t ha}^{-1}$ para milho verde cultivado solteiro, $11,70 \text{ t ha}^{-1}$ e $12,42 \text{ t ha}^{-1}$ para cultivos de milho verde consorciado com feijão de porco e mucuna-preta, respectivamente, o que certamente beneficia a cultura em sucessão.

Deste modo de acordo com Alvarenga et al., (2010), o sistema de produção em plantio direto requer cuidados na sua implantação, mas, depois de estabelecido, seus benefícios se estendem não apenas ao solo, mas, também, ao rendimento das culturas e a competitividade dos sistemas agropecuários. Devido à drástica redução da erosão, reduz o potencial de contaminação do meio ambiente e dá ao

agricultor maior garantia de renda, pois a estabilidade da produção é ampliada, em comparação aos métodos tradicionais de manejo de solo.

2.4 Agricultura de precisão

A agricultura comercial tem sofrido profundas modificações nos últimos anos, desencadeadas principalmente pelo emprego da tecnologia no campo, direcionada à mecanização dos processos, utilização de insumos químicos, sistema de semeadura direta, biotecnologia e à agricultura de precisão (AP) (SANTI et al., 2013).

A agricultura de precisão é o sistema de produção adotado por agricultores envolvendo controles localizados e gestão aprimorada, derivada da Precision Agriculture, Precision Farming, Site-Specific Crop Management (MANZATTO et al., 1999). A agricultura de precisão consiste em um conjunto de ferramentas e tecnologias aplicadas para permitir um sistema de gerenciamento agrícola baseado na variabilidade espacial e temporal da unidade produtiva, visando ao aumento de retorno econômico e à redução do impacto ao ambiente (MAPA, 2013). Entre as diversas definições de agricultura de precisão disponíveis na bibliografia destaca que três elementos são essenciais para o seu desenvolvimento a informação, a tecnologia e o manejo.

Atualmente as grandes áreas são entendidas como homogêneas, portanto os problemas apresentados são solucionados de modo generalista, ou seja, a aplicação de insumos agrícolas é realizada com base no conceito da necessidade média o que faz com que a mesma quantidade de fertilizantes, defensivos, água e outros, sejam utilizados na área total, atendendo somente a demanda média, não suprimindo as indigências específicas apresentadas em cada parte da propriedade. O resultado final é uma lavoura com produtividade desuniforme com elevado custo de produção. A agricultura de precisão promete reverter o quadro atual permitindo a aplicação de insumos agrícolas nos locais corretos e nas quantidades requeridas (FATORGIS, 1998).

A agricultura de precisão difere da agricultura tradicional, pois preconiza a aplicação do manejo localizado, baseando-se na variabilidade espacial e temporal da demanda de insumos inerentes ao processo produtivo. Portanto a agricultura de precisão se desenvolveu em função da necessidade de considerar essa variabilidade espacial presente dentro de uma mesma área de produção. Para Fraisse & Faoro (1998), a tecnologia da agricultura de precisão permite construir bancos de dados espaciais e temporais importantes e prometem o uso racional da terra e conseqüentemente o aumento

da produtividade com redução dos custos e impactos ambientais. Entre as ferramentas da AP que contribuíram para a evolução dos patamares produtivos se destacam o uso de instrumentos de navegação por satélite nas máquinas agrícolas, o mapeamento da variabilidade de fertilidade dos solos, a aplicação de fertilizantes e corretivos com taxas variáveis, monitoramento instantâneo de condições de planta, controle georreferenciado de pulverizações e a utilização de mapas de produtividade (SANTI et al., 2013).

De acordo com Pierce & Nowak (1999) o sucesso da agricultura de precisão esta diretamente relacionada com a forma de aplicação no momento de avaliar e gerir a produção agrícola no espaço e no tempo. Um sistema agrícola que adote a agricultura de precisão requer três subsistemas: sensoriamento (levantamento dos dados), gerenciamento (tomada de decisão) e controle (manipulação dos dados) (SOUZA et al., 2010). Portanto de acordo com Nogara Neto (2007) para a implantação da agricultura de precisão devem-se considerar alguns critérios como; a variação espacial e temporal advindos dos fatores que influenciam a produção da lavoura, identificação e quantificação desta variação, em seguida deve-se desenvolver estratégias de práticas de manejo e aplicação de insumos em taxa variável.

De acordo com Suszek et al., (2011) a variabilidade espacial quantifica as alterações dos atributos em função da área, sendo que essas modificações são geralmente expressas por meio de mapas. Enquanto a variabilidade temporal mede as variações do local devido ao tempo. As variações espaciais podem ser estudadas com técnicas geoestatísticas que permitem elaborar mapas e delimitar áreas de manejo diferenciadas (FARIAS, 2002). Segundo Gonçalves et al. (2001), uma vez quantificada a dependência espacial dos atributos do solo, esta pode ser utilizada para interpolação entre as observações, permitindo o mapeamento do atributo do solo dentro da área, por meio da krigagem. Essa técnica permite a estimativa de valores de forma não tendenciosa e com variância mínima. Atributos químicos do solo como os teores de fósforo, nitrogênio, potássio, cálcio e magnésio apresentam variabilidade na área cultivada (SILVA et al., 2003), podendo influenciar na variabilidade da produção e da qualidade do produto (COELHO, 2012; COELHO & FRANÇA, 2014).

A variabilidade da área agrícola tende a resultar em uma produtividade também variável nesta mesma extensão. Disto decorre que, ao identificar as regiões com diferenças de comportamento relacionadas à produtividade e à qualidade do produto, torna-se interessante e mais econômico, a investigação pormenorizada destas regiões ou zonas, definindo a elas manejos diferenciados. Segundo Molin (2002),

acredita-se que o mapa de produtividade é a informação mais completa para se visualizar a variabilidade espacial das culturas.

O uso de mapas de produtividade para caracterizar a variabilidade das lavouras tem-se mostrado um importante parâmetro, pois se trata da representação gráfica da resposta das plantas às condições de manejo e ambiente a que estão submetidas, sendo considerado o resultado que se obteve com as técnicas empregadas (MOORE, 1998). A representação gráfica desses mapas permite o desenvolvimento do manejo localizado, ou seja, a aplicação de insumos pode ser efetuada por mecanismos a taxa variável. Mecanismos de aplicação em taxa variável são sistemas montados em veículos em que a distribuição localizada de insumos é realizada seguindo as recomendações feitas com base no diagnóstico espacial realizado em etapas anteriores. Estes equipamentos normalmente são utilizados para aplicações de calcário, fertilizantes NPK, herbicidas, inseticidas e fungicidas (NOGARA NETO, 2007). O emprego de tecnologia de máquinas para aplicações de insumos a taxa variável, agregada à variabilidade espacial e temporal, é de suma importância, sobretudo na pesquisa agrônômica que estuda o solo e a sua capacidade produtiva. O conhecimento da variabilidade dos atributos do solo e das culturas, no espaço e no tempo, é considerado, atualmente, o princípio básico para o manejo preciso das áreas agrícolas, qualquer que seja sua escala (GREGO & VIEIRA, 2005).

Um dos problemas-chave da agricultura de precisão é a necessidade de uma grade de amostragem densa, a fim de se detectar a variabilidade espacial do atributo em estudo e possibilitar a geração de mapas que representem a área, de maneira real. Uma das soluções para este impasse vem sendo a geração de zonas de manejo (RODRIGUES JUNIOR et al., 2011). A zona de manejo é uma sub-região da área que mostra a mesma combinação de fatores limitantes de produção, entre os quais: as propriedades físicas e químicas do solo, topografia, disponibilidade de água e gestão (AMADO et al., 2009.).

A identificação das zonas de manejo na área permite, além de realizar a aplicação de insumos a taxas variáveis, considerar variação na população de plantas na semeadura, visando aproveitar melhor o potencial produtivo de cada uma. Estudos realizados por Hörbe (2012) mostram que ajustar a população de plantas de milho a zonas de alto, médio e baixo potencial produtivo em função de mapas de produtividade e demandas de N, foi parâmetro eficiente para esta finalidade e potencializou o incremento da produção e aproveitamento do fertilizante nitrogenado pela cultura.

Segundo Amado et al., (2007) a cultura do milho é uma das que apresenta maior potencial para definição das zonas de manejo. De acordo com Molin (1997) e Milani et al., (2006) esta informação permite a orientação de diversas práticas de manejo, sendo uma das mais utilizadas para intervenções em sítio específico (AMADO et al., 2007). Além dos mapas de rendimento outra informação que pode ser utilizada na definição de zonas com potenciais produtivos distintos é a identificação da variabilidade no talhão pelo produtor, observações de fotografias aéreas e imagens de satélite de safras anteriores.

De acordo com Bramley (2009) existem na literatura diversos exemplos de sucesso da agricultura de precisão em vários sistemas de cultivo, no entanto a adoção dessa prática de manejo pelos produtores de várias culturas é considerada baixa e em alguns setores praticamente insignificante. De acordo com Nogara Neto (2007) os principais entraves para a adoção da agricultura de precisão no Brasil envolvem o elevado custo para aquisição dos equipamentos, as crises econômicas que ocorrem no mercado de grãos, em função dos fatores climáticos e aumento dos custos, a incerteza do retorno econômico e a necessidade de capacitação dos funcionários.

Embora exista a percepção da importância do uso desta tecnologia, sua adoção depende de diversos fatores relacionados ao perfil da propriedade e do produtor rural. Segundo estudo desenvolvido no Rio Grande do Sul por Anselmi (2012) mostrou o crescimento da adoção de tecnologias de agricultura de precisão, tendo como tempo médio 4,3 anos. Quanto ao perfil do produtor, notou que os adotantes da tecnologia possuem elevado grau de escolaridade, utilizam variadas fontes de informação, têm a renda agrícola predominante e caracteristicamente de grandes áreas cultivadas com soja, milho e trigo. De acordo com o mesmo autor, amostragem de solo georreferenciada, aplicação de corretivos e fertilizantes a taxas variadas e direcionamento com barra de luz, são as principais ferramentas adotadas, extremamente dependentes de serviços terceirizados

Millani et al., (2006) estudaram um método para determinação de unidades de manejo considerando a produtividade da cultura de soja em sistema de produção com manejo químico localizado e sem manejo químico localizado. Os resultados encontrados demonstraram que a produtividade foi mais elevada no sistema com manejo químico localizado, além de apresentar menor variabilidade em relação ao sistema sem manejo localizado. A metodologia proposta utilizando os dados de produtividade demonstrou ser eficiente no delineamento das unidades de manejo.

Montezano et al., (2008), avaliaram a variabilidade de nutrientes em plantas de milho cultivado em talhão manejado homogeneamente e verificaram que a altitude proporcionou correlação positiva com a produtividade de milho, demonstrando que essa variável influencia o fluxo da água no solo, diretamente associado à produtividade das culturas.

Ferraz et al., (2012) avaliaram a variabilidade espacial e temporal do fósforo, potássio e da produtividade de uma lavoura cafeeira em três safras agrícolas, utilizando as ferramentas de agricultura de precisão aliadas a geoestatística, os resultados obtidos demonstraram as localidades onde a aplicação de fertilizante se faziam necessárias ou não, estabelecendo mapas de zonas de manejo para aplicação a taxa variável desses insumos, deste modo destacaram a problemática do uso do valor médio para recomendação de adubação.

Portanto a agricultura de precisão fornece subsídios para monitorar a cadeia de produção alimentar e gerenciar a quantidade e a qualidade dos produtos agrícolas cada vez mais exigidas pelos consumidores (GEBBERS & ADAMCHUCK, 2010). Esta tecnologia além de ser economicamente viável, também contribui significativamente para a redução do impacto ambiental dos sistemas de produção (REETZ, 2010).

No Brasil a agricultura de precisão pode ser uma ferramenta fundamental para o desenvolvimento de técnicas que promovam o sucesso dos sistemas de cultivo, em função da extensão territorial do país aliada a grande variação edafoclimática.

Apesar das perspectivas promissoras da agricultura de precisão para a automação de algumas tarefas, visando à aplicação de insumos em taxas variáveis, por enquanto a pesquisa ainda se ressentir da necessidade de identificar o complexo de fatores de produção espacialmente dominantes e limitantes em cada sistema específico (MOLIN, 2004). Portanto o desenvolvimento da agricultura de precisão depende da compreensão desses fatores de produção tornando-se necessário o trabalho integrado em equipes das diversas áreas do conhecimento da agronomia, a fim de obter resultados satisfatórios. Para Reetz & Fixen (2007) as práticas de manejo localizado proposta pela agricultura de precisão requerem elevado conhecimento técnico.

A maioria dos trabalhos encontrados na literatura está relacionada a regiões tradicionalmente produtoras de grãos, sendo que em regiões específicas como o

Vale do Ribeira do Iguape, onde os solos apresentam grande variabilidade, ainda estão por estudar, razão motivadora deste trabalho.

2.5 Geoestatística

A estatística clássica considera que as variáveis são independentes. A variabilidade dos números medidos é descrita pela estimativa da variância e pelo coeficiente de variação (CV). Para se admitir independência entre amostras, pesquisadores vêm se valendo da casualização e repetição, somadas à distribuição normal dos dados, garantindo o uso dessas características para representar a população (BERNER et al., 2007). A Estatística clássica assume que as variações das características do solo dentro das unidades amostrais não são correlacionadas, e que a média das amostras é o melhor estimador das características de solo em qualquer local na unidade amostral (CARVALHO et al., 2002). Até pouco tempo, pesquisadores da área agrônômica estudavam a variabilidade dos atributos do solo por meio da estatística clássica, a qual pressupõe que as observações de um dado atributo são independentes entre si, desconsiderando sua localização na área (REICHARDT & TIMM, 2012). É evidente que a estatística clássica, por si só, é insuficiente para retratar fielmente os efeitos dos tratamentos, precisando de formas complementares ou mesmo da definição de novos delineamentos experimentais (NEVES, 2013).

Os modelos da estatística clássica estão geralmente voltados para a verificação da distribuição de frequência dos dados, enquanto a geoestatística incorpora a interpretação da distribuição estatística, assim como a correlação espacial das amostras. (COSTA JUNIOR & GUIMARÃES, 2014). Antes da aplicação das ferramentas geoestatísticas, os dados devem ser analisados inicialmente através dos procedimentos da análise estatística descritiva, para visualizar o comportamento geral dos dados e identificar possíveis valores discrepantes, fundamental para a tomada de decisões sobre os procedimentos a serem realizados (SALVIANO, 1996). De acordo com Neves (2013) as medidas estatísticas comumente aplicadas são: média, mediana, desvio padrão, valores máximo e mínimo, limites inferior e superior, amplitude total, amplitude interquartílica, coeficiente de assimetria e de curtose, coeficiente de variação, variância teste paramétrico de normalidade de Shapiro-Wilk (W) e não-paramétrico de normalidade de Kolmogorov-Smirnov (KS). De acordo com Sousa et al., (2014), a principal finalidade não é fazer inferências, mas analisar o comportamento inicial dos dados.

A consideração da variabilidade espacial e temporal faz-se necessária, sobretudo na pesquisa agrícola, que enfoca o solo e a sua capacidade produtiva. O conhecimento da variabilidade das propriedades do solo e das culturas, no espaço e no tempo, é considerado o princípio básico para o manejo preciso das áreas agrícolas, qualquer que seja sua escala. Os experimentos instalados no campo na maioria das vezes são divididos em parcelas ou áreas relativamente pequenas, onde as amostras são realizadas de forma aleatória. Contudo, ao considerar as parcelas experimentais uniformes quanto aos seus atributos, mesmo em pequenas áreas, podem-se interpretar erroneamente os resultados, pois a hipótese de ocorrência de variabilidade espacial estará sendo ignorada (GREGO & VIEIRA, 2005). Por muito tempo, a área de cultivo agrícola foi considerada uniforme, porém, pesquisas demonstram heterogeneidade do solo e dos fatores de produção, o que justifica a análise da variabilidade espacial (KRAVCHENKO, 2003; MARQUES et al., 2006; FERRAZ et al., 2012). Dessa forma, a utilização de ferramentas geoestatísticas possibilita avaliar a dependência espacial dos atributos estudados e a consequente estimação de valores em lugares não medidos (SANTOS, 2011). Portanto, conhecer a variabilidade espacial de atributos do solo que controlam a produtividade das culturas e os riscos de contaminação do ambiente e investigar as causas dessa variabilidade são fatores importantes em um sistema de produção que vise a sustentabilidade por meio do manejo regionalizado de insumos e práticas agrícolas, como é o sistema de agricultura de precisão (CORÁ et al., 2004).

O manejo regionalizado do solo e da cultura é parte integrante de um sistema de agricultura de precisão, que envolve o uso de informações sobre a variabilidade de propriedades locais e climáticas, visando ao aumento da produtividade, otimização no uso dos recursos e redução do impacto ao meio ambiente (CORÁ et al., 2004; FERRAZ et al., 2012). A geoestatística é uma ferramenta adequada e fundamental para a análise de propriedades variáveis no espaço, que apresentam algum grau de organização ou continuidade detectável por medidas de dependência espacial (VIEIRA & DECHEN, 2010). Esta técnica incorpora a possibilidade de se estudar o comportamento da variabilidade espacial, permitindo a interpretação dos resultados com base na estrutura dessa variabilidade, além de poder quantificar o seu tamanho (CAVALCANTE et al., 2007).

O semivariograma é a principal ferramenta utilizada para estudar a estrutura de dependência espacial em Geoestatística (SEIDEL & OLIVEIRA, 2013). É o ajuste teórico dos dados analisados a modelos matemáticos, sendo um dos aspectos mais

importantes da aplicação da teoria das variáveis regionalizadas (ABREU et al., 2003). O semivariograma é a parte central dos estudos geoestatísticos, sendo capaz de descrever tanto qualitativa quanto quantitativamente a variação espacial, além de ser o ponto chave na determinação do preditor geoestatístico–krigagem (MELLO et al., 2005). A estimativa da dependência entre amostras vizinhas no espaço pode ser realizada através da autocorrelação que é de grande utilidade quando se está fazendo amostragem em uma direção. Quando a amostragem envolve duas direções (x,y) o instrumento mais indicado na estimativa da dependência entre amostras é o semivariograma (SILVA, 1988). O semivariograma é uma representação gráfica entre a semivariância $\gamma(h)$, representada na coordenada Y, em função de uma determinada distância (h), representada na coordenada X (MACHADO et al., 2007). Ele é definido a partir da semivariância das medidas feitas em amostras espaçadas no campo de determinada distância h, ou seja, o "lag" (WEBSTER, 1985).

$$\gamma(h) = \frac{1}{2} N(h) \sum_{i=1}^{N(h)} [Z(X_i) - Z(X_i + h)]^2 \quad \text{Equação 1}$$

Observando a Equação 1, $N(h)$ é o número de pares experimentais de valores medidos $Z(x_i)$, $Z(x_i+h)$, separados por um vetor h. O gráfico de $\gamma(h)$ versus h representa o semivariograma, que permite obter a estimativa do valor de semivariância para as diferentes combinações de pares de pontos e assim analisar o grau de dependência espacial da variável estudada e definir os parâmetros necessários para a estimativa de suas características em locais não amostrados (SOUZA, 1999). Analisando a Equação 1, pode-se verificar que quanto mais próximos estiverem os pontos amostrados, maior será a semelhança entre eles e, portanto, menor a estimativa da semivariância. Quanto mais distantes estiverem os pontos amostrados, menor será a semelhança e, conseqüentemente, maior a sua estimativa (TERRA, 2012). Os parâmetros que são empregados as equações que se ajustam ao semivariograma envolvem o efeito pepita (C_0), patamar ($C_0 + C_1$) e alcance (a).

O efeito pepita (C_0) para Seidel & Oliveira (2013) representa o valor de descontinuidade do semivariograma, ou seja, conforme h tende a zero, $\gamma(h)$ tende a um valor positivo denominado C_0 . Wen et al., (2012) relata que o efeito pepita é geralmente causada por erros amostrais e a variação no espaço dentro de distâncias mínimas de amostragem, é um tipo de variabilidade devida ao acaso. O patamar ($C_0 + C$)

representa o ponto onde o semivariograma se estabiliza e é aproximadamente igual à variância ou covariância dos dados (LIMA et al., 2013). A variância Estrutural (C): representa o valor da semivariância entre o efeito pepita e o patamar (TERRA, 2012). O alcance da dependência espacial (a) é definido como a distância na qual o semivariograma atinge o patamar e considera o limite da dependência espacial da grandeza (LIMA et al., 2014). O alcance depende do tamanho da área amostrada e da escala de observação, sendo tanto maior quanto maior o intervalo entre medidas (TRANGMAR et al., 1985).

Calculada a semivariância, deve-se realizar o ajuste de um modelo matemático, uma vez que todos os cálculos da geoestatística dependem do modelo matemático ajustado ao semivariograma experimental (VIEIRA et al., 1981). Os modelos com patamar são referências na geoestatística como modelos transitivos, os modelos sem patamar ocorrem quando os fenômenos possuem capacidade infinita de dispersão, sendo os modelos linear e potência aqueles sem patamar e os modelos transitivos, esférico, exponencial e gaussiano (SIQUEIRA, 2006).

A fase seguinte ao ajuste da semivariância aos dados segundo o modelo matemático é a verificação da qualidade do ajuste realizado. Segundo Guimarães (2004), que cita vários autores neste assunto, há vários métodos que permitem verificar a qualidade do ajuste como validação cruzada, ou auto validação (“Jack-Knifing”), AIC (Critério de Informação de Akaike) e, IGF (Indicação da Qualidade do Ajuste).

O método dos mínimos quadrado utiliza como critérios para seleção do modelo o coeficiente de determinação (R^2) cujos valores mais próximos à unidade indicam melhores ajustes; a soma do quadrado dos resíduos (RSS) também é utilizada neste caso, sendo que os seus menores valores indicam os melhores modelos de semivariograma.

Um método bastante elucidativo e eficiente de expressar a dependência espacial com apenas um parâmetro é usando o grau de dependência espacial (GD), que é a razão entre a variância estrutural (C) em relação ao patamar ($C+C_0$), o qual pode ser calculado pela seguinte equação:

$$GD = \left(\frac{C}{C + C_0} \right) \times 100 \quad \text{Equação 2}$$

Conforme proposto por Cambardella et al., (1994) pode ser utilizado para classificar a dependência espacial em forte se $GD < 25\%$; moderada para GD entre 26% e 75%; e fraca para $GD > 75\%$.

Vieira (2000) enfatiza que para estudos de variáveis de interesse agrônomo, tais como solo e planta, os principais modelos matemáticos ajustados aos semivariogramas experimentais são os com patamar do tipo esférico, exponencial e gaussiano.

Após a modelagem dos semivariogramas, a interpolação é feita pela krigagem, sendo esta uma técnica de interpolação para estimativa de valores de uma propriedade em locais não amostrados, a partir de valores vizinhos amostrados na malha (ROQUE et al., 2006). A krigagem é uma técnica usada na geoestatística para estimar valores para locais não amostrados, considerando os parâmetros do semivariograma, que resulta em valores sem tendência e com variância mínima (SILVA et al., 2008). Para utilizar esse método e obter acurácia e precisão satisfatória na estimativa é necessário existir dependência espacial definida pelo semivariograma (SALVIANO, 1996). Para Vieira (2000), a krigagem proporciona, entre outras vantagens, uma maior precisão e fidelidade aos dados originais, permitindo estabelecer um mapa da área experimental para a variável que se deseja estudar.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Localização da área experimental, clima e solo

O experimento foi conduzido na Fazenda Kassuga, localizada no município de Registro-SP, à margem esquerda do Rio Ribeira do Iguape (Figura 1), nas coordenadas geográficas (UTM) 224376,007E e 7286702,736N, com altitude média de 8,3m e declividade entre 0 e 5%. O clima da região conforme a classificação de Koeppen é do tipo Cfa subtropical úmido com verão quente, apresentando temperatura média de 22°C e precipitação anual de 1400 mm. O solo da área experimental faz parte das Unidades dos Sistemas Ambientais, definido por Ross (2002) como Sistema das planícies e terraços fluviais do Ribeira do Iguape, descrito como terrenos planos no Baixo Ribeira e/ou região da Depressão Tectônica do Ribeira, de sedimentos modernos, em solos aluviais do tipo Cambissolos eutróficos em áreas de montante e Hidromórficos eutróficos em solos de planície.





Figura 1- Localização da área experimental, no ano 2014 e detalhe dos pontos de amostragem.

3.2 Área experimental e instalação

O acesso a área selecionada para desenvolver o projeto de pesquisa foi concedido pelo produtor na época da colheita do arroz, no dia 29/05/2014. A área comercial foi cultivada em sistema convencional com arroz Moti no verão de 2013/14, a colheita deste cereal foi efetuada no mês de junho de 2014. Posteriormente a colheita mecanizada do arroz, a área foi dessecada e após uma semana roçada na altura aproximada de 5 cm, com roçadora de arrasto, distribuindo a massa vegetal uniformemente sobre a superfície do solo. Neste ínterim o experimento foi instalado e conduzido.

A semeadura do milho verde ocorreu no dia 26/06/2014, em sistema de plantio direto utilizando-se uma semeadora pneumática montada, acoplada a um trator de 75cv de potência no motor, deslocando-se a uma velocidade média de 5 km h⁻¹, com distribuição média de 4 sementes/m linear.

3.2.1 Caracterização da malha de pontos de amostragem

A priori foi realizado o levantamento planimétrico da área com o auxílio de um GPS de navegação, marca Garmim, modelo 60 Cx e dos Softwares MapSource Garmin e TrackMaker Pro®, com a finalidade de delimitar o contorno da área de cultivo e determinar a malha de pontos de amostragem. Esses dados posteriormente foram transferidos para o computador com o Software MapSource Garmin e tratados com o TrackMaker Pro®, para o estabelecimento da grade amostral. O GPS e os programas

empregados foram configurados para originarem dados no sistema de Coordenadas UTM, com Datum WGS 1984, Zona 23J. Portanto a área total delimitada foi de 4,97 ha e distribuída em 68 pontos de coleta de dados georreferenciados, com espaçamento médio de 25 m entre as demarcações (Figura 2). A figura 2 mostra a área de estudo, os pontos de coleta de amostragem e as coordenadas UTM.

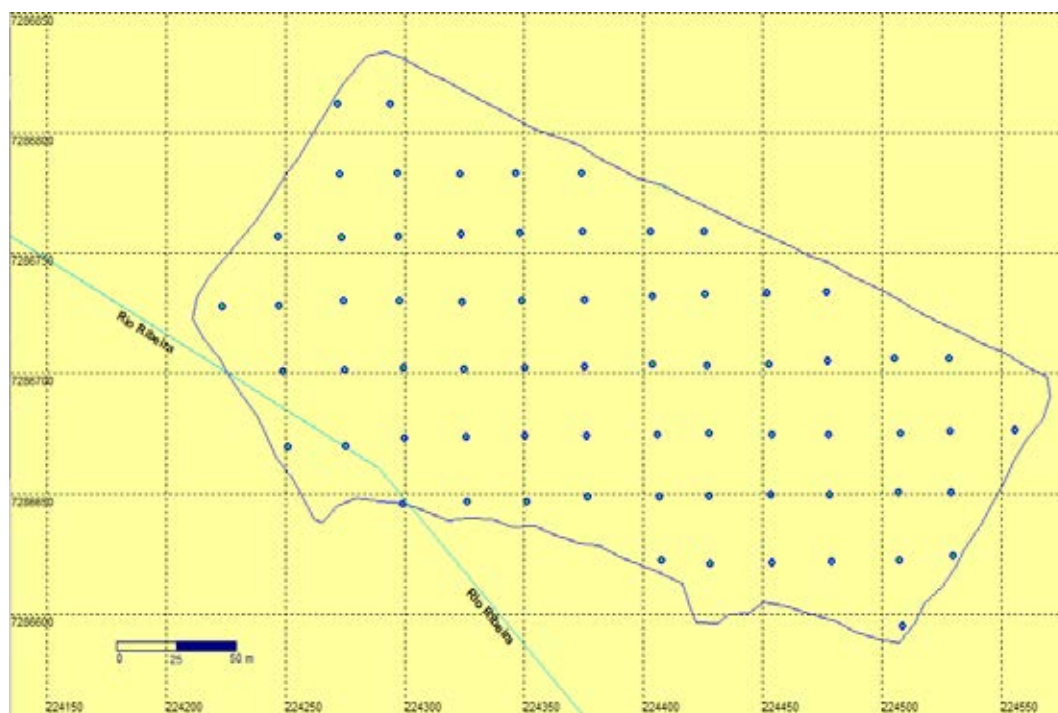


Figura 2. Mapa da área experimental e pontos de coleta de dados para o trabalho, no ano de 2014, na Fazenda Kassuga, no município de Registro, SP mapa

Depois de constituída a grade e os pontos de amostragem o arquivo foi convertido e acessado novamente pelo software TrackMaker Pro® permitindo transferir as coordenadas dos pontos para o GPS afim de localizá-los no campo. As amostras foram coletadas e numeradas com base na orientação do GPS por meio da localização dos pontos na área de estudo

3.2.2 Implantação e condução da cultura

A semeadura do milho verde ocorreu no dia 26/06/2014, com o híbrido convencional Pioneer 3646, em sistema de semeadura direta utilizando-se uma semeadora pneumática montada, acoplada a um trator de 75cv de potência no motor, deslocando-se a uma velocidade média de 5 km h⁻¹, com distribuição média de 4 sementes/m linear, com 5 cm de profundidade e espaçamento entre linhas de 90 cm e 45 cm entre plantas. A população de plantas proposta, seguiu a recomendação de 55.000 plantas ha⁻¹. A adubação de plantio foi realizada de acordo com o manejo adotado pela propriedade rural, que consistiu, na aplicação uniforme de 300 kg ha⁻¹ do fertilizante de formulação de NPK 04-14-08. O controle de plantas daninhas foi efetuado com a aplicação do herbicida seletivo atrazina (Grupo Químico Triazina) na dosagem recomendada pelo fabricante para a cultura. Os parâmetros climáticos monitorados durante a condução do experimento foram obtidos por meio dos dados fornecidos pela Ciiagro (2015). Assim as principais informações consideradas no período de condução da cultura do milho verde (Jun - Out), foram as condições médias de temperatura do ar e precipitação pluviométrica, responsável pelo fornecimento hídrico para cultura (Figura 3). Além disso, foi efetuada a análise do comportamento das condições médias meteorológicas para região (Tabela 1).

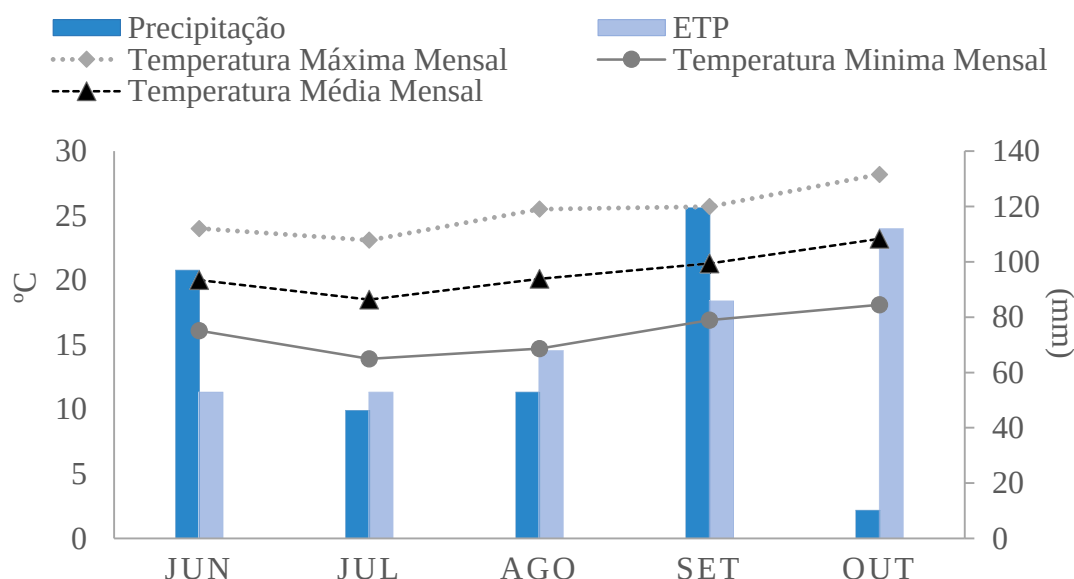


Figura 3. Dados climáticos mensais fornecidos pela CIIAGRO Online (2015) da estação meteorológica de Registro - SP, durante a condução da cultura do milho verde de 26/06/2014 (semeadura) a (18/10/2014) (colheita).

Tabela 1. Dados das condições médias meteorológica de Registro - SP, durante a condução da cultura do milho verde de 26/06/2014 (semeadura) a 18/10/2014 (colheita).

Condições Médias Meteorológicas: 26/06/2014 - 18/10/2014		
Local	ISMA	Condições
Registro	0,03	Seco

Fonte: (CIIAGRO, 2015)

3.3 Determinações e avaliações de inverno – cultura do milho verde

3.3.1 Porcentagem de cobertura do solo

A porcentagem de cobertura do solo foi quantificada antes da implantação da cultura do milho verde, ou seja, logo depois da operação de dessecação e roçagem das plantas de arroz. O método de avaliação utilizado neste trabalho consistiu no lançamento ao acaso de um quadro de madeira de 0,25 m², com 100 células (divisões), em duas posições próximas ao ponto georreferenciado. Depois do lançamento contou-se o número de células com fragmentos vegetais, indicando a presença de cobertura do solo, cujos valores foram anotados em planilha de campo e tabulados (Figura 4). O mesmo procedimento foi realizado logo após a colheita da cultura do milho verde.



Figura 4. Quantificação da porcentagem de cobertura do solo nos pontos amostrais

3.2 Altura de plantas de milho verde

A altura de plantas de milho verde (A.P) foi determinada com o auxílio de uma régua graduada, sendo considerada a distância em metros do nível do solo até a inserção da folha bandeira de 5 plantas representativas em torno de cada ponto de coleta, no período da colheita (Figura 5).



Figura 5. Mensuração da altura de plantas de milho verde.

3.3.3 Produção de espigas de milho verde

A produção de espigas de milho verde foi determinada por meio da coleta de 10 espigas por ponto de amostragem, que foram devidamente acondicionadas em sacos plásticos e identificadas (Figura 6) em outubro de 2014. Em seguida essas amostras foram encaminhadas ao LAMMEC (Laboratório de Máquinas e Mecanização Agrícola) da UNESP – Campus Experimental de Registro-SP, para realizar as avaliações referentes às características de comprimento da espiga com palha (CEP), comprimento da espiga sem palha (CED), diâmetro da espiga com palha (DEP), diâmetro da espiga sem palha (DED) massa fresca de espiga empalhada, produtividade da espiga com palha (PEP), produtividade da espiga sem palha (PED) e produtividade de grãos (PG).



Figura 6. Coleta das espigas de milho verde para avaliações de produtividade, em 2014

O comprimento médio de espigas empalhadas e despalhadas foi obtido, por meio, da aferição com régua graduada em centímetros, de 10 espigas coletadas aleatoriamente em torno de cada ponto de amostragem. Para determinar o diâmetro de espigas empalhadas e despalhadas, as 10 espigas coletadas por ponto foram medidas na porção central, com o auxílio do paquímetro.

A massa média das espigas com e sem palha foi estimada em gramas, por meio da pesagem de 10 espigas colhidas aleatoriamente em torno de cada ponto, para realizar esse procedimento utilizou-se uma balança semi-analítica com precisão de ± 1 g. (Figura 7).



Figura 7. Massa fresca da espiga de milho verde

A produtividade de espigas com e sem palha foi quantificada multiplicando o número de espigas por hectare com a massa média de espigas com e sem

palha, obtendo-se o resultado em $t\ ha^{-1}$. Para estimar a produtividade de grãos cinco espigas coletadas por ponto, tiveram os grãos cortados rente ao sabugo com o auxílio de uma faca e pesados em uma balança semi-analítica (Figura 8), em seguida transformados em $t\ ha^{-1}$, conforme a metodologia descrita por Luz et al., (2014).



Figura 8. Produtividade dos grãos de milho verde por ponto amostral.

3.3.4 Determinações químicas e físicas do solo

As amostras para análise química e física do solo foram coletadas no mês de dezembro do ano de 2014, após a colheita da cultura do milho verde e antes de iniciar as operações de manejo da área para implantação da cultura do arroz no verão de 2014/15. Em cada ponto georreferenciado da grade amostral, coletaram-se quatro amostras simples, representativas da camada de 0,00-0,20 m de profundidade para formar uma amostra de solo composta. As amostras simples foram coletadas ao acaso em torno de cada ponto de amostragem, com o auxílio de um trado tipo holandês (Figura 9), e depois da homogeneização, retirou-se cerca de 400 g de solo/ponto que foram devidamente acondicionados em embalagem plástica identificada. Em seguida as 68 amostras foram encaminhadas para o laboratório de Solos do IBRA (Instituto Brasileiro de Análises) em Sumaré-SP, para análise química foram mensurados os valores de pH, cálcio (Ca), magnésio (Mg), potássio (K), fósforo remanescente (P_{res}), matéria orgânica (MO), soma de bases (SB), capacidade de troca de cátions total (CTC) e a saturação por bases (V%), de acordo com a metodologia de Raij & Quaggio (1983). O atributo físico

avaliado foi à textura do solo, para a caracterização da composição textural quantificaram-se as frações de argila silte e areia total.



Figura 9. Amostragem do solo

3.5 Análise estatística dos dados

Os dados obtidos referentes às características agronômicas do milho verde e aos parâmetros dos atributos físicos e químicos do solo foram submetidos à análise exploratória para constatar a presença de valores discrepantes e sua influência sobre as medidas de posição e dispersão. Em seguida, os dados foram submetidos à análise estatística descritiva clássica, calculando-se o valor mínimo, valor máximo, média, desvio padrão, coeficiente de variação, assimetria, curtose e a aderência à distribuição Normal de acordo com o teste de Kolmogorov-Smirnov, o qual mede a distância máxima entre os resultados de uma distribuição a ser testada e os resultados associados à distribuição hipoteticamente verdadeira (GONÇALVES et al., 2001), aos níveis de 1 e 5% de significância, por meio do programa ASSISTAT (SILVA, 2011), com a finalidade de caracterizá-los.

Os parâmetros que apresentaram distribuição não normal foram submetidos à análise geoestatística (SOARES, 2006). A análise espacial foi efetuada por

meio da geoestatística, com o auxílio do programa GS+, versão 9.0 (ROBERTSON, 2008), o qual permite ajustar semivariogramas e modelos matemáticos para krigagem, e determina a dependência espacial das variáveis em estudo e sua intensidade.

Portanto com base na geoestatística foram realizadas as análises da estrutura e dependência espacial, a partir da forma do semivariograma com seus respectivos parâmetros (C = variância espacial, C_0 = efeito pepita, $C+C_0$ = patamar, a = alcance) que foram estimados utilizando-se a ferramenta GS+, versão 9.0 (ROBERTSON, 2008). Tanto a estrutura quanto a dependência espacial entre os valores observados podem ser mostradas pela relação expressa na Equação 3.

$$\gamma(h) = \frac{1}{2} \{Var[Z(t) - Z(t+h)]\} \quad \text{Equação 3}$$

Em que a função $\gamma(h)$ é definida como semivariograma ou função intrínseca. Em que: $\gamma(h)$ = semivariância em função da distância de separação (h) entre pares de pontos; h = distância de separação entre pares de pontos, m. Depois da obtenção dos semivariogramas experimentais foram testados, os modelos gaussiano, esférico e exponencial e em seguida foi selecionado aquele que proporcionou o ajuste apropriado ao método dos mínimos quadrado que utiliza como critérios para seleção o coeficiente de determinação (R^2) cujos valores mais próximos à unidade indicam melhores ajustes; a soma do quadrado dos resíduos (RSS) também é utilizada neste caso, sendo que os seus menores valores indicam os melhores modelos de semivariograma, maior coeficiente de determinação (r^2) e maior valor do avaliador da dependência espacial (GDE), conforme Dalchiavon et al., (2011).

A caracterização do grau de variabilidade consistiu na análise dos valores de coeficiente de variação (CV) dos atributos, conforme recomendado por Warrick; Nielsen (1998), o qual considera baixa variabilidade quando $CV < 12\%$; média para o intervalo 12 - 60%, e alta variabilidade quando $CV > 60\%$. O grau de dependência espacial das variáveis foi determinado e classificados de acordo com os parâmetros propostos por Cambardella et al., (1994) utilizando a Equação 4.

$$GD = \left(\frac{C}{C + C_0} \right) \times 100 \quad \text{Equação 4}$$

Onde: GDE = grau de dependência espacial; C_0 = efeito pepita (representa a variação aleatória do fenômeno estudado); C_0+C = patamar (variação total do fenômeno avaliado). A interpretação do grau de dependência foi determinada de acordo com os critérios estabelecidos por Cambardella et al. (1994) que são descritos na Tabela 2.

Tabela 2. Parâmetros de interpretação do grau de dependência espacial para variáveis analisadas pela semivariância.

GDE – GRAU DE DEPENDÊNCIA ESPACIAL				
Interpretação	FORTE	MODERADA	FRACA	INDEPENDENTE
Valor	≤ 25	$25 < GDE \leq 75$	$75 < GDE < 1,0$	$= 1,0$
Significado	Efeito pepita menor ou igual a 25% do patamar	Efeito pepita representa entre 25% e 75% do patamar	Relação entre efeito pepita e patamar estiver entre 75% e 100%	Relação entre efeito pepita e patamar igual a 1. Efeito pepita puro.

Fonte: Adaptado de Cambardella et al., (1994)

A interpolação dos dados para confecção dos mapas de isolinhas foi realizado por krigagem ordinária, com auxílio do software GS+ versão 9.0 (ROBERTSON, 2008). As zonas de manejo foram estudadas com base nos mapas de produtividade da cultura do milho verde e dos atributos químicos e físicos do solo, para determinar as possíveis zonas de manejo.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Análise descritiva dos dados avaliados

4.1.1 Atributos da planta

O valor médio obtido neste trabalho para altura de planta (AP) foi de 2,50 m (Tabela 3), resultado superior aos encontrados por Albuquerque et al., (2008) e Barros et al., (2013), que foram de 1,81 m. A altura de planta parece ser um importante parâmetro na influência da produtividade, pois de acordo com Albuquerque et al., (2008), que avaliaram 32 cultivares experimentais de milho verde, constataram que 14 proporcionaram maior altura das plantas, aonde 7 delas estavam entre as quais exibiram maior produtividade de espigas comerciais.

O comprimento (CEP) e diâmetro (DEP) da espiga com palha apresentaram valores médios de 27,34 e 5,79 cm (Tabela 4), respectivamente, resultado considerado satisfatório para comercialização, pois contempla os critérios propostos por Freire et al., (2010), que consideram como padrões comerciais as espigas de milho verde maiores que 21 cm e com diâmetro superior a 5 cm.

Os valores médios de comprimento (CED) e diâmetro (DED) da espiga sem palha foram de 21,38 e 4,81 cm (Tabela 4), atendendo plenamente aos padrões comerciais. Conforme Albuquerque et al., (2008) as espigas verdes despalhadas requerem medidas superiores a 15 cm de comprimento e 3 cm de diâmetro para comercialização.

A produtividade da espiga com palha (PEP) foi de 20,56 t ha⁻¹ (Tabela 3) apresentando desempenho satisfatório, pois Ishimura et al., (1986), em estudos com diferentes cultivares de milho verde, conduzidas em período semelhante à desse trabalho e na mesma região, encontraram resultado médio de 7,969 t ha⁻¹ para esse atributo. Provavelmente essa diferença significativa da produtividade encontrada na mesma região pode estar relacionada com as condições climáticas do ano agrícola. Deste modo verifica-se que nos meses de cultivo no qual foi conduzido este experimento, de acordo com CIIAGRO Online (2014) as temperaturas mínima e máxima mensais foram de 13,9°C e 28,2°C, as temperaturas média mensal mínima e máxima de 18,5 e 23,2 °C, e a precipitação de 326,3 mm (Figura 3), para este período (Jun.-Out.) As condições médias meteorológicas foram consideradas como seco (Tabela 1), enquanto, que no estudo realizado por Ishimura et al., (1986) as temperaturas médias mensais mínima e máxima foram de 16,5 e 20,2°C e precipitação média de 667,2 mm.

De acordo com Pereira Filho et al., (2011) a temperatura ideal para o cultivo do milho verde deve ser em torno de 25 e 30 °C e precipitação de 350-500 mm para o desenvolvimento adequado da cultura, sem a necessidade de irrigação. Outro aspecto relevante a ser considerado de acordo com Landau et al., (2012) são as temperaturas inferiores a 10 °C ou superiores a 40 °C que provocam danos à germinação.

Além disso, de acordo com Paiva Junior (2001) a média brasileira da produtividade da cultura com palha varia entre 9 a 15 t ha⁻¹ em algumas regiões. Albuquerque et al., (2008) encontraram produtividade média da espiga com palha de 13,795 t ha⁻¹, na avaliação de diferentes cultivares comerciais para produção de milho verde, na região sul de Minas Gerais. Enquanto, que Barros et al., (2013) obtiveram produtividade de 13,028 t ha⁻¹, no estudo da influência de diferentes plantas de coberturas do solo sobre a cultura do milho verde, no município de Lavras - MG. Considerando a mesma população de plantas deste trabalho Luz et al., (2014), encontraram produtividade média de espiga com palha entre 15,19 a 21, 79 t ha⁻¹, em estudos com diferentes época de colheita do milho verde, em Uberlândia - MG. De acordo com Pereira Filho et al., (2011), as características desejáveis para o cultivo de milho verde, abrange a possibilidade da produtividade atingir patamares acima de 12 t ha⁻¹.

O peso de espigas empalhadas é muito importante para a comercialização do milho verde nas centrais de abastecimento e nas feiras livres, onde o milho verde é comercializado com palha e o consumidor sempre tende a escolher as espigas maiores e mais pesadas (PAIVA et al., 2012).

A produtividade da espiga sem palha (P.E.D) foi de 13 t ha⁻¹ (Tabela 3), resultado superior ao obtido por Biscaro et al., (2008) que encontraram valor de 7,502 t ha⁻¹, avaliando a influência do manejo da irrigação na cultura do milho verde, na região do Cerrado Sul-Mato-Grossense, pontuando este evento, Barros et al., (2013) verificaram produtividade média de 8,37 t ha⁻¹ na região Sul de Minas Gerais.

A produtividade média de grãos PG foi de 7,17 t ha⁻¹ (Tabela 3) resultado que se enquadra dentro do intervalo de produtividade obtidos por Luz et al., (2014), que variaram entre 6,49 a 8,87 t ha⁻¹ conforme a cultivar e a época de colheita do milho verde, em Uberlândia-MG. No mercado de processamento industrial a elevada produtividade de espigas e grãos são atributos desejáveis, pois contribui na lucratividade do agricultor e da indústria.

Os valores de coeficientes de variação (CV%) variaram de 3,47 a 17,80% (Tabela 3). Adotando-se o critério de avaliação proposto por Warrick e Nielsen (1980) para o coeficiente de variação (CV%) foi possível verificar que os valores de CV altura de planta (AP), comprimento da espiga com palha (CEP) e sem palha (CED), diâmetro da espiga com palha (DEP) e sem palha (DED) e produtividade da espiga com palha (PEP), foram classificados como baixos (CV < 12%). Os baixos valores de CV demonstram maior homogeneidade destas variáveis na área em estudo. As variáveis que apresentaram média variabilidade, ou seja, CV localizado no intervalo de 12-60% foram PED e PG.

A produtividade da espiga com palha (PEP) e produtividade da espiga sem palha (PED) apresentaram distribuição assimétrica positiva. As demais variáveis exibiram coeficiente de assimetria negativa (Tabela 3).

O coeficiente de curtose mostra a dispersão (achatamento) da distribuição em relação à curva normal e como critério para sua interpretação foi adotado que se coeficiente de curtose = 0 a distribuição é mesocúrtica, se coeficiente de curtose < 0 é platicúrtica e se coeficiente de curtose > 0 é leptocúrtica (ALVES et al., 2014). Portanto os dados de CEP e PG proporcionaram distribuição platicúrtica, enquanto, as demais características agrônômicas exibiram distribuição leptocúrtica (Tabela 3).

Tabela 3. Estatística descritiva das variáveis de produtividade do milho verde no ano agrícola de 2013/2014, no município de Registro, Vale do Ribeira, SP.

Variável	Min. ¹	Max. ²	$\bar{x}$ ³	S ⁴	CV (%) ⁵	a_3 ⁶	a_4 ⁷
AP (m)	2,034	2,766	2,51	0,14006	5,59	-1,1122	1,6634
CEP (cm)	23,04	30,64	27,34	1,8973	6,94	-0,38113	-0,61783
DEP (cm)	4,856	6,574	5,79	0,3426	5,92	-0,2210	0,5389
CED (cm)	17,34	24,62	21,38	1,4202	6,64	-0,4064	0,3951
DED (cm)	3,896	5,33	4,81	0,2677	5,56	-0,6609	1,5051
PEP (t ha ⁻¹)	12,573	32,142	20,56	16,8577	3,47	0,4824	1,1724
PED (t ha ⁻¹)	8,283	19,03	13,0	2,3162	17,80	0,3255	0,1509
PG (t ha ⁻¹)	3,96	9,845	7,17	1,2521	17,46	-0,2304	-0,1286

1-Máximo; 2-Mínimo 3-Média; 4-Desvio Padrão; 5-Coeficiente de Variação; 6 -Coeficiente de Assimetria; 7-Coeficiente de Curtose

4.1.2. Atributos do solo

Os resultados encontrados na análise dos dados por meio da estatística descritiva evidenciaram a elevada fertilidade química do solo na densidade amostral avaliada (Tabela 4). Na profundidade de 0-0,20m, os teores médios dos atributos químicos do solo foram classificados de acordo com Raij et al., (1997), para o estado de São Paulo, como altos para cálcio, magnésio, saturação por bases e capacidade de troca de cátions total (Tabela 4). Os valores obtidos para potássio, fósforo resina, matéria orgânica e pH (Tabela 4) foram considerados médios. Essas boas características observadas em específico para os valores médios dos teores de cálcio, magnésio, saturação por bases e capacidade de troca de cátions total, provavelmente podem ser explicadas pelas práticas de manejo adotadas na propriedade, que envolvem a sucessão de culturas e a aplicação frequente de corretivos de acidez e fertilizantes.

Os valores de coeficientes de variação (CV%) variaram de 2,13% a 54,97% (Tabela 4). Adotando-se o critério de avaliação proposto por Warrick e Nielsen (1980) para o coeficiente de variação (CV%) foi possível verificar que os valores de CV pH, soma de bases (SB) e saturação por bases (V%) são classificados como baixos (CV < 12%). Os baixos valores para o CV de acordo com Santos et al., (2012) indicam menor

heterogeneidade dessas variáveis para a área de estudo. A saturação por bases (V) e pH apresentaram baixa variabilidade, com CV igual a 8,27% e 6,12% (Tabela 4), respectivamente, concordando com os resultados obtidos por Mattioni et. al., (2013), que estudaram o efeito das propriedades químicas do solo sobre a população de plantas e produtividade da cultura da soja.

As variáveis que apresentaram média variabilidade, ou seja, CV localizado no intervalo de 12-60% foram matéria orgânica (MO), fósforo resina (Pres.), potássio (K), cálcio (Ca) Magnésio (Mg), capacidade de troca de cátions total (CTC).

Os elementos cálcio (Ca) e Magnésio (Mg) apresentaram CV de média variabilidade (Tabela 4), corroborando com os resultados encontrados por Molin et al., (2010), que verificaram classificação semelhante para os mesmos atributos químicos, em estudo da variabilidade espacial dos macronutrientes no solo cultivado com milho safrinha.

O valor de CV para o teor de fósforo (P) demonstrou que existe variabilidade moderada (Tabela 4) desse elemento na área de estudo, corroborando com Cherubin et al., (2015) que analisaram a variabilidade espacial de P e K disponíveis no solo, por meio de distintas dimensões de malhas amostrais. Esse comportamento do P no solo de acordo com Silva et al., (2003) e Santi et al., (2012) pode estar diretamente relacionado aos efeitos residuais de adubações, que na maioria das vezes é aplicado na linha de semeadura.

A CTC do solo depende da quantidade e do tipo de argila e matéria orgânica (LOPES, 1998), portanto, é esperado que a moderada variabilidade de argila e matéria orgânica reflita de maneira semelhante no comportamento do coeficiente de variação da CTC (Tabela 4), corroborando com Mello et al., (2006), que encontraram a mesma classificação de CV para esses atributos, estudando a variabilidade das propriedades físicas e químicas de solos na região de Jaboticabal-SP.

Embora classificado pelo critério Warrick e Nielsen (1980) como de média variabilidade, o potássio (K) foi o atributo químico do solo que nestas condições de estudo apresentou o maior valor para o coeficiente de variação 54,97%, seguido do elemento fósforo (P) com CV de 50,72% (Tabela 4), de acordo com Amado et. al. (2006), os elevados teores de potássio (K) podem estar intrinsecamente relacionados à origem do material pedogenético, ao histórico das adubações, a elevada ciclagem de nutrientes pelas plantas de cobertura e da redução das perdas depois da adoção do sistema plantio direto.

Esses resultados encontrados para os elementos K e P, discordam dos obtidos por Silva et al., (2001), Machado et al., (2007) e Mattioni et al., (2013) que encontraram os maiores valores de CV para o fósforo (P), contudo corroboram quanto a representarem os dois atributos químicos com CV mais elevados. Motomiya et al. (2011) estudando a variabilidade espacial dos atributos do solo, também observaram, elevado CV para o fósforo em área de cultivo de algodoeiro, no Cerrado brasileiro.

Os atributos relacionados às características químicas do solo apresentaram uma amplitude considerável entre os valores máximos e mínimos (Tabela 5). De acordo com Coelho (2003), essa elevada amplitude demonstra e destaca os possíveis problemas que podem ser originados quando se emprega apenas a média dos resultados como parâmetro para aplicação de corretivos e fertilizantes, fato que contribui significativamente para desencadear condições de sub ou superdosagens, diversos autores relatam essa problemática por meio de estudos, como os realizados por Barbieri et al., (2008) e Ferraz et al., (2011) que compararam as operações agrícolas de adubação e calagem, utilizando a agricultura de precisão e o método tradicional executado com base na média dos resultados da análise de solo.

De acordo com Carvalho et al., (2003), a variabilidade dos atributos químicos do solo está diretamente relacionada as complexas interações dos processos de formação pedogenéticas e das práticas de manejo do solo e da cultura, com impacto principalmente nas camadas superficiais do solo.

A Assimetria é o grau de afastamento de uma distribuição da unidade de simetria, podendo ser simétrica, positiva ou negativa (SPERLE, 2013). As variáveis cálcio (Ca), magnésio (Mg), soma de bases (SB), capacidade de troca de cátions total (CTC), saturação por bases (V%), silte e argila apresentaram coeficiente de assimetria negativa (Tabela 4), o que evidencia a tendência de expressiva quantidade de valores maiores que a média amostral.

As demais variáveis exibiram distribuição assimétrica positiva. As curvas de distribuição dos atributos químicos do solo foram classificadas como leptocúrtica (Tabela 4).

Tabela 4. Estatística descritiva das variáveis de fertilidade química do solo no cultivo de milho verde no ano agrícola de 2013/2014, no município de Registro, Vale do Ribeira - SP.

Variável	Min.	Max.	$\bar{x}$ ³	S ⁴	CV	a_3 ⁶	a_4 ⁷
M.O (g dm ⁻³)	15	63	26,76	6,0794	22,71	2,9500	18,2650
pH CaCl ₂	4,4	6,2	5,37	0,3287	6,12	-0,1402	1,1531
Pres. (mg dm ⁻³)	7	78	28,18	14,261	50,72	0,9703	1,1748
K (mmol dm ⁻³)	0,4	5,5	2,02	1,1100	54,97	1,2805	1,6239
Ca (mmol _c dm ⁻³)	22	124	82,25	19,115	23,24	-0,8281	0,7439
Mg (mmol _c dm ⁻³)	11	52	41,82	7,9550	19,02	-1,6576	3,1405
SB (mmol _c dm ⁻³)	34,6	177,5	126,0	26,873	2,13	-1,0881	1,2919
CTC (mmol _c dm ⁻³)	61,6	200,5	155,2	25,052	16,14	-1,2972	2,1724
V (%)	56	93	80,40	6,6448	8,27	-1,3628	2,6394

1-Máximo; 2-Mínimo 3-Média; 4-Desvio Padrão; 5-Coefficiente de Variação; 6 -Coefficiente de Assimetria; 7-Coefficiente de Curtose

A análise descritiva dos resultados referentes a composição granulométrica do solo (Tabela 5), demonstram proporções consideráveis na quantidade média das frações silte (430,23g kg⁻¹) e argila (409,07 g kg⁻¹) na área em estudo. Portanto com base nos resultados das frações granulométricas, a classe textural do solo em estudo, foi classificada em Argila Siltosa, conforme o diagrama triangular proposto pelo sistema Norte Americano de classificação, adotado pela Sociedade Brasileira de Ciência dos Solos (SBCS) conforme exposto por Ferreira et al., (2010). De acordo com a Instrução Normativa N° 2, de 9 de outubro de 2008 (MAPA, 2008) o solo da área experimental se enquadra na categoria de solos do tipo 3 (textura argilosa), considerados argilosos, devido ao teor de argila maior ou igual a 35% (MAPA, 2008).

É importante ressaltar que a textura é um atributo físico do solo extremamente relevante, pois exerce influência considerável sobre a maior parte das propriedades físicas e químicas. De acordo com Freitas et al., (2013) a textura do solo interfere na infiltração e retenção de água, aeração, disponibilidade de nutrientes e estabilidade dos agregados do solo, e conseqüentemente no manejo do solo com máquinas e implementos agrícolas. Deste modo torna-se evidente que o conhecimento da composição textural contribui para definir as técnicas de manejo e conservação do solo.

Em relação ao coeficiente de variação (CV) a argila e o silte exibiram valores moderados, enquanto que a areia apresentou elevado CV (Tabela 5), corroborando com os resultados encontrados por Oliveira et al., (2013), que estudaram a variabilidade espacial de atributos físicos em um Cambissolo Háplico na camada superficial do solo. Esse maior coeficiente de variação encontrado na areia total em relação à argila, de acordo com Lima et al., (2014), pode ser explicado pela influência da localização da área em estudo, devido à gênese do solo e ações erosionais ou deposicionais, integrado ao fluxo de água.

Neste trabalho as variáveis argila e silte exibiram coeficiente de assimetria negativa (Tabela 5), fato que demonstra a tendência de significativa quantidade de valores maiores que a média amostral. A areia apresentou distribuição assimétrica positiva. Os coeficientes de curtose foram acima de zero, seguindo a distribuição leptocúrtica concordando com os resultados obtidos por Montezano et al., (2006).

Tabela 5. Estatística descritiva das variáveis de textura física do solo no cultivo de milho verde no ano agrícola de 2013/2014, no município de Registro, Vale do Ribeira, SP.

Variável	Min.¹	Max.²	$\bar{x}$³	S⁴	CV(%)⁵	$a_3$⁶	$a_4$⁷
Argila (g kg ⁻¹)	155	540	409,07	74,41	18,19	-0,9360	1,1369
Silte (g kg ⁻¹)	232	514	430,23	59,21	13,76	-1,0621	1,1459
Areia (g kg ⁻¹)	30	613	160,69	118,02	73,44	1,5768	2,7377

1-Máximo; 2-Mínimo 3-Média; 4-Desvio Padrão; 5-Coefficiente de Variação; 6 -Coefficiente de Assimetria; 7-Coefficiente de Curtose

4.1.3 Porcentagem de cobertura do solo

A porcentagem de cobertura proporcionada pela cultura do arroz antes da implantação do milho verde (COB A) foi de 94,49 % (Tabela 6). A manutenção dos resíduos vegetais sobre a superfície do solo tem a capacidade de influenciar as condições edafoclimáticas do agroecossistema, refletindo no desempenho produtivo da cultura subsequente. Barros et al., (2013) estudando a cultura do milho verde em sucessão ao cultivo de plantas de cobertura observaram valores maiores de produtividade da espiga com palha, produtividade da espiga sem palha e altura de planta, quando comparado ao uso da vegetação espontânea. A cultura do milho verde apresentou

valor de 97,13% (Tabela 6) para a porcentagem de cobertura após a colheita do milho verde (COB MI

As variáveis de porcentagem de cobertura do solo apresentaram coeficiente de assimetria negativa (Tabela 6), o que evidencia a tendência de expressiva quantidade de valores maiores que a média amostral. Os valores dos coeficientes de curtose da porcentagem de cobertura antes e após o cultivo do milho verde apresentaram distribuição leptocúrtica (Tabela 6).

Tabela 6. Estatística descritiva das variáveis de porcentagem de cobertura do solo no cultivo do milho verde no ano agrícola de 2013/2014, no município de Registro, Vale do Ribeira, SP.

Variável	Min.¹	Max.²	$\bar{x}$³	s⁴	CV (%)⁵	$a_3$⁶	$a_4$⁷
COB A (%)	71	100	94,49	6,8040	7,20	-1,8773	3,2874
COB MI (%)	88,5	100	97,13	1,8041	1,86	-1,8573	6,6738

1-Máximo; 2-Mínimo 3-Média; 4-Desvio Padrão; 5-Coefficiente de Variação; 6 -Coefficiente de Assimetria; 7-Coefficiente de Curtose

4.2 Distribuição de frequência dos dados das variáveis avaliadas

4.2.1 Características da planta

Os resultados do teste de Kolmogorov-Smirnov (KS), ao nível de 5% de probabilidade, aplicado neste estudo, demonstraram normalidade a frequência dos dados de diâmetro da espiga com palha (DEP), comprimento da espiga despalhada (CED), diâmetro da espiga despalhada (DED), produtividade da espiga com palha (PEP), produtividade da espiga despalhada (PED) e produtividade de grãos de milho verde (PG), no entanto, as variáveis referentes altura de planta (AP) e comprimento da espiga com palha (CEP) seguiram a distribuição não normal dos dados (Tabela 7).

Tabela 7. Teste de Normalidade, Kolmogorov Smirnov a 5% de probabilidade das variáveis da produtividade do milho verde no ano agrícola de 2013/2014, no município de Registro, Vale do Ribeira, SP.

Variáveis	Distribuição da Frequência	P
AP (m)	Não Normal ^{**}	$p < 0,01$
CEP (cm)	Não Normal ^{**}	$p < 0,05$
DEP (cm)	Normal ^{**}	$p > 0,15$
CED (cm)	Normal ^{**}	$p > 0,15$
DED (cm)	Normal ^{**}	$p > 0,15$
PEP (t ha ⁻¹)	Normal ^{NS}	$p > 0,15$
PED (t ha ⁻¹)	Normal ^{NS}	$p > 0,15$
PG (t ha ⁻¹)	Normal ^{NS}	$p > 0,15$

^{**} Significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$); ^{*}Significativo ao nível de 5% de probabilidade ($0,01 \leq p < 0,05$); ^{NS} Não significativo ($p \geq 0,05$).

4.2.2 Atributos do solo

Os parâmetros analisados referentes aos atributos químicos e físico do solo (Tabela 8), não apresentaram normalidade na distribuição dos dados pelo teste de Kolmogorov-Smirnov (KS). Essa respectiva ausência de normalidade nos atributos químicos do solo, provavelmente, pode estar relacionada com o histórico da aplicação desuniforme de fertilizantes e corretivos na área da propriedade em estudo. A fração textural areia não apresentou normalidade nos dados, concordando com Souza et al. (2004b), que encontraram distribuição não normal para o mesmo atributo.

Os atributos químicos do solo não apresentaram ajuste a distribuição normal (Tabela 8). Como também constataram outros autores (Carvalho et al., 2003; Salviano et al., 1998; Cambardella et al., 1994). A camada de solo, utilizada para amostragem, é mais influenciada pelo processo de mecanização, manejo das culturas e erosão. Os teores de areia, silte e argila apresentaram distribuição não normal dos dados, corroborando com os resultados obtidos por Montezano et al., (2006), que verificaram ausência de normalidade para esses atributos em solo cultivado com milho, em Planaltina - GO. Os coeficientes de assimetria e de curtose dos atributos são apresentados para efeito de comparação com a distribuição normal (MONTEZANO et al., 2008). Verifica-se que

os coeficientes de assimetria foram diferentes de zero, contribuindo para a distribuição assimétrica e a curtose exibiu distribuição leptocúrtica (Tabela 4).

Tabela 8. Teste de Normalidade das variáveis de solo e produtividade de milho verde no ano agrícola de 2013/2014, no município de Registro, Vale do Ribeira, SP.

Variáveis	Normalidade	p
M.O. (g dm^{-3})	Não Normal**	$p < 0,01$
pH CaCl_2	Não Normal**	$p < 0,01$
Pres (mg dm^{-3})	Não Normal**	$p < 0,01$
K (mmolc)	Não Normal**	$p < 0,01$
Ca (mmolc)	Não Normal**	$p < 0,01$
Mg (mmolc)	Não Normal**	$p < 0,01$
SB	Não Normal**	$p < 0,01$
CTC	Não Normal**	$p < 0,01$
V (%)	Não Normal**	$p < 0,01$
Argila (g kg^{-1})	Não Normal**	$p < 0,05$
Silte (g kg^{-1})	Não Normal**	$p < 0,025$
Areia (g kg^{-1})	Não Normal**	$p < 0,01$

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$); * Significativo ao nível de 5% de probabilidade ($0,01 \leq p < 0,05$); ^{Ns} Não significativo ($p \geq 0,05$).

4.2.3 Porcentagem de cobertura do solo

A distribuição de frequência dos dados para a porcentagem de cobertura do solo antes (COB A) e após (COB MI) o cultivo do milho verde (Tabela 9), apresentaram ausência de normalidade. Provavelmente em função dos coeficientes de assimetria e/ou curtose elevados (Tabela 6).

Tabela 9. Teste de Normalidade, Kolmogorov Smirnov a 5% de probabilidade das variáveis de porcentagem de cobertura do solo no cultivo de milho verde no ano agrícola de 2013/2014, no município de Registro, Vale do Ribeira, SP

Variáveis	Normalidade	p
COB A (%)	Não Normal**	$p < 0,01$
COB MI (%)	Não Normal*	$p < 0,025$

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$); * Significativo ao nível de 5% de probabilidade ($0,01 \leq p < 0,05$); ^{Ns} Não significativo ($p \geq 0,05$).

4.3 Análise de correlação e regressão entre os atributos estudados

4.3.1 Características da planta versus características da planta.

A análise de correlação pode contribuir para a redução do número de atributos avaliados em experimentos posteriores com milho verde, ou seja, quando compreendida ampla dependência entre uma variável e outra. A relação entre duas variáveis é perfeita quando o valor de r for igual a -1 (o aumento de uma característica implica a diminuição da outra) ou +1 (o aumento de uma característica implica o aumento da outra) (ALBUQUERQUE et al., 2008 b)

As correlações entre as variáveis da planta exibiram significância entre diversos pares (Tabela 10). Foram verificadas correlações positivas e altamente significativas, para DED x CED ($r = 0,7372^{**}$), CED x PED ($r = 0,8617^{**}$) DEP x D.E.D ($r = 0,8012^{**}$), DEP x PED ($r = 0,7870^{**}$), DEP x CED ($r = 0,7579^{**}$), DED x P.E.D ($r = 0,7314^{**}$). Este evento é de suma importância para a produtividade do milho, uma vez que sendo positiva tal correlação, indica que com o aumento de determinado atributo, acontecerá o mesmo com o outro. Desta forma, quanto maior for o comprimento e o diâmetro da espiga sem palha maior será a respectiva produtividade da espiga sem palha de milho verde.

A correlação entre CEP x DEP ($r = 0,3055^*$) e CEP x CED ($r = 0,4919^{**}$) foram significativas e positivas (Tabela 10), concordando com Ferreira et al., (2009) que encontraram resultados semelhantes entre o comprimento da espiga com palha com o diâmetro da espiga com palha ($r = 0,36^*$) e comprimento da espiga sem palha ($r = 0,58^{**}$) na avaliação de progênies de milho-verde. A correlação entre CEP x CED, corrobora com o resultado obtido por Oliveira et al., (1987), na avaliação de cultivares comerciais para a produção de milho verde, no município de Campos-RJ.

A correlação entre DED x CED ($r = 0,7372^{**}$) foi positiva e significativa (Tabela 10), portanto, a seleção com base no diâmetro pode levar à seleção de espigas de maior comprimento, corroborando com SANTOS et al., (2005), que avaliaram o comportamento de cultivares comerciais de milho e as correlações entre as principais características da espiga de milho no estágio verde, no município de Oratórios – MG. Entretanto, Ferreira et al., (2009) não verificaram correlação significativa do diâmetro com o comprimento da espiga despalhada. Os atributos CEP x PEP não

apresentaram correlação significativa evidenciando que espigas empalhadas de comprimento elevado não resultam em produtividades maiores de espigas.

Observou-se elevada correlação significativa e positiva entre as características PEP x PED ($r = 0,8471^{**}$), PEP x DED ($r = 0,7637^{**}$), PEP x CED ($r = 0,7622^{**}$). Deste modo, pode-se inferir que a maior produção de espigas empalhadas, provavelmente implica na maior produtividade de espigas sem palha, assim como maior diâmetro e comprimento de espigas despalhadas (Tabela 10). Resultados semelhantes foram obtidos por Oliveira et al. (1987) e RODRIGUES et al., (2011). Do mesmo modo, Grigulo et al., (2011), verificaram função crescente entre a produtividade da espiga com palha e despalhada, na avaliação de genótipos de milho, em Tangará da Serra - MT.

A produtividade da espiga sem palha (PED) demonstrou elevada correlação significativa com CED ($r = 0,8617^{**}$) e DED ($r = 0,7314^{**}$), corroborando com os resultados encontrados por Rodrigues et al., (2011) que verificaram coeficientes de correlação de $r = 0,80^{**}$ e $r = 0,70^{**}$.

As correlações CED x PEP ($r = 0,7622^{**}$) e CED x PED ($r = 0,8617^{**}$), demonstram que as espigas despalhadas com maior comprimento, tendem a proporcionar maior produtividade de espigas sem palha (PEP) e com palha (PED) de milho verde (Tabela 10).

Outra importante correlação foi dada pelos pares CED x PG ($r = 0,5869^{**}$), DED x PG ($r = 0,5147^{**}$), e PED x PG ($r = 0,6583^{**}$), mostrando que tais componentes de produção variaram em um mesmo sentido, e que existe uma tendência de aumento da produtividade de grãos com o aumento do comprimento, diâmetro e produtividade da espiga despalhada (Tabela 10). Resultados semelhantes foram obtidos por Barbieri (2010) que verificaram correlação altamente significativa e positiva entre a produção de grãos com os caracteres diâmetro e comprimento das espigas, na avaliação das características agrônômicas do milho doce destinada produção de grãos e a influência de diferentes testadores e ambientes no mapeamento da QTL, na região de Uberlândia-MG e Itatiba-SP.

A característica altura de planta tem importância quando se considera a utilização da planta após a colheita, pois cultivares de menor porte são indicadas quando se deseja a incorporação dos restos culturais no solo, de forma que não prejudique o plantio posterior e que seja possível um maior número de colheitas por ano e por local (Bordallo et al., 2005).

Neste estudo os pares AP x DEP ($r=-0,3691^*$), AP x C.E.D ($r=-0,3056^*$), AP x DED ($r=-0,2665^*$), AP x PEP ($r=-0,3874^*$), AP x PED ($r=-0,3379^*$) AP x COBMI ($r=-0,2037^*$), apresentaram correlação significativas negativas indicando relação inversa entre causa e efeito. Entretanto, os coeficientes de correlação entre esses atributos foram baixos (Tabela 10), neste caso, é importante ressaltar que a plantas de altura maiores nem sempre tendem a proporcionar menores diâmetro da espiga com palha (DEP), comprimento da espiga despalhada (CED), diâmetro da espiga despalhada (DED), produtividade da espiga com palha (PEP), produtividade da espiga despalhada (P.E.D).

De tal maneira que resultados opostos foram obtidos por Bordallo et al., (2005), que encontraram correlação positiva entre a altura de plantas com peso médio e o comprimento médio das espigas, na avaliação do grau de associação de caracteres agrônômicos visando à produção de milho verde.

Do mesmo modo, Silva et al., (2006), verificaram correlação positiva entre a altura da planta com a produtividade, diâmetro e comprimento da espiga, na região de Dourados-MS. Os mesmos autores ainda afirmam que o cultivo do mesmo material genético em condições climáticas idênticas, a altura da planta é uma característica que possui a capacidade de definir o grau de desenvolvimento da cultura, ou seja, plantas maiores tendem a ser mais produtivas, porque provavelmente sofreram menos estresse e conseqüentemente acumularam maiores quantidades de reservas no colmo.

A porcentagem de cobertura do solo antes do cultivo de milho verde (COB A) apresentou correlação significativa negativa com o diâmetro da espiga empalhada (DEP) (Tabela 10). Ohland et al., (2005), ao analisarem a interferência das plantas de cobertura do solo, verificaram que o diâmetro de espigas é influenciado pela cultura antecessora ao milho. De acordo com Ohland et al., (2005), o comprimento e o diâmetro de espiga são características que determinam o potencial de produtivo da cultura do milho.

Tabela 10. Equação de regressão e coeficientes do ajuste das correlações entre atributos da produtividade do cultivo de milho verde no ano agrícola de 2013/2014, no município de Registro, Vale do Ribeira, SP

Correlação	Equação	Tipo	R ²	R
A.P (m) x DEP (cm)	$y = 2,5325x^2 - 13,04x + 22,515$	Pol.	0,1362	0,3691*
AP (m) x CED (cm)	$y = 7,4159x^2 - 38,728x + 71,72$	Pol.	0,0934	0,3056*
AP (m) x DED (cm)	$y = 0,3119x^2 - 2,0212x + 7,9133$	Pol.	0,071	0,2665*
AP (m) x PEP (t ha ⁻¹)	$y = 16,067x^2 - 85,769x + 134,25$	Pol.	0,1501	0,3874*
AP (m) x PED (t ha ⁻¹)	$y = 14,522x^2 - 75,274x + 110,17$	Pol.	0,1142	0,3379*
AP (m) x COBMI	$y = -2,9049x^2 + 16,163x + 75,073$	Pol.	0,0415	0,2037*
CEP (cm) x CED (cm)	$y = -0,1066x^2 + 6,0497x - 63,959$	Pol.	0,242	0,4919**
CEP (cm) x DED (cm)	$y = -0,0342x^2 + 1,797x - 18,682$	Pol.	0,0658	0,2565**
CEP (cm) x PG (t ha ⁻¹)	$y = -0,0779x^2 + 4,3795x - 54,09$	Pol.	0,1329	0,3646*
DEP (cm) x CEP (cm)	$y = -1,8136x^2 + 22,267x - 40,571$	Pol.	0,0933	0,3055*
DEP (cm) x CED (cm)	$y = 4,7432x^{0,8572}$	Pot.	0,5744	0,7579**
DEP (cm) x DED (cm)	$y = -0,2534x^2 + 3,5276x - 7,086$	Pol.	0,642	0,8012**
DEP (cm) x PEP (t ha ⁻¹)	$y = 7,3573x - 22,112$	Lin.	0,701	0,8373
DEP (cm) x PED (t ha ⁻¹)	$y = 0,2022x^{2,3647}$	Pot.	0,6193	0,7870**
DEP (cm) x PG (t ha ⁻¹)	$y = -0,6453x^2 + 9,4398x - 25,77$	Pol.	0,317	0,5630**
CED (cm) x PEP (t ha ⁻¹)	$y = 3,6851e^{0,0797x}$	Exp.	0,5809	0,7622**
CED (cm) x PED (t ha ⁻¹)	$y = 1,2411e^{0,1091x}$	Exp.	0,7426	0,8617**
CED (cm) x PG (t ha ⁻¹)	$y = 0,0559x^{1,5815}$	Pol.	0,3445	0,5869**
DED (cm) x CED (cm)	$y = 5,3909x^{0,8764}$	Pot.	0,534	0,7372**
DED (cm) x PEP (t ha ⁻¹)	$y = 6,2991x^2 - 51,464x + 121,82$	Pol.	0,5833	0,7637**
DED (cm) x PED (t ha ⁻¹)	$y = 2,3209x^2 - 15,664x + 34,467$	Pol.	0,535	0,7314**
DED (cm) x PG (t ha ⁻¹)	$y = 0,499x^{1,6879}$	Pot.	0,2649	0,5147**
PEP (t ha ⁻¹) x PED (t ha ⁻¹)	$y = 0,6532x - 0,3692$	Lin.	0,7175	0,8471**
PEP (t ha ⁻¹) x PG (t ha ⁻¹)	$y = -0,0207x^2 + 1,117x - 6,8427$	Pol.	0,4276	0,6539**
PED (t ha ⁻¹) x PG (t ha ⁻¹)	$y = -0,0363x^2 + 1,3057x - 3,4669$	Pol.	0,4333	0,6583**
COB A (%) x DEP (cm)	$y = -0,0002x^2 + 0,0152x + 5,9613$	Pol.	0,1075	0,3279**

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$); * Significativo ao nível de 5% de probabilidade ($0,01 \leq p < 0,05$); ^{Ns} Não significativo ($p \geq 0,05$).

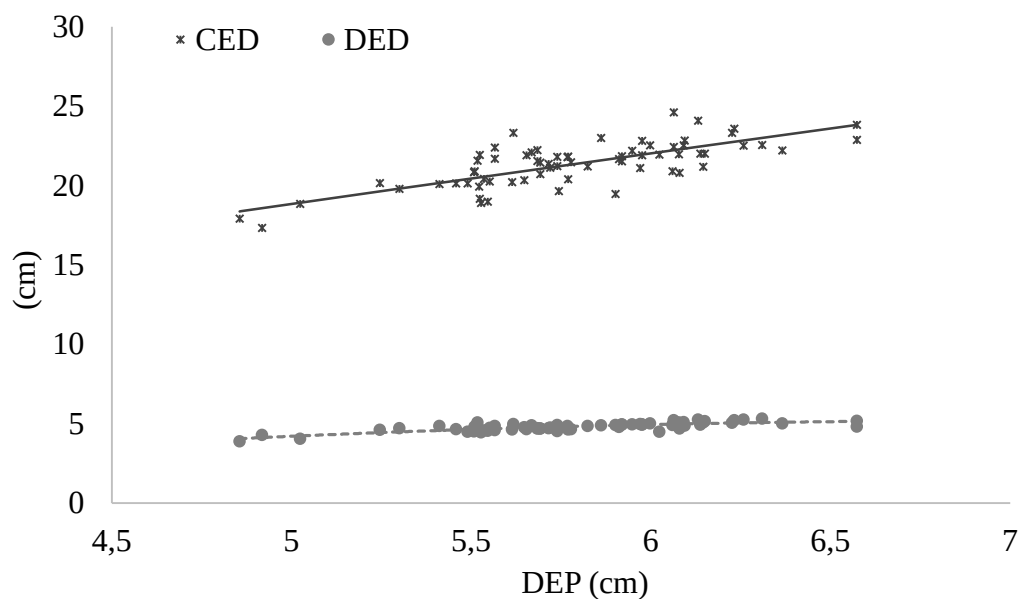


Figura 10. Gráfico de regressão do comprimento (CED) e diâmetro da espiga despalhada (DED) em função do diâmetro da espiga empalhada (DEP) da produtividade do milho verde no ano agrícola de 2013/2014, no município de Registro, Vale do Ribeira, SP.

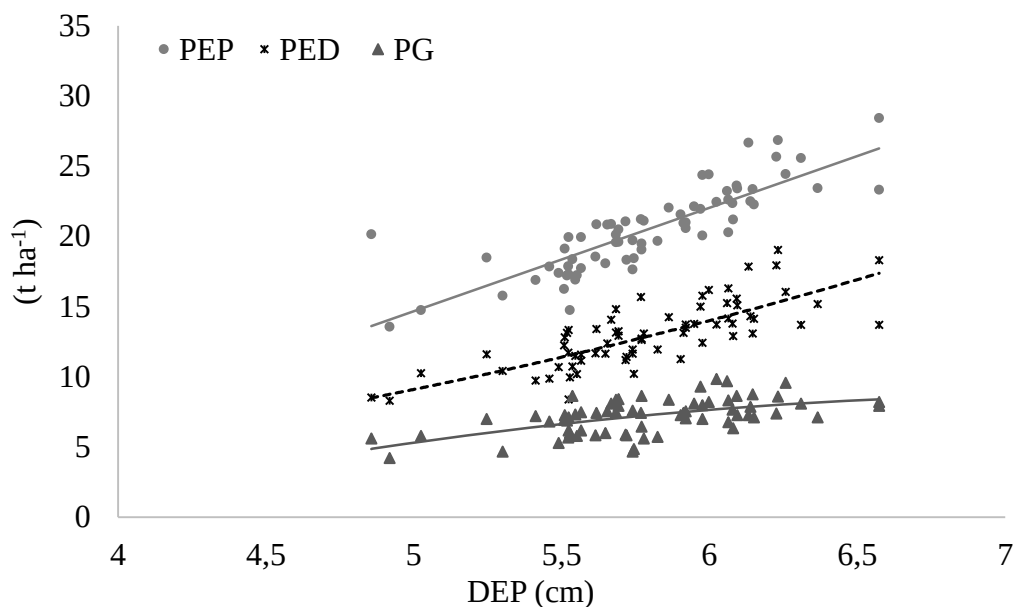


Figura 11. Gráfico de regressão da Produtividade de grãos (PG), Produtividade da espiga empalhada (PEP) e despalhada (PED) em função do diâmetro da espiga com palha (DEP) do milho verde, no ano agrícola de 2013/2014, no Vale do Ribeira, SP.

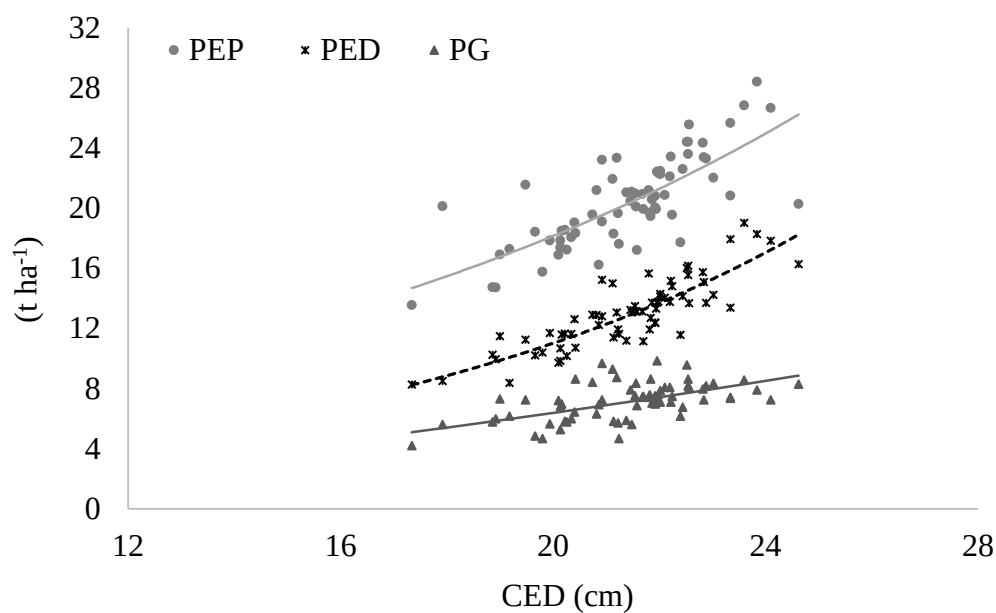


Figura 12. Gráfico de regressão da Produtividade de grãos (PG), Produtividade da espiga com palha (PEP) e despalhada (PED) em função do comprimento da espiga sem palha (CED), no milho verde, no ano agrícola de 2013/2014, no Vale do Ribeira - SP.

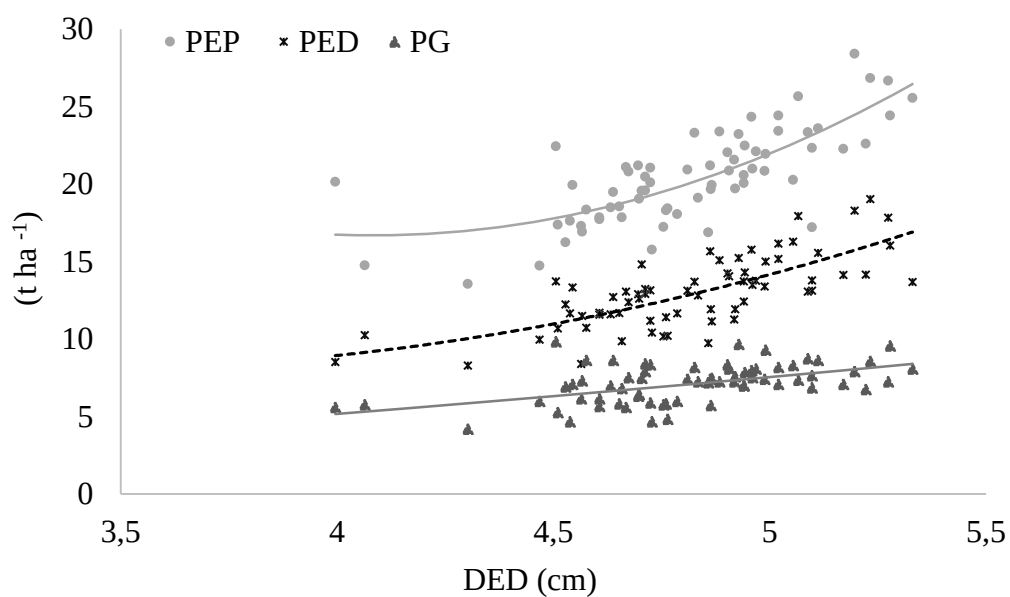


Figura 13. Gráfico de regressão da Produtividade de grãos (PG), Produtividade da espiga com palha (PEP) e sem palha (PED) em função do diâmetro da espiga sem palha (DED), no cultivo de milho verde no ano agrícola de 2013/2014, no Vale do Ribeira - SP.

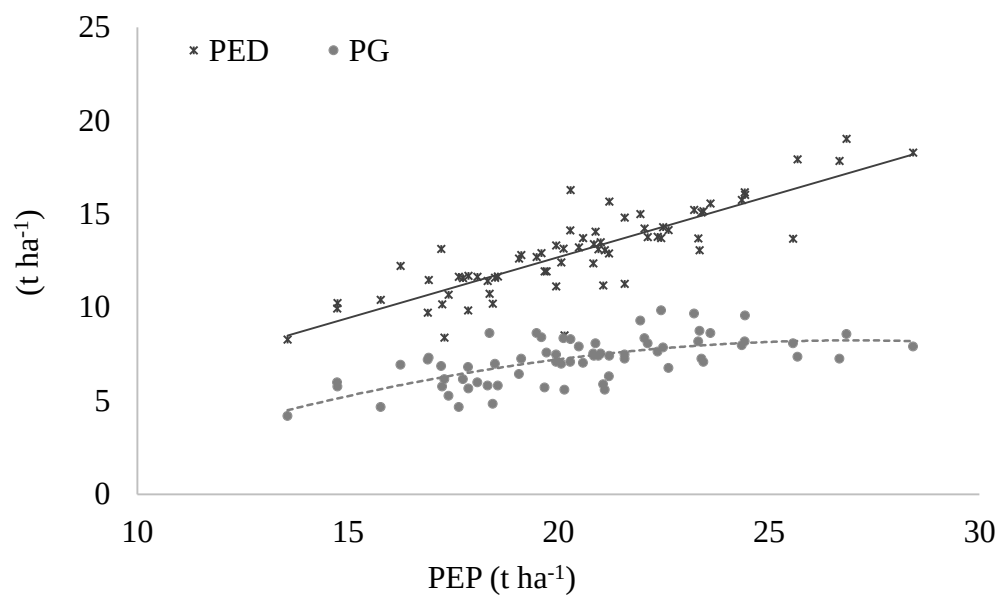


Figura 14. Gráfico de regressão da Produtividade da espiga despalhada (PED), Produtividade de grãos (PG) em função Produtividade da espiga empalhada (PEP), do milho verde no ano agrícola de 2013/2014, no Vale do Ribeira, SP.

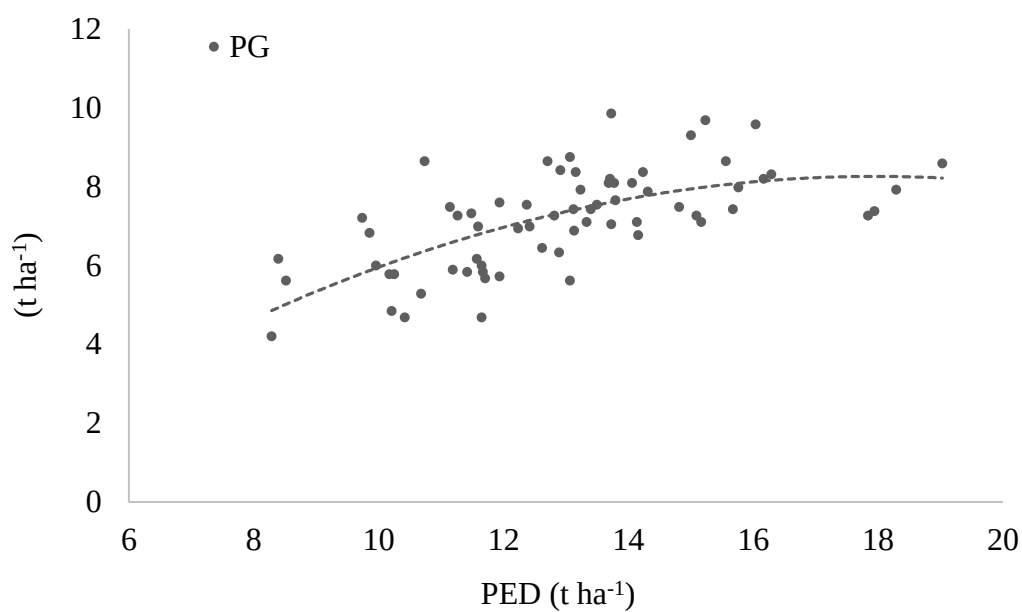


Figura 15. Gráfico de regressão da Produtividade de grãos (PG) em função da Produtividade da espiga despalhada (PED) do milho verde no ano agrícola de 2013/2014, no município de Registro, Vale do Ribeira, SP.

4.3.2 Atributos do solo versus atributos do solo

A matéria orgânica (MO) proporcionou correlação significativa e positiva com a maioria dos atributos do solo estudados, com exceção da areia cuja correlação foi inversa e do pH que não apresentou correlação significativa (Tabela 11). A matéria orgânica desempenha papel importante à sustentabilidade do sistema produtivo, pois influencia a disponibilidade, a absorção de nutrientes e a produtividade das culturas.

A correlação da MO com o P foi significativa e positiva do solo (Tabela 11), indicando que a matéria orgânica funciona praticamente como fonte de P para as plantas, concordando com os resultados obtidos por Montezano et al., (2006), Andrade et al., (2012) e Falcão et al., (2013). Entretanto, resultados diferentes foram encontrados por Dalchiavon et al., (2011), que não verificaram correlação significativa entre a MO e P, em estudo de variabilidade espacial dos atributos químicos de um Latossolo Vermelho Distroférrico sob sistema de semeadura direta.

A MO ainda apresentou correlação positiva com potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), soma de bases (SB), capacidade de troca de cátions total (CTC), saturação por bases (V%), indicando função crescente entre causa e efeito (Tabela 11), demonstrando que parte da variação desses atributos dependem da distribuição do teor de matéria orgânica no solo. Esses resultados corroboram com Montezano et al., (2006), que avaliaram a variabilidade espacial da fertilidade do solo na cultura do milho. Falcão et al., (2013) encontraram resultados semelhantes na análise da correlação da MO com os demais atributos químicos do Latossolo.

Os atributos químicos destacaram a extrema importância da matéria orgânica entre as correlações na profundidade de 0-0,20m, demonstrando que a M.O contribui para a manutenção da fertilidade do solo, portanto esta propriedade se destaca para a conservação do potencial produtivo deste solo.

A correlação da MO com os atributos da fração textural do solo, foi positiva com argila e silte (Tabela 11). De acordo com RAIJ (2011) quanto maior o teor de argila do solo mais alto é o teor de MO. Assim como esperado, a interação da MO com a Areia, foi negativa indicando que a redução da fração areia provoca o aumento do teor de matéria orgânica, corroborando com os resultados encontrados por Montezano et al., (2006).

A contribuição da matéria orgânica para a CTC dos solos é importante e foi estimada entre 56 e 82 % da CTC de solos sob condições tropicais (RAIJ, 2011), favorecendo a retenção de cátions e a redução das perdas por lixiviação (ANDRADE, et al., 2012; PORTUGAL, et al., 2012). A CTC por sua vez se correlacionou positivamente com a Argila (Tabela 11), corroborando com Portugal et al., (2010), que encontraram $r = 0,87$, em estudos das propriedades físicas e químicas de um Latossolo sob diferentes sistemas agrícolas.

Freitas et al., (2013), também verificaram resultados semelhantes para a interação do teor da MO com a fração Argila do solo. De acordo com Portugal et al., (2010) os solos de textura argilosa tendem a apresentar maiores teores de M.O, e consequentemente, incrementam a CTC do solo, que favorece o acréscimo na disponibilidade de nutrientes, como cálcio (Ca), magnésio (Mg) e potássio (K), como ocorre no solo desse estudo (Tabela 11).

Além disso, a CTC contribui para a formação de aglomerados de partículas unitárias que se formam por causa de atrações físicas entre partículas, ou através de agentes cimentantes, como óxidos de ferro e matéria orgânica (RAIJ, 2011).

O elemento P por sua vez se correlacionou positivamente com potássio (K), soma de bases (SB) e capacidade de troca de cátions total (CTC) (Tabela 11), discordando dos resultados obtidos por Montezano et al., (2006), na análise dos atributos de fertilidade do solo e produtividade do milho, em GO. Entretanto, Andrade et al., (2012) verificaram correlação positiva do P com o potássio e o cálcio, na avaliação dos atributos químicos do solo sob diferentes preparos.

O teor de areia proporcionou correlação altamente significativa e negativa com a argila e o silte (Tabela 11), evidenciando que com o aumento da fração areia ocorrerá reduções das frações Silte e Argila, sendo o inverso verdadeiro. Esses resultados concordam parcialmente com Kitamura (2004) e Montezano et al., (2006), que verificaram função crescente entre causa e efeito, para Areia e Silte.

Tabela 11. Equação de regressão e coeficientes do ajuste das principais correlações dos atributos do solo, no cultivo de milho verde no ano agrícola de 2013/2014, no município de Registro, Vale do Ribeira, SP.

Correlação	Equação	Tipo	R ²	R
Argila (g kg ⁻¹) x Mg (mmol _c dm ⁻³)	$y = 0,2529x^{0,848}$	Pot.	0,5109	0,7148
Argila (g kg ⁻¹) x Ca (mmol _c dm ⁻³)	$y = 0,391x^{0,8861}$	Pot.	0,4418	0,6647
Argila (g kg ⁻¹) x SB (mmol _c dm ⁻³)	$y = 0,824x^{0,834}$	Pot.	0,440	0,6633
Argila (g kg ⁻¹) x V (%)	$y = -0,0002x^2 + 0,1917x + 36,355$	Pol.	0,2831	0,5321
Argila (g kg ⁻¹) x CTC (mmol _c dm ⁻³)	$y = 3,885x^{0,6126}$	Pot.	0,4632	0,6806
Silte (g kg ⁻¹) x Mg (mmol _c dm ⁻³)	$y = -0,0005x^2 + 0,4705x - 70,782$	Pol.	0,5283	0,7268
Silte (g kg ⁻¹) x Ca (mmol _c dm ⁻³)	$y = 0,0268x^{1,3203}$	Pot.	0,5075	0,7124
Silte (g kg ⁻¹) x SB	$y = -0,0011x^2 + 1,1637x - 171,6$	Pol.	0,4834	0,6953
Silte (g kg ⁻¹) x V (%)	$y = -0,0003x^2 + 0,3171x + 6,8614$	Pol.	0,2603	0,5102
Silte (g kg ⁻¹) x CTC (mmol _c dm ⁻³)	$y = -0,0012x^2 + 1,2328x - 157,96$	Pol.	0,5922	0,7695
Areia (g kg ⁻¹) x Mg (mmol _c dm ⁻³)	$y = -7E-05x^2 - 0,0141x + 46,848$	Pol.	0,5614	0,7493
Areia (g kg ⁻¹) x Ca (mmol _c dm ⁻³)	$y = -4E-05x^2 - 0,0883x + 97,85$	Pol.	0,4881	0,6986
Areia (g kg ⁻¹) x SB (mmol _c dm ⁻³)	$y = -0,000x^2 - 0,09x + 145,83$	Pol.	0,4847	0,6962
Areia (g kg ⁻¹) x V (%)	$y = -6E-05x^2 - 0,0017x + 82,865$	Pol.	0,3035	0,5509
Areia (g kg ⁻¹) x CTC (mmol _c dm ⁻³)	$y = -0,000x^2 - 0,0734x + 173,59$	Pol.	0,5657	0,7521
MO (g dm ⁻³) x K (mmol _c dm ⁻³)	$y = 0,006x^2 - 0,241x + 4,0566$	Pol.	0,1089	0,33
MO (g dm ⁻³) x P (mmol _c dm ⁻³)	$y = 0,0449x^2 - 1,1423x + 25,985$	Pol.	0,1533	0,3915
MO (g dm ⁻³) x Ca (mmol _c dm ⁻³)	$y = -0,1326x^2 + 9,84x - 82,866$	Pol.	0,5389	0,7341
MO (g dm ⁻³) x Mg (mmol _c dm ⁻³)	$y = -0,0763x^2 + 5,1463x - 39,403$	Pol.	0,518	0,7197
MO (g dm ⁻³) x V (%)	$y = 33,715x^{0,2655}$	Pot.	0,2835	0,5325
MO (g dm ⁻³) x SB (mmol _c dm ⁻³)	$y = -0,2698x^2 + 18,029x - 156,64$	Pol.	0,5292	0,7275
MO (g dm ⁻³) x CTC (mmol _c dm ⁻³)	$y = -0,2466x^2 + 16,912x - 115,29$	Pol.	0,6431	0,8019
P x K (mmol _c dm ⁻³)	$y = 0,0509x + 0,5887$	Lin.	0,4273	0,6537

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$); * Significativo ao nível de 5% de probabilidade ($0,01 \leq p < 0,05$); ^{Ns} Não significativo ($p \geq 0,05$)

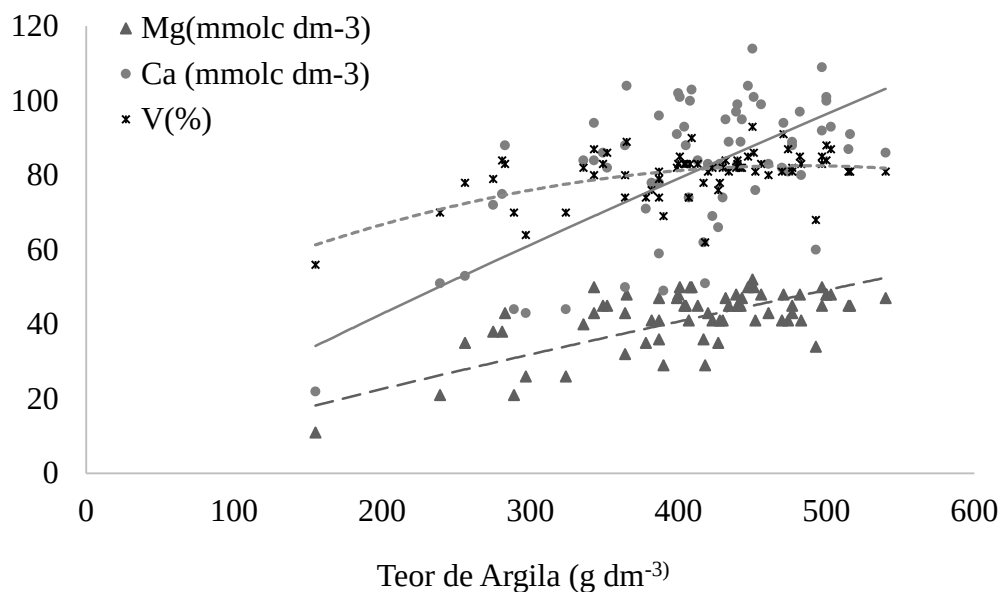


Figura 16. Gráfico de regressão entre porcentagem de argila com Calcio (Ca), Magnésio (Mg) e Saturação por bases (V%) no solo cultivado com milho verde no ano agrícola de 2013/2014, no município de Registro, Vale do Ribeira, SP.

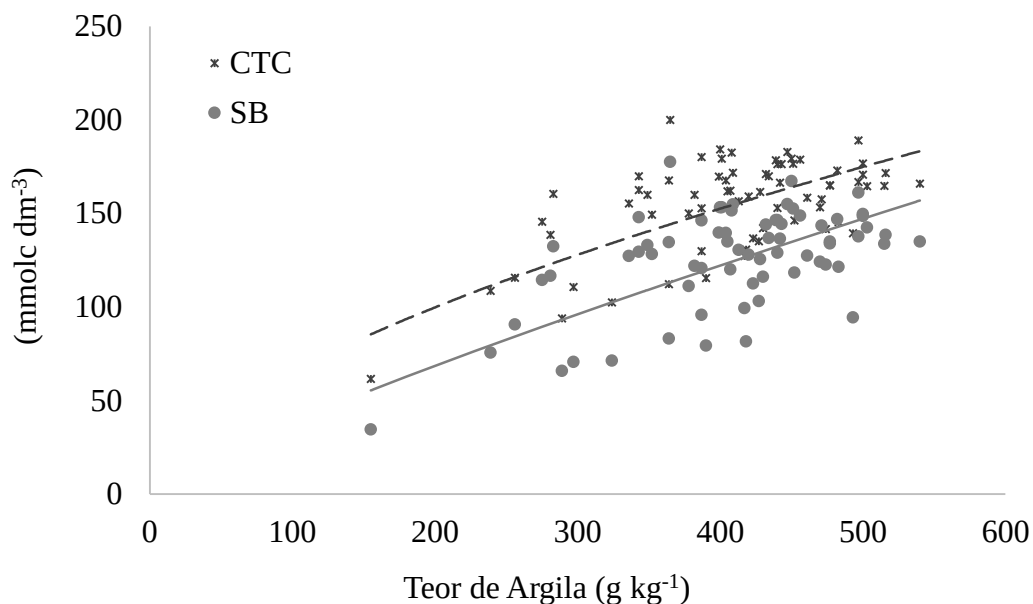


Figura 17. Gráfico de regressão entre Teor de argila com Capacidade de Troca de Cátions (CTC) e Soma de bases (SB) no solo cultivado com milho verde no ano agrícola de 2013/2014, no município de Registro, Vale do Ribeira, SP.

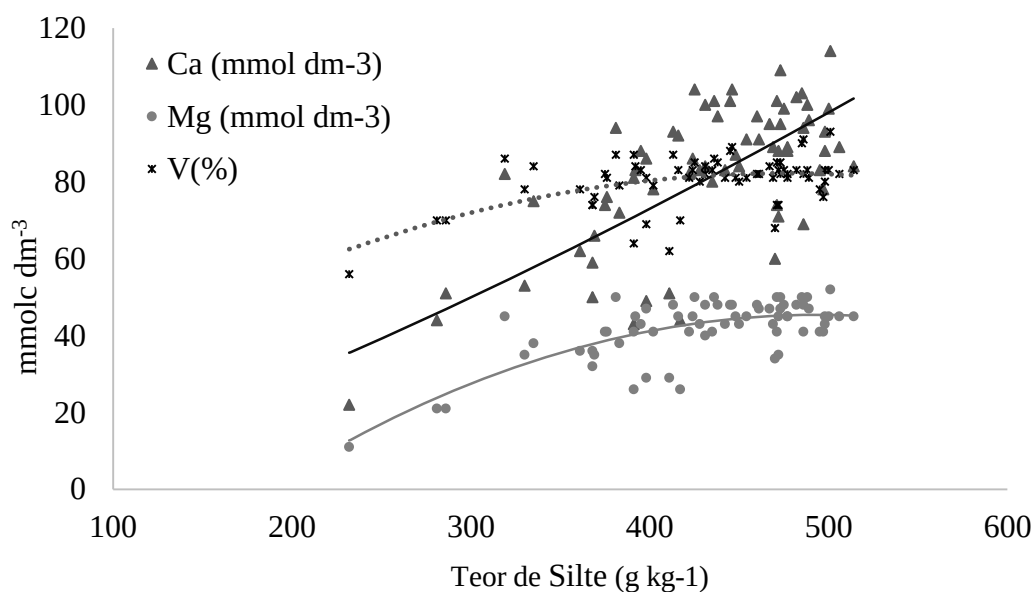


Figura 18. Gráfico de regressão entre Teor de silte com Cálcio (Ca), Magnésio (Mg) e Saturação por bases (V%) no solo cultivado com milho verde, no município de Registro, Vale do Ribeira, SP.

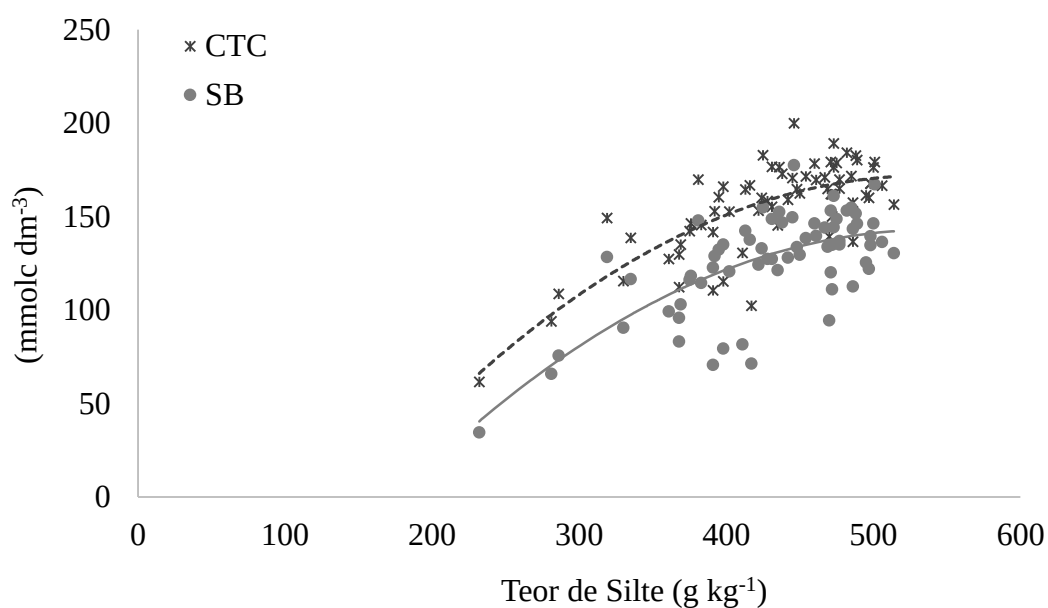


Figura 19. Gráfico de regressão Teor de silte com Soma de bases (SB) e Capacidade de Troca de Cátions (CTC) no solo cultivado com milho verde 2013/2014, no município de Registro, Vale do Ribeira, SP.

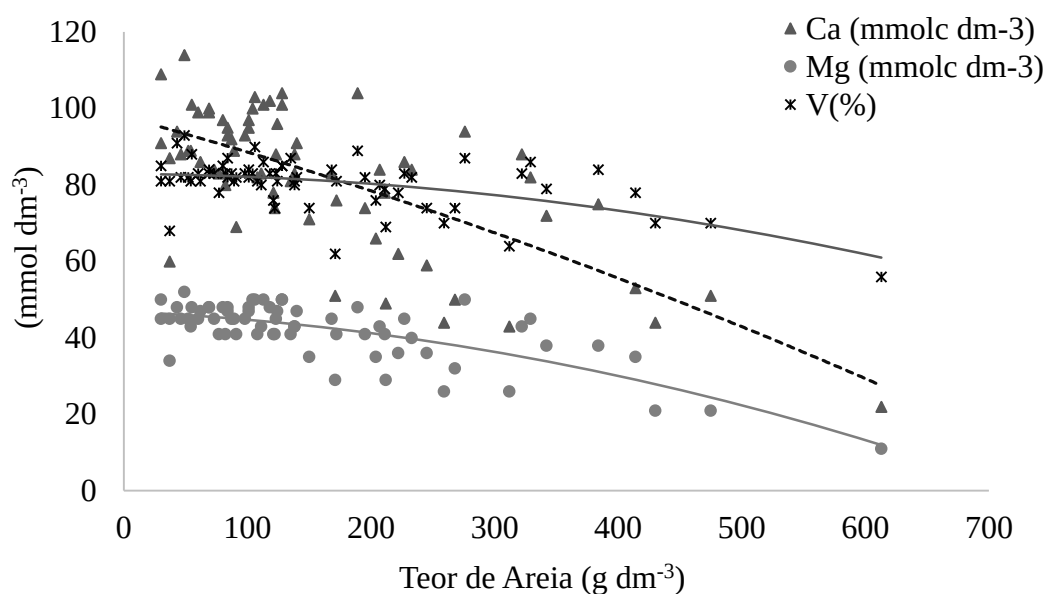


Figura 20. Gráfico de regressão entre Teor de areia total com Calcio (Ca), Magnésio (Mg) e Saturação por bases (V%) no solo cultivado com milho verde, no ano agrícola de 2013/2014, no município de Registro, Vale do Ribeira, SP.

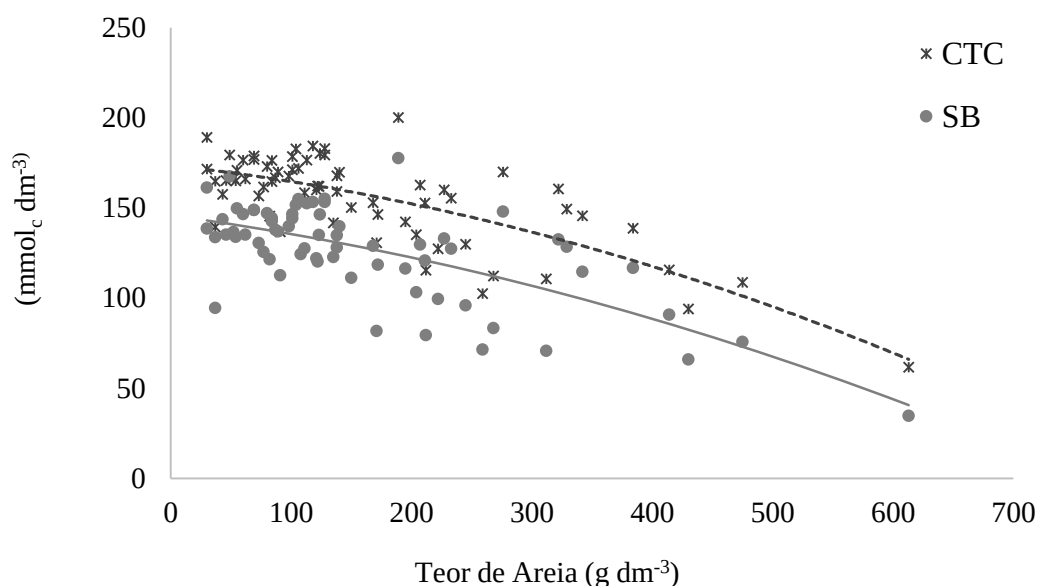


Figura 21. Gráfico de regressão entre Teor de areia total com Soma de bases (SB) e Capacidade de Troca de Cátions (CTC) no solo cultivado com milho verde no ano agrícola de 2013/2014, no município de Registro, Vale do Ribeira, SP.

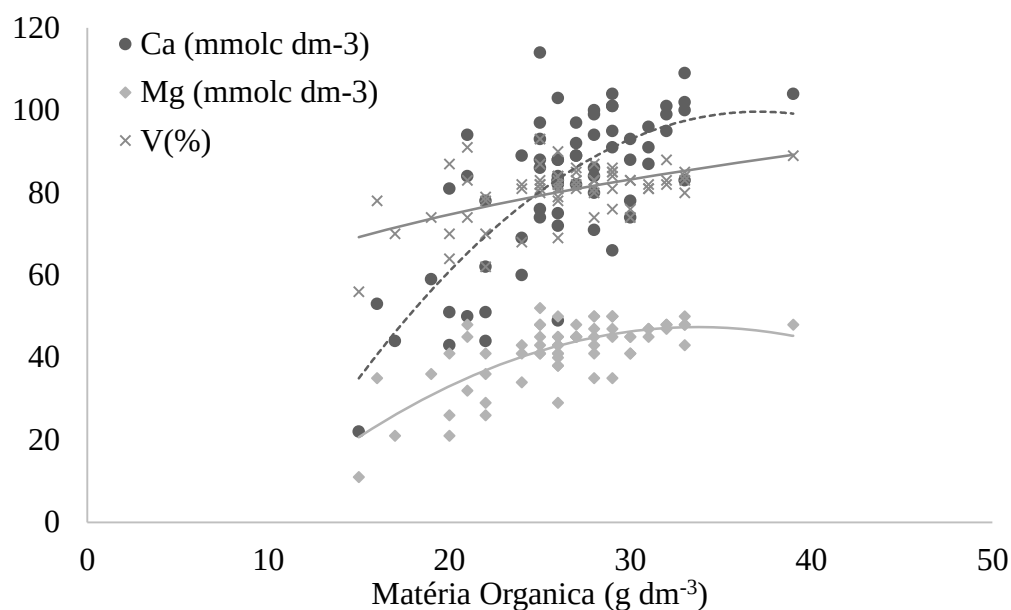


Figura 22. Gráfico de regressão entre Matéria Orgânica com Calcio (Ca), Magnésio (Mg) e Saturação por bases (V%) no solo cultivado com milho verde no ano agrícola de 2013/2014, no município de Registro, Vale do Ribeira, SP.

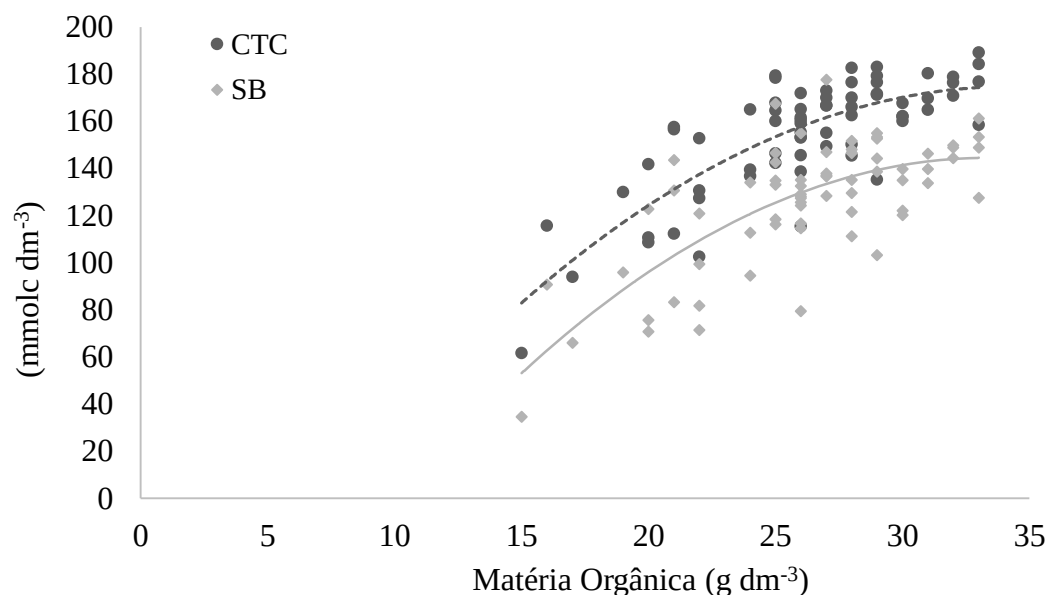


Figura 23. Gráfico de regressão entre Matéria Orgânica, Soma de bases (SB) e Capacidade de Troca de Cátions (CTC) no solo cultivado com milho verde após o cultivo de arroz no verão no ano agrícola de 2013/2014, no município de Registro, Vale do Ribeira, SP.

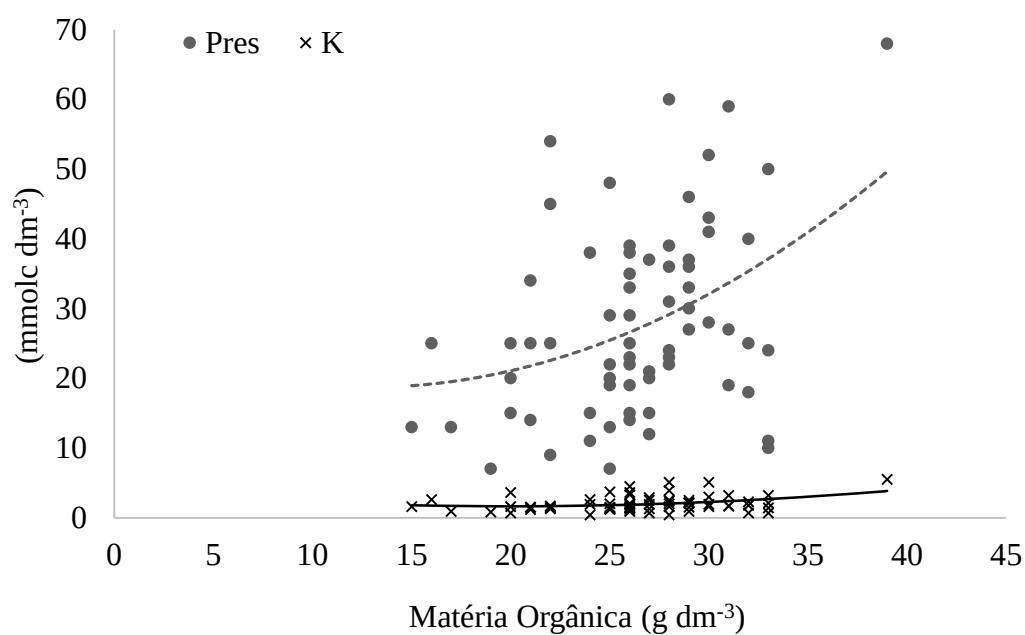


Figura 24. Gráfico de regressão entre Matéria Orgânica, fósforo e potássio no solo cultivado com milho verde após o cultivo de arroz no verão no ano agrícola de 2013/2014, no município de Registro, Vale do Ribeira, SP.

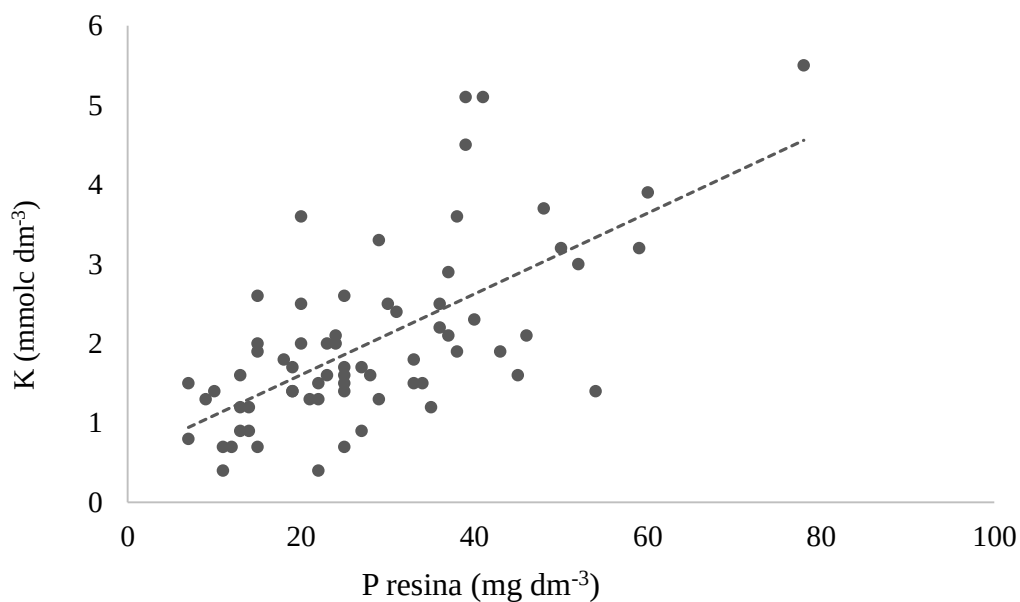


Figura 25. Gráfico de regressão Regressão entre fósforo e potássio no solo cultivado com milho verde após o cultivo de arroz no verão no ano agrícola de 2013/2014, no município de Registro, Vale do Ribeira, SP.

4.3.3 Características da planta versus atributos do solo

A correlação entre comprimento da espiga com palha e argila foi positiva CEP x Argila ($r = 0,3244$), indicando função crescente entre causa e efeito (Tabela 12). De acordo com Landau et al., (2009) solos de textura argilosa são os mais indicados para a cultura do milho, pois proporcionam adequada drenagem e retenção de água e nutrientes no solo que estarão prontamente disponíveis para as plantas.

A produtividade das espigas com e sem palha não apresentaram correlação significativa com os atributos químico do solo, resultados semelhantes foram verificados por Cerri et al., (2012) que encontraram correlação não significativa da produtividade da cana-de-açúcar com os atributos químicos do solo. Montezano et al., (2006) também encontraram ausência de correlação entre a produtividade do milho e o teor de P, K, Ca e Mg disponíveis no solo, por outro lado, constataram correlação positiva entre a fração argila e silte do solo e o teor de M.O com a produtividade da planta.

Tabela 12. Equação de regressão e coeficientes do ajuste das principais correlações dos atributos do solo com as características agronômicas da planta, no cultivo de milho verde no ano agrícola de 2013/2014, no município de Registro, Vale do Ribeira, SP.

Correlação	Equação	Tipo	R ²	R
Argila (g kg^{-1}) x CEP (cm)	$y = 0,0083x + 23,958$	Lin.	0,1053	0,3244

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$); *Significativo ao nível de 5% de probabilidade ($0,01 \leq p < 0,05$); ^{Ns} Não significativo ($p \geq 0,05$)

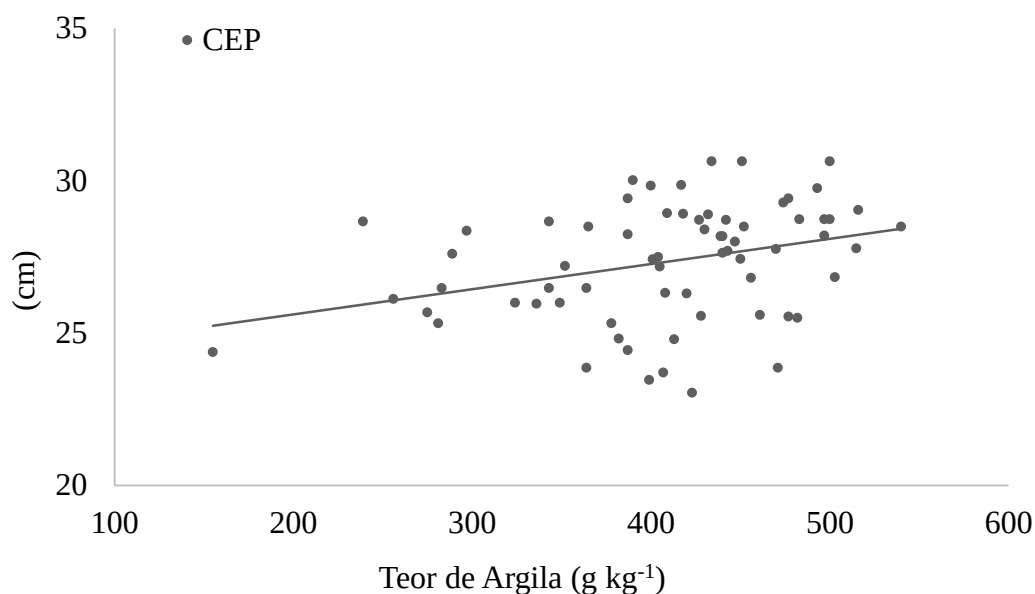


Figura 26. Gráfico de regressão do Comprimento da espiga com palha (CEP) em função do Teor de Argila, no cultivo de milho verde no ano agrícola de 2013/2014, no município de Registro, Vale do Ribeira, SP.

4.4 Análise geoestatística dos dados de interesse para definição de zonas de manejo

Isaaks e Srivastava (1989) relatam que a normalidade dos dados não é fundamental para aplicação da geoestatística, contudo o importante é que a distribuição dos dados não apresente caudas muito alongadas. Ainda, Chaves & Farias (2009), ressaltam que para análise geoestatística, mais importante que a normalidade dos dados é a ocorrência ou não do efeito proporcional, na qual a média e a variância dos dados não sejam constantes na área de estudo. Do mesmo modo que Corá & Beraldo (2006), relatam que a normalidade das variáveis não é necessária no estudo geoestatístico, quando a análise dos dados é realizada em conjunto.

O resumo da análise demonstrou que os dados coletados nos pontos georreferenciados mostraram variabilidade na área estudada (Tabela13). O efeito pepita puro é importante e indica a variabilidade não explicada, podendo ser decorrente de erros de medidas ou microvariações não detectadas, considerando a distância de amostragem utilizada (Cambardella et al., 1994; Salviano et al., 1998), assim, a distância entre os pontos de amostragem precisa ser menor, para se detectar a dependência.

O alcance (A_0) que se refere ao raio máximo da influência de um ponto em que todos os pontos dentro deste círculo são correlacionados podendo ser usados para estimar valores para qualquer ponto entre eles. Os valores de alcance também podem influenciar na qualidade das estimativas, uma vez que ele determina o raio máximo para o qual as amostras vizinhas são usadas na interpolação por krigagem, portanto, estimativas efetuadas com interpolação por krigagem ordinária empregando valores maiores de alcance tendem a ser mais confiável, apresentando mapas que representam melhor a realidade (CORÁ et al., 2004). Observa-se que o maior alcance encontrado foi para a variável K (410,90 m) e o menor para a porcentagem de cobertura do solo (31,70 m) (Tabela 13).

De acordo com Cambardella et al. (1994) e Vieira (1997), valores elevados de efeito pepita (C_0) correspondem à variabilidade não detectada durante o processo de amostragem. Verifica-se que alguns atributos demonstraram altos valores de C_0 indicando alta descontinuidade da variabilidade espacial, provavelmente em função da malha amostral. Este fato é confirmado pelos valores de razão de dependência espacial (RD) proposto por Cambardella et al. (1994), onde quanto menor o valor de RD maior a dependência espacial entre as amostras. Verifica-se que o grau de dependência espacial dos atributos analisados variou entre moderado a forte (Tabela 13).

Tabela 13. Parâmetros do semivariogramas ajustados para os dados de Cobertura de solo antes (% COB A) e após o cultivo do milho (% COB MI), teores de Argila, Silte e Areia, matéria orgânica (MO), fósforo resina (P) e potássio (K), no outono-inverno do ano de 2014, em Registro, Vale do Ribeira, SP.

VARIÁVEL	MODELO	C_0	C_0+C	A_0	R^2	RSS	GDE
% COB A	Esférico	0,10	45,35	31,70	0	80	0,22
% COB MI	Exponencial	1,56	3,59	43,50	0,473	0,726	43
Argila	Gaussiano	3450	7033,0	114,80	0,971	240027	49,05
Silte	Esférico	1226	3976,00	136,30	0,866	46308	30,83
Areia	Esférico	6120	15890	129,00	0,858	5932743	38,51
MO	Esférico	0,010	16,530	41,80	0,197	6,24	0,060
P_{res}	Exponencial	156,90	313,90	314,50	0,480	2468	49,98
K	Esférico	0,6860	1,9020	410,90	0,925	0,0242	36,06

C_0 = efeito pepita; $C_0 + C$ = patamar; A_0 = alcance; R^2 = coeficiente de determinação; RSS = soma do quadrado dos resíduos; GDE = grau de dependência espacial;

4.4.1 Cobertura do solo e desenvolvimento de plantas

O estudo de variabilidade de cobertura do solo antes e após o cultivo do milho, bem como o de desenvolvimento de plantas encontram-se apresentados nas figuras abaixo.

A Figura 27 mostra o semivariograma da cobertura do solo após a colheita do arroz, antes da implantação da cultura do milho verde, onde se verifica que o melhor ajuste aos dados ocorreu com o modelo esférico.

Entretanto, nota-se que a proporção da variação explicada pelo melhor ajuste do modelo é inexistente ($R^2 = 0,000$).

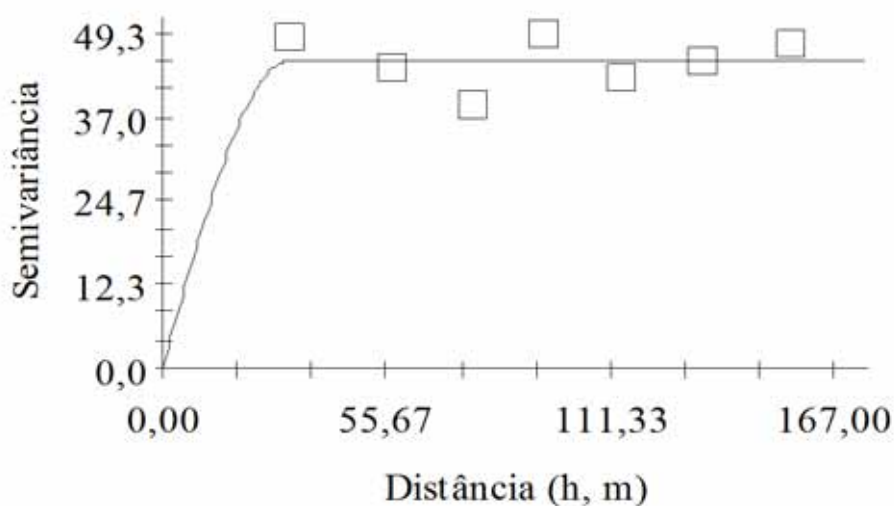


Figura 27. Semivariograma da % de cobertura do solo após o cultivo de arroz na área, no outono-inverno de 2014, no município de Registro, SP.

O mapa demonstra que a maior parte da área exibiu porcentagem de cobertura do solo superior a 85,0 %, apresentando algumas reboleiras abaixo deste percentual (Figura 28) antes da implantação da cultura do milho verde, realizada em sistema plantio direto.



Figura 28. Mapa de distribuição espacial da % de cobertura do solo após o cultivo de arroz na área, no outono-inverno de 2014, no município de Registro, SP.

Após a colheita do milho verde e manejo da planta, realizou-se novo estudo da cobertura do solo, cujos dados permitiram gerar o semivariograma apresentado na Figura 29. O modelo exponencial foi o que melhor se ajustou aos dados, com $R^2 = 0,473$, indicando que 47,3 % da variação dos dados é explicada pelo modelo de ajuste. Diferente do que ocorreu com os dados de cobertura do solo antes da semeadura do milho, nota-se, que o alcance foi superior a 160m, com moderado grau de dependência espacial (GDE = 43) (CAMBARDELLA et al., 1994).

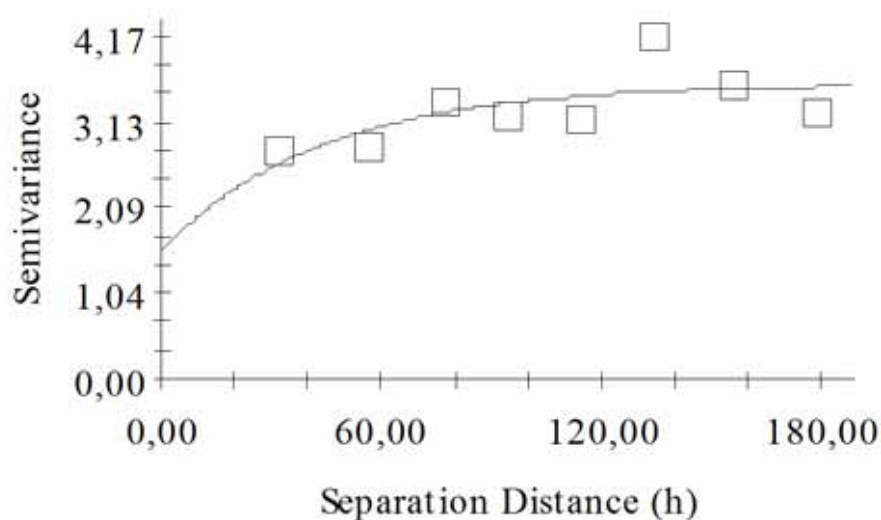


Figura 29. Semivariograma da % de cobertura do solo após o cultivo de milho verde na área, no outono-inverno de 2014, no município de Registro, SP.

O mapa resultante da interpolação dos dados pelo método do inverso do quadrado da distância (Figura 30), após o manejo da cultura com grade leve destravada, demonstrou porcentagem de cobertura do solo acima de 95% para a maior parte da área de cultivo. Considerando o manejo da palhada, verifica-se o mesmo adotando equipamento para preparo do solo, a maior parte dos restos culturais permaneceu na superfície, proporcionando proteção do solo contra o impacto direto da gota de chuva, incidência dos raios solares e minimizando possíveis perdas de solo e água, principalmente durante este período onde a precipitação é frequente e intensa na região do Vale do Ribeira.

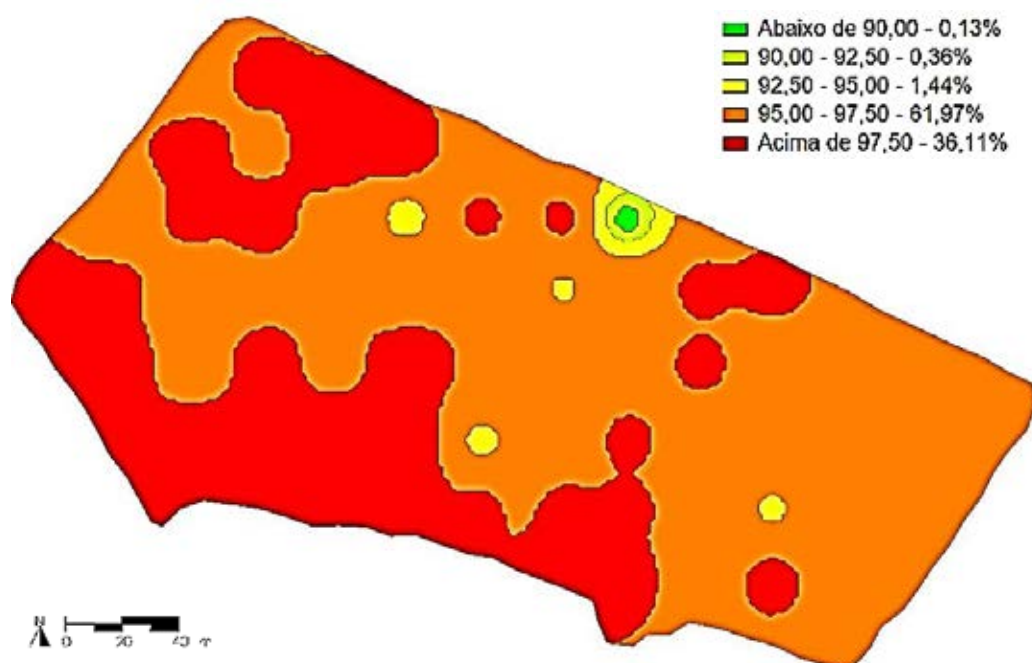


Figura 30. Mapa de distribuição espacial da % de cobertura do solo após o cultivo de milho na área, no outono-inverno de 2014, no município de Registro, SP.

4.4.2 Composição textural do solo: teores de argila, silte e areia.

Os teores de argila, silte e areia foram determinados e o estudo de distribuição espacial dos valores encontra-se apresentados nos semivariogramas e mapas abaixo. O semivariograma referente aos teores de argila na área experimental, demonstrou que o modelo que melhor se ajustou aos dados foi o Gaussiano (Figura 31),

com valor de alcance de 114,80m. O modelo ajustado é capaz de explicar mais de 97% da variação observada ($R^2 = 0,971$). De acordo com a classificação de Cambardella et al., (1994), apresentou moderado grau de dependência espacial. Esses resultados concordam com Ceddia et al., (2005), que verificaram para argila, o mesmo ajuste de modelo, com alcance de 116,39 m e forte grau de dependência espacial, na avaliação da variabilidade espacial dos atributos do solo, no município de Seropédica – RJ. Lima et al., (2014) do mesmo modo encontraram resultados semelhantes para a distribuição da argila na mesma profundidade de amostragem deste trabalho. Todavia discordam de Lima & Carvalho (2009), que verificaram modelos esféricos, e alcance de 8 m e grau de dependência moderado, em solo cultivado com milho em Pereira Barreto (SP).

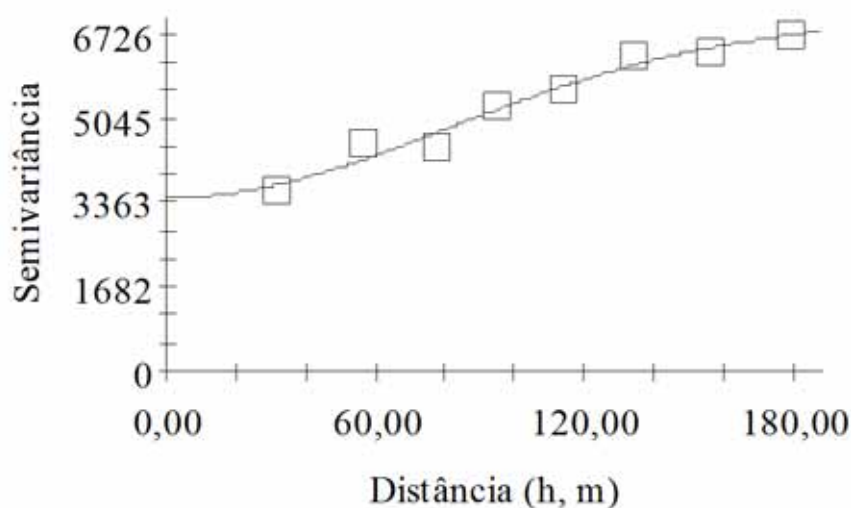


Figura 31. Semivariograma do teor de argila após o cultivo de milho verde na área, no outono-inverno de 2014, no município de Registro, SP.

A maior parte da área demonstrou teores de argila superiores a $400,0 \text{ g kg}^{-1}$ (62,96% da área), sendo que os valores abaixo deste, delimitam outra zona, destacando duas regiões bem definidas quanto a esta fração granulométrica (Figura 32).

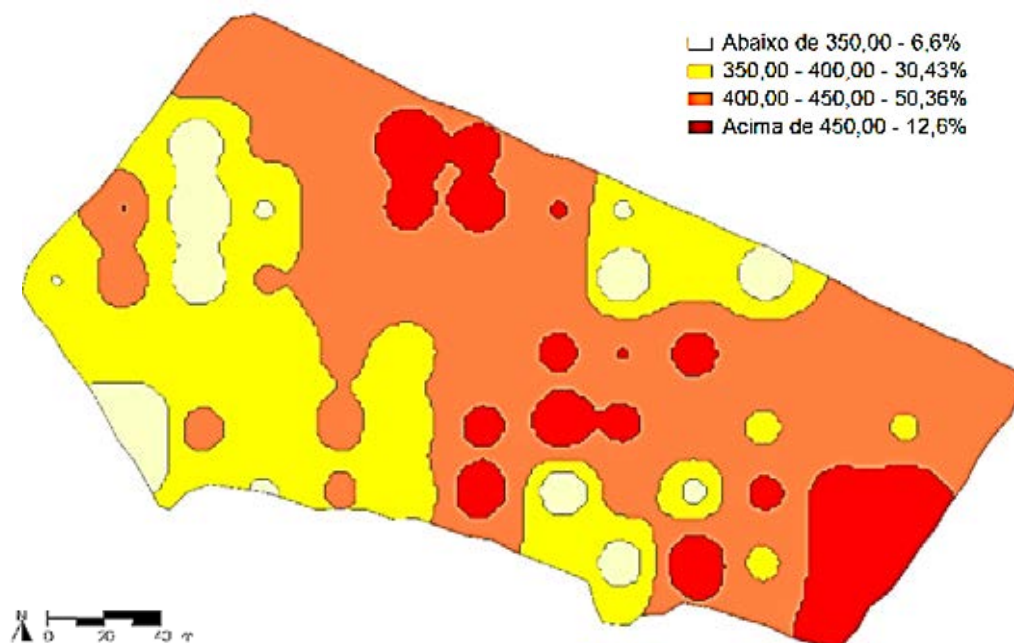


Figura 32. Mapa de distribuição espacial do teor de argila no solo após o cultivo de milho verde na área, no outono-inverno de 2014, no município de Registro, SP.

Considerando os valores de Silte, verifica-se que a dependência espacial entre os pontos apresentou ajuste dos dados ao modelo esférico, com alcance (A_0) de 136,30m (Figura 33). Nota-se que mais de 86% ($R^2 = 0,866$) da variação observada pode ser explicada por este modelo, que descreve um Grau de Dependência Espacial de moderado (GDE = 0,308) indicando que a variância aleatória (efeito pepita) representa 30,8% do patamar, sendo 69,2% restantes, correspondentes à variância espacial (C) dos dados, corroborando com Vieira et al., (2009) que encontraram resultados semelhante para o GDE e modelo de ajuste do semivariograma, em estudos da variabilidade espacial desse atributo na camada superficial do solo.

No entanto, resultados diferentes foram obtidos por Alves et al., (2014), que verificaram ajuste ao modelo exponencial para os teores de silte, com alcance de 528,30m e grau de dependência fraco.

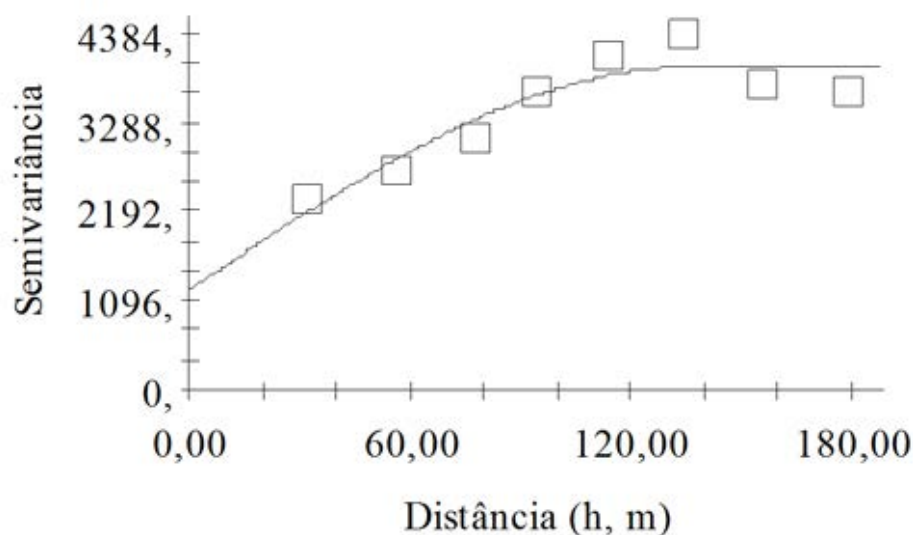


Figura 33. Semivariograma do teor de Silte no solo após o cultivo de milho verde na área, no outono-inverno de 2014, no município de Registro, SP.

Geograficamente, os dados apresentados de silte se distribuíram do mesmo modo, em duas zonas bem definidas (Figura 34). A primeira com teores acima de $430,0 \text{ g kg}^{-1}$, sobrepondo a área de valores reduzidos de argila, a outra zona com teores menores que 430 g kg^{-1} , sobrepondo a de maior valor de argila. Os valores de silte para a área experimental foram intermediários aos de argila e de areia total.

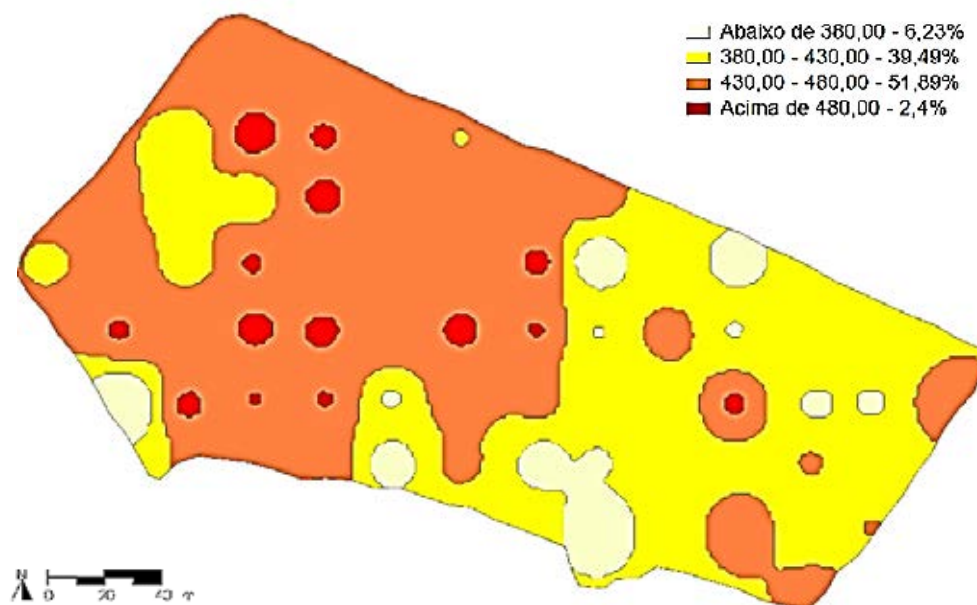


Figura 34. Mapa de distribuição espacial do teor de Silte no solo após o cultivo de milho na área, no outono-inverno de 2014, no município de Registro, SP.

Os valores do teor de areia, ilustrados no semivariograma (Figura 35), indicam um alcance de 129m, demonstrando que as amostragens acima desta distância tendem a não representar a dependência espacial dos pontos mais distantes. O modelo esférico foi o que melhor se ajustou aos dados de areia total no solo, mostrando que existe grau de dependência espacial moderado ($GDE = 0,385$, variância aleatória), tendo 61,48% da variância espacial, compondo o patamar do modelo, concordando com os resultados obtidos por Vieira et al., (2009) e Lima et al., (2014) que verificaram ajuste de modelo ao semivariograma e GDE semelhantes para o mesmo atributo.

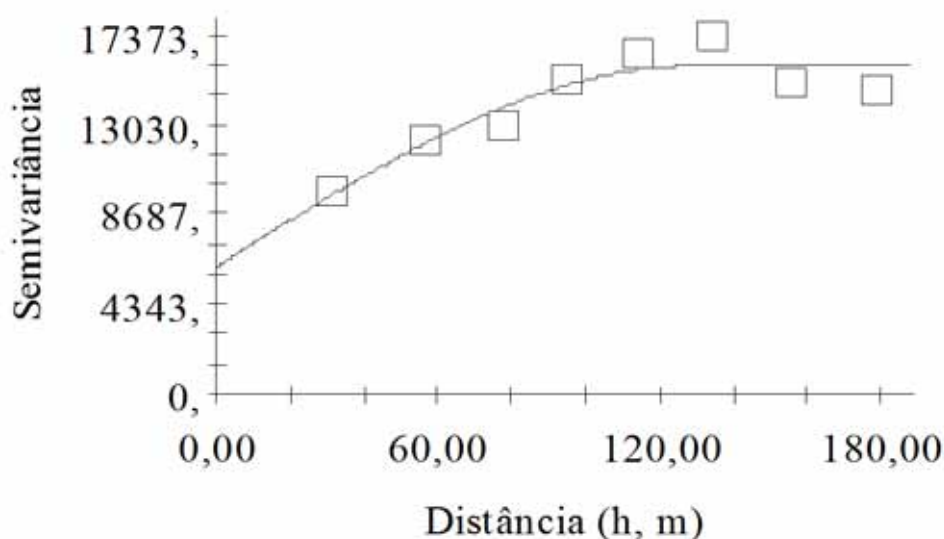


Figura 35. Semivariograma do teor de Areia total no solo após o cultivo de milho verde na área, no outono-inverno de 2014, no município de Registro, SP.

A distribuição espacial dos valores de areia (Figura 36) mostra a maior parte da área com valores entre 130 e 310 g kg⁻¹, identificando uma zona bem definida, o mesmo ocorre com os valores menores que 130 g kg⁻¹. É possível verificar que os menores valores de areia se concentram em uma zona central da área, constituindo uma faixa de transição, com predomínio de argila e silte, possivelmente explicada por ser esta região a de cotas menores na área em estudo.

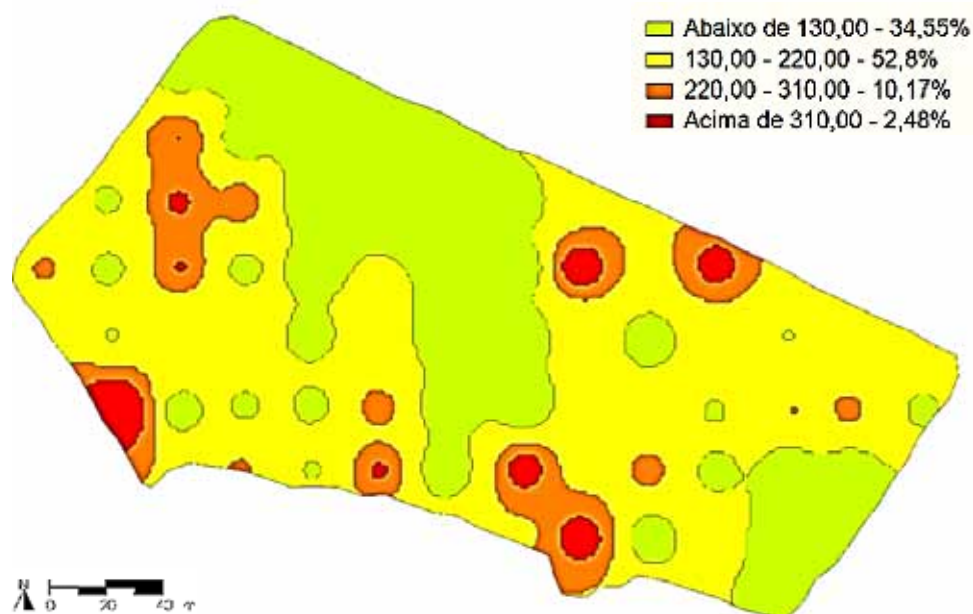


Figura 36. Mapa de distribuição espacial do teor de Areia Total no solo após o cultivo de milho verde na área, no outono-inverno de 2014, no município de Registro, SP.

4.4.3. Composição química do solo

Entre todos os parâmetros de fertilidade do solo estudados, selecionaram-se os teores de matéria orgânica do solo, fósforo e potássio pela importância que apresentam na produção da planta e no peso da espiga, e por apresentarem correlações com os valores de areia, silte e argila no solo.

O semivariograma dos valores referentes a Matéria orgânica do solo (Figura 37) exibiu o modelo esférico como melhor ajuste aos dados, O alcance foi de 41,8m. e elevado grau de dependência espacial ($GDE = 0,06$), evidenciando que a maior parte da variância é constituída pela variância espacial. Esses resultados corroboram com Vieira et al., (2011) que encontraram modelo esférico e forte grau de dependência para os teores de matéria orgânica. Do mesmo modo que Alves et al., (2014), verificaram o mesmo modelo de ajuste, porém com grau de dependência espacial moderado e alcance de 138 m, para esse atributo. Entretanto, os resultados obtidos discordam de Machado et al., (2007) que verificaram o modelo exponencial como melhor ajuste para os teores de M.O e alcance de 65m, no cultivo do algodão.

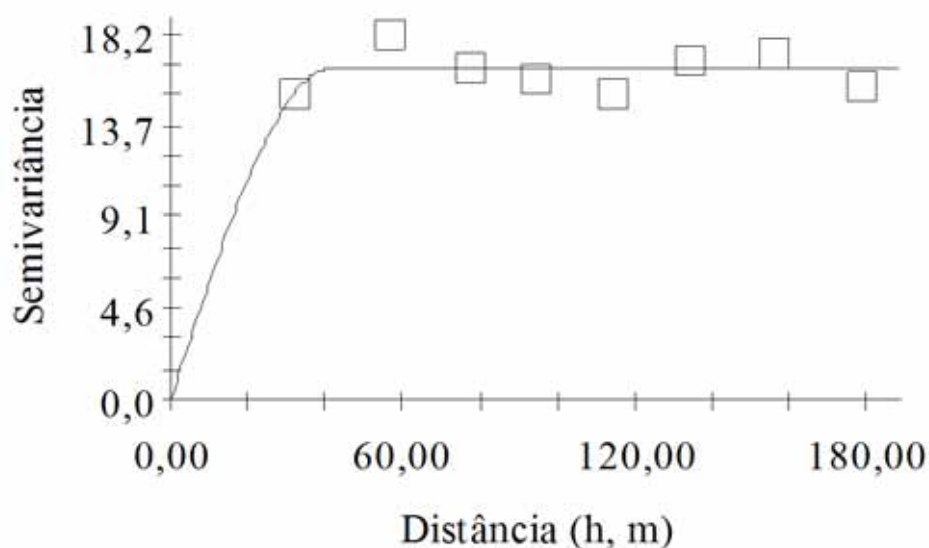


Figura 37. Semivariograma do teor de matéria orgânica do solo após o cultivo de milho verde na área, no outono-inverno de 2014, no município de Registro, SP.

Os valores de MO na área mostram duas zonas bem definidas (Figura 38), com valores menores, $25,9 \text{ g dm}^{-3}$ (38,4% da área) e outra mais rica em MO, com valores maiores que $25,9 \text{ g dm}^{-3}$ (61,6%). Analisando a posição geográfica das zonas identificadas, verifica-se que maiores valores de MO são coincidentes com a zona de maior teor de argila (Figura 33), ao passo que a zona com predominância de areia (Figura 19) é coincidente com os valores menores de matéria orgânica do solo.

Estes dados estão em concordância com o apontado pelo boletim 100 do Estado de São Paulo (RAIJ et al., 1997), que indicam valores até 15 g dm^{-3} como valores indicadores de solos com textura arenosa. Porém resultados distintos foram obtidos por Vieira et al., (2011) que, não encontraram relação entre o mapa de variabilidade espacial de MO e de argila, pois as zonas com maior MO não coincidiram com as zonas de maior conteúdo de argila.

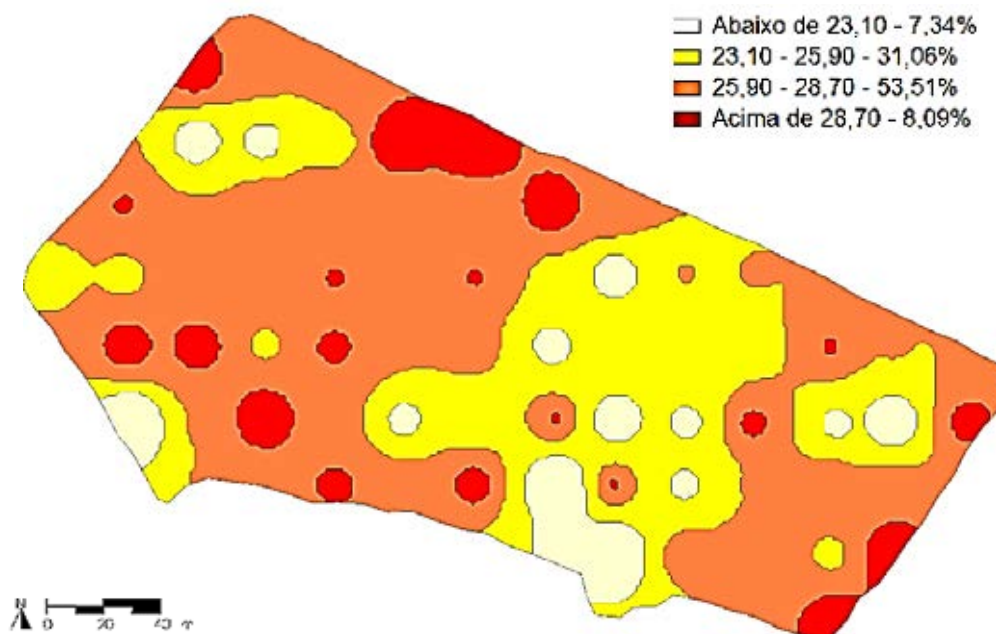


Figura 38. Mapa de distribuição espacial do teor de matéria orgânica do solo após o cultivo de milho verde na área, no outono-inverno de 2014, no município de Registro, SP.

O comportamento espacial referente aos teores de fósforo (Figura 39), avaliado pelo semivariograma, se ajustou ao modelo exponencial, com alcance de 314,5m, indicando moderado grau de dependência espacial ($GDE = 49,8$) e tendo 49,8% da variância, explicada pelo modelo de ajuste, para a variável fósforo, concordando com Cavalcante et al. (2007) e Santos et al., (2012) que verificaram resultados semelhante, estudando a variabilidade espacial desse atributo.

Entretanto, diverge dos resultados obtidos por Molin et al., (2007) no estudo da variação espacial dos teores de macronutrientes na cultura do milho, que verificaram melhor ajuste para os dados de P resina ao modelo esférico e forte grau de dependência. Do mesmo modo, Cherubin et al., (2014) e Souza et al., (2014), encontraram para o fósforo (P) melhor ajuste do semivariograma ao modelo esférico.

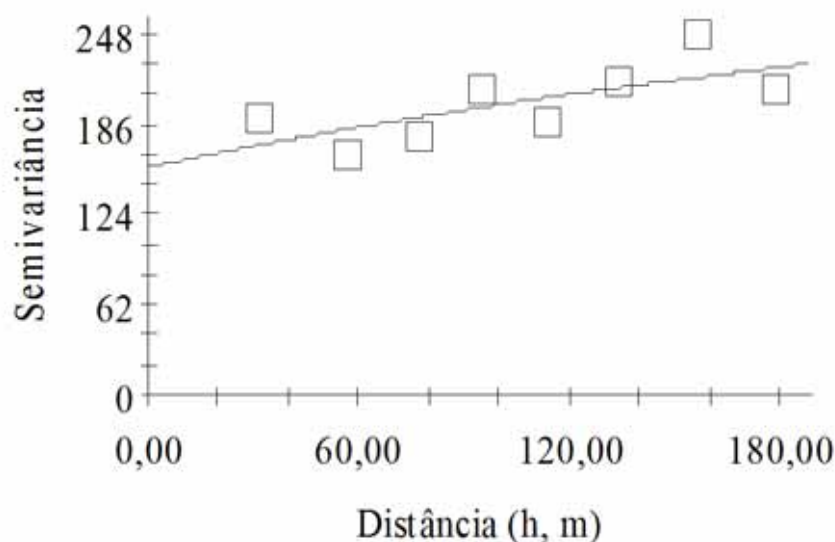


Figura 39. Semivariograma do teor de fósforo no solo após o cultivo de milho verde na área, no outono-inverno de 2014, no município de Registro, SP.

O fósforo exibiu variabilidade espacial na área de cultivo (Figura 40). Verifica-se que a maior parte da área (71,73%) apresentou teores de P menores que 32 mg dm^{-3} (Figura 40) constituindo a zona de menores concentrações de P no solo, que coincidem com as áreas de baixos teores de matéria orgânica e de elevado percentual de areia. Souza et al. (2006) relatam que a elevada variabilidade espacial do P é devido a sua baixa mobilidade no solo, contribuindo para redução alcance.

O comportamento heterogêneo dos teores de P no solo, permite a categorização em classes de fertilidade na área de estudo, delimitando zonas, com potencialidade para a recomendação do manejo diferenciado da aplicação de fertilizantes em taxa variável. Esse nutriente interfere significativamente na produtividade das culturas. Portanto, a correção da deficiência de P no solo, com a adubação fosfata é extremamente importante para garantir a produção adequada das culturas. De tal modo que Paiva et al., (2012), verificaram que o aumento da disponibilidade do fósforo no solo, em consequência, da adubação interferiu positivamente no peso das espigas de milho verde, durante a avaliação de doses de P para maximizar a produção de milho no estágio verde, no município de Baraúna-RN.

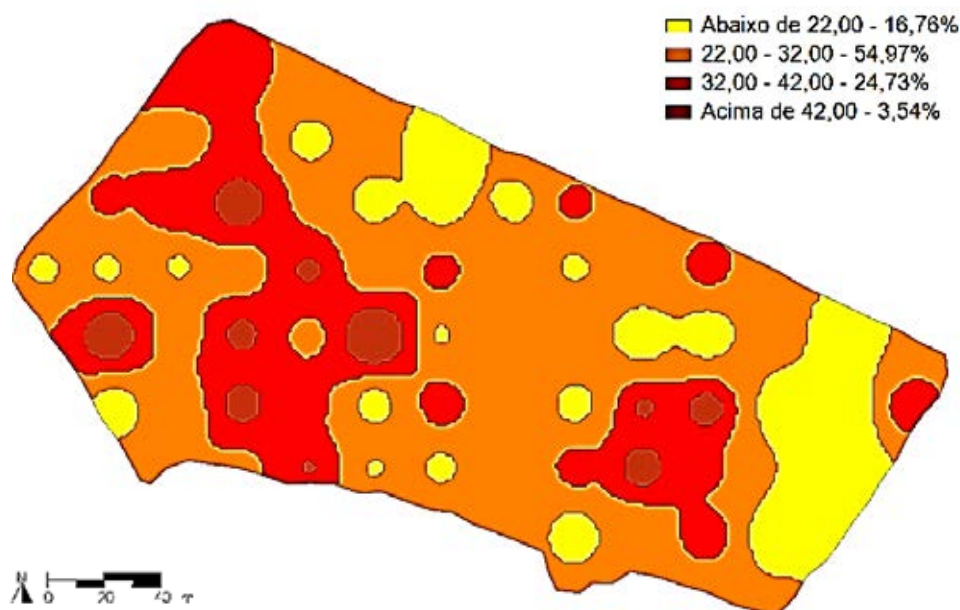


Figura 40. Mapa de distribuição espacial do teor de fósforo no solo após o cultivo de milho verde na área, no outono-inverno de 2014, no município de Registro, SP.

O modelo de semivariograma esférico foi o que melhor se ajustou aos teores de K, com alcance de 410,90 m e moderado grau de dependência espacial ($GDE=36,07$), sendo que 92,5% da variância pode ser explicada pelo modelo ajustado aos dados (Figura 41), concordando com Santos et al., (2012) e Cherubin et al., (2014) que encontraram resultados semelhantes para esse atributo. De acordo com Grego & Vieira (2005) o modelo matemático esférico é o que predomina nos trabalhos em ciência do solo.

A dependência moderada, no caso do teor de potássio, é explicada pelo reduzido valor do efeito pepita (Tabela 13), uma vez que efeito pepita com valor nulo indica continuidade espacial muito suave entre pontos vizinhos (Cambardella et al., 1994). Do mesmo modo Molin et al., (2007) encontraram moderada dependência para os de teores de K na cultura do milho, entretanto, o modelo que melhor se ajustou aos dados foi o exponencial.

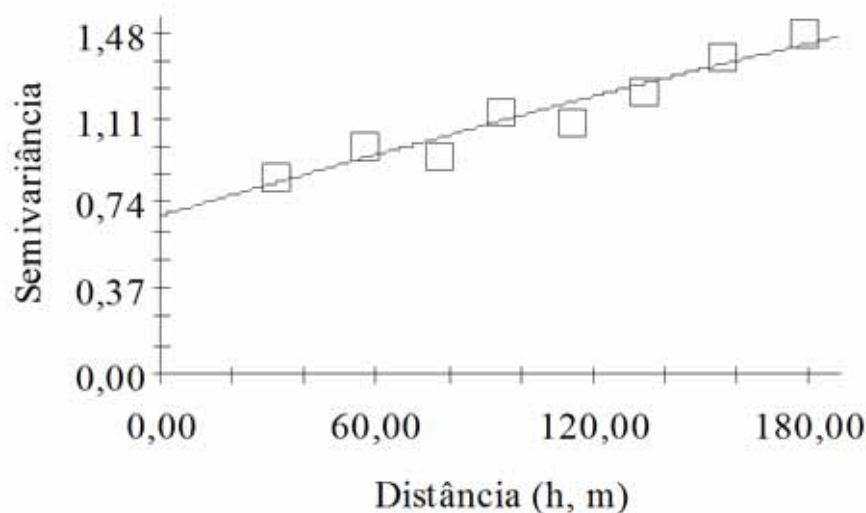


Figura 41. Semivariograma do teor de potássio do solo após o cultivo de milho verde na área, no outono-inverno de 2014, no município de Registro, SP.

O potássio foi o atributo químico com maior variabilidade na área, permitindo a identificação de três regiões distintas quanto aos teores do nutriente (Figura 42). A primeira região cujos valores de K permanecem abaixo de $1,30 \text{ mg dm}^{-3}$, que pode ser classificada como de teores baixo a muito baixo (RAIJ et al., 1997), a segunda região de médios teores ($1,30$ a $2,95 \text{ mg dm}^{-3}$), que representa 86,86% da área com teores médios e a terceira com teores de K de médio a alto (maiores que $2,95 \text{ mg dm}^{-3}$). Os teores classificados como baixo e médio, pode influenciar significativamente a produtividade de grãos na cultura do milho e, associado à elevada mobilidade desse elemento no solo, pode contribuir significativamente para o elevado coeficiente de variação da produtividade de grãos (Raij et al., 1996). Os níveis de K no solo, neste estudo, demonstraram considerável variabilidade quando foram categorizados em classes de fertilidade, delimitando zonas diferenciadas de manejo, com potencialidade para a recomendação da aplicação deste nutriente em taxa variável.

Conforme Raij et al., (1997) os teores de fósforo e potássio estão relacionados à resposta do milho à produção, influenciando no potencial produtivo que pode proporcionar variação de 71 a 90% na produtividade esperada para a cultura.

A variabilidade espacial do K pode estar relacionada com as áreas de concentração de argila, conforme discussão proposta por Sattler (2006) na avaliação de uma área de pastagem.

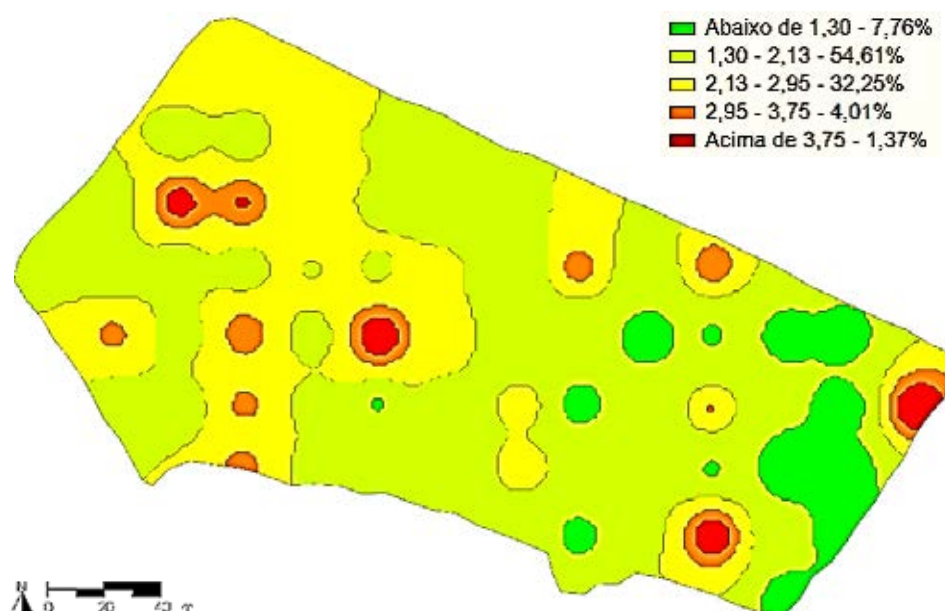


Figura 42. Mapa de distribuição espacial do teor de potássio no solo após o cultivo de milho verde na área, no outono-inverno de 2014, no município de Registro, SP.

Este comportamento parece indicar uma região mais pobre, química e fisicamente, o que poderá indicar zona de manejo diferenciada, embora os valores de produção não tenham estado associados a estes parâmetros, possivelmente devido ao alto nível de fertilidade do solo em toda a área.

A realização de análise conjunta dos dados apresentados, associando os mapas das variáveis areia, matéria orgânica, fósforo e potássio, é possível que zonas de manejo diferenciadas sejam identificadas, permitindo realizar a distribuição de fertilizantes em taxa variável. É importante ressaltar que essa divisão da área de acordo com Bazzi et al., (2013) permitem que as pequenas propriedades empreguem a tecnologia de AP, utilizando as máquinas tradicionais, modificando as dosagens e formulações de insumos conforme a zona de manejo identificada.

A recomendação da utilização de técnicas de agricultura de precisão e a aplicação de insumos em taxa variável devem ser realizada de maneira criteriosa visto que, na área em estudo após gerados os mapas de classes de fertilidade do solo o P e o K, apresentaram dependência espacial e variabilidade dentro da área, indicando potencialidade para adoção desta técnica.

5 CONCLUSÕES

A região de estudo demonstrou aptidão e viabilidade agrícola, para o cultivo do milho verde, em consequência, dos resultados satisfatórios de produtividade, que atenderam plenamente aos parâmetros de produção e comercialização estabelecidos para a cultura.

O potássio (K) e o fósforo (P) foram os atributos químicos que apresentaram maiores coeficientes de variação, portanto, elevada variabilidade na área.

Os teores de P apresentaram correlação com os valores de K no solo, de forma positiva, coincidindo com as regiões com maiores teores de matéria orgânica, silte e areia, podendo indicar possíveis zonas de manejo diferenciadas.

A maioria dos dados se ajustou ao semivariograma de modelo esférico, seguido do exponencial e gaussiano.

Os atributos que apresentaram dependência espacial foram classificados como moderada e forte.

A divisão da área em unidades de manejo foi considerada adequada, pois exibiu correlação significativa e positiva entre MO, P e K.

A recomendação da aplicação em taxa variada de insumos, seria indicada para K e P, devido a heterogeneidade representada nos mapas de distribuição espacial dos respectivos nutrientes.

6 REFERÊNCIAS

ABREU, S. L.; REICHERT, J. M.; SILVA, V. R.; REINERT, D. J.; BLUME, E. Variabilidade espacial de propriedades físico-hídricas do solo, da produtividade e da qualidade de grãos de trigo em Argissolo Franco Arenoso sob plantio direto. **Cienc. Rural**, vol.33, n.2, pp. 275-282, 2003.

ALBUQUERQUE, P. E. P de. **Irrigação para o Cultivo do Milho Verde**. In: . O cultivo do milho-verde. Brasília: Embrapa, cap. 6, p.93 -114, 2002.

ALBUQUERQUE, C. J. B.; VON PINHO, R. G.; SILVA, R. Produtividade de híbridos de milho verde experimentais e comerciais. **Journal of Biosciense**, Uberlândia, v. 24, n. 2, p. 69-76, 2008 a.

Albuquerque, C. J. B.; Pinho, R. G. V.; Borges, I. D.; Souza Filho, A. X. D.; Fiorini, I. V. A. Desempenho de híbridos experimentais e comerciais de milho para produção de milho verde. **Ciência e Agrotecnológica**, v. 32, n. 03, 2008 b.

ALBUQUERQUE, J. A. A. et al. Interferência de plantas daninhas sobre a produtividade da mandioca (*Manihot esculenta*). **Planta Daninha**, v. 26, n. 2, p. 279-289, 2008.

ALVARENGA, R. C.; CRUZ, J. C.; VIANA, J. H. M. Cultivo do Milho. Embrapa milho e Sorgo, 2010. (Sistema de Produção, 1Versão Eletrônica - 6ª edição Set./2010) Disponível em: <http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/milho_6_ed/ferverde.htm> Acesso em: 23 set. 2014.

ALVARENGA, R. C.; CABEZAS, W. A. L.; CRUZ, J. C.; SANTANA, D. P. Plantas de cobertura de solo para sistema plantio direto. **Informe Agropecuário**, v.22, p.25-36, 2001.

ALVES, S. M. F.; QUEIROZ, D. M.; ALCÂNTARA, G. R.; REIS, E. F. Variabilidade espacial de atributos físico-químicos do solo usando técnicas de análise de componentes principais e geoestatística. **Bioscience Journal**, v. 30, n. 3, 2014.

AMADO, T. J. C.; MIELNICZUK, J.; AITA, C. Recomendações de adubação nitrogenada para o milho no RS e SC adaptada ao uso de culturas de cobertura do solo, sob sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.26, p.241-248, 2002.

AMADO, T. J. C.; PONTELLI, C. B.; SANTI, A. L.; VIANA, J. H. M.; SULZBACH, L. A. S. Variabilidade espacial e temporal da produtividade de culturas sob sistema plantio direto. **Pesq. Agropec. Bras.**, v. 42, n. 08, p. 1101-1110, 2007.

AMADO, T. J. C.; PES, L. Z.; LEMAINSKI, C. L.; SCHENATO, R. B. Atributos químicos e físicos de latossolos e sua relação com os rendimentos de milho e feijão irrigados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa-MG, v.33, p.831-843, 2009.

ANDRADE, A. P. MAFRA, Á. L.; PICOLLA, C. D.; BERTOL, J. A. A. I. Atributos químicos de um Cambissolo Húmico após 12 anos sob preparo convencional e semeadura direta em rotação e sucessão de culturas. **Ciência Rural**, v. 42, n. 5, p. 814-821, 2012.

ANDRADE, R. S.; STONE, L. F.; SILVEIRA, P. M. Culturas de cobertura e qualidade física de um Latossolo em plantio direto. **Rev. bras. eng. agríc. ambient.**, vol.13, n.4, p. 411-418, 2009.

ANSELMINI, A. A. **Adoção de agricultura de precisão no Rio Grande do Sul**. 2012. 104f. Trabalho de Conclusão de Curso (Mestrado em Agronegócios). Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2012.

ASAE – American Society of Agricultural Engineers. Terminology and definitions for Soil tillage and soil-tool relationships. **ASAE Standards**, Saint Joseph, v. 52, p. 130-134, 2005. (ASAE EP291.3). Disponível em: <http://www3.abe.iastate.edu/ast330/Lectures/ASAE_EP291.pdf> Acesso em: 29 set. 2014.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS EXPORTADORES DE CEREAIS – ANEC. **Área, estatísticas. 2013**. Disponível em: <<http://www.anec.com.br/estatisticas.html>>. Acesso em: 25 set. 2014.

BARBIERI, D. M.; MARQUES JUNIOR, J.; PEREIRA, G. T. Variabilidade espacial de atributos químicos de um Argissolo para aplicação de insumos à taxa variável em diferentes formas de relevo. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, vol.28, n.4, p. 645-653, 2008.

BARROS, D. L.; GOMIDE, P. H. O.; CARVALHO, G. J. Plantas de cobertura e seus efeitos na cultura em sucessão= Cover crops and their effects on succession culture. **Bioscience Journal**, v. 29, n. 2, 2013.

BERNER, P. G. M.; VIEIRA, S. R.; LIMA, E.; ANJOS, L. H. C. Variabilidade espacial de propriedades físicas e químicas de um Cambissolo sob dois sistemas de manejo de cana-de-açúcar. **Rev. Bras. Ciênc. Solo**, vol.31, n.5, p. 837-844, 2007.

BISCARO, G. A.; MAIA, S. C. M.; SILVA, T. R. B. Influencia da aplicação de água no milho verde irrigado na região do cerrado Sul-Mato-Grossense. **Agrarian**, Dourados-MS, v.1, n.1, p. 67-77, 2008.

BORDALLO, P. N.; PEREIRA, M. G.; AMARAL JÚNIOR, A. T.; GABRIEL, A. P. C. Análise dialética de genótipos de milho doce e comum para caracteres agronômicos e proteína total. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 23, n. 1, p. 123-127, 2005.

BORGES, I. D.; PEREIRA, R. S.; MARTINS, D. C.; CARVALHO, A. J.; CAMPOS, M. P.; MOTA, W. F.; CASTRO, G. F.; FRANÇA, J. A. Produção de Milho Verde em

Diferentes Épocas de Semeadura em Janaúba – MG. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 29, 2012, Águas de Lindóia. **Anais...**, Sete Lagoas, MG: ABMS, p. 2091-2095, 2012.

BORIN, A. L. D. C.; LANA, R. M. Q.; PEREIRA, H. S. Absorção, acúmulo e exportação de macronutrientes no milho doce cultivado em condições de campo. **Ciênc. Agrotec.**, n.34, Edição especial, p.159-7, 2010.

BRAMLEY, R.G.V. Lessons from nearly 20 years of Precision Agriculture research, development and adoption as a guide to its appropriate application. **Crop and Pasture Science**, Vietnam, v. 60, p. 197-217, 2009.

BRAZ, A. J. B. P.; SILVEIRA, P. M. da; KLIEMANN, H. J.; ZIMMERMANN, F.J.P. Acumulação de nutrientes em folhas de milheto e dos capins braquiária e mombaça. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.34, p.83-87, 2004.

CAIRES, E. F. Correção da acidez do solo em sistema de plantio direto. Piracicaba: **International Plant Nutrition Institute–Brasil**. Informações Agronômicas, n.141, p. 13 2013.

CAIRES, E. F.; BANZATTO, D. A.; FONSECA, A. F. Calagem na superfície em sistema de plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 24, p. 161-169, 2000.

CAMBARDELLA, C. A.; MOORMAN, T. B.; NOVAK, J. M.; PARKIN, T. B.; KARLEN, D. L.; TURCO, R. F.; KONOPKA, A. E. Field scale variability of soil properties in Central Iowa soils. **Soil Science Society of America Journal**, n.58, p.1501-1511, 1994.

CANIATO, F. F.; GALVÃO, J. C. C.; FINGER, F. L.; RIBEIRO, R. A.; MIRANDA, G. V.; PUIATTI, M. Composição de açúcares solúveis totais, açúcares redutores e amido nos grãos verdes de cultivares de milho na colheita. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 3, n. 1, p. 38-44, 2004.

CANTÃO, F. R. O. **Marcadores morfológicos de raiz de genótipos de milho contrastantes para a tolerância à seca em resposta a estresses de fósforo e alumínio**, 2007.98 f. Dissertação (Mestrado em Fisiologia Vegetal) – Universidade Federal de Lavras, UFLA, Lavras, 2007.

CARVALHO, J. R. P.; SILVEIRA, P. M.; VIEIRA, S. R. Geoestatística na determinação da variabilidade espacial de características químicas do solo sob diferentes preparos. **Pesq. agropec. bras**, vol. 37, n.8, p. 1151-1159, 2002. .

CASTRO, R., S. **Rendimento de espigas verdes e de grãos de cultivares de milho após a colheita da primeira espiga como minimilho**. 2010, 90f. Tese (Doutorado em Fitotecnia - Agricultura tropical). Universidade Federal Rural do Semiarido, UFRSA, Mossoró, 2010.

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**, Viçosa, v.31, p. 1329-1339, 2007.

CEDDIA, M. B.; FARIAS, L. N.; VIEIRA, S. R.; DALLA COSTA, A.; GONÇALVES, M. G.; CARVALHO, D. F.; LIMA, E. Variabilidade espacial de alguns atributos físico-hídricos de solos sob produção orgânica.

CERRI, D. G. P.; MAGALHÃES, P. S. G. Correlação de atributos físicos e químicos do solo com a produtividade de cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 47, n. 4, p. 613-620, 2012.

CHAVES, L. H. G.; FARIAS, C. H. A. Variabilidade espacial de cobre e manganês em Argissolo sob cultivo de cana-de-açúcar. **Revista Ciência Agronômica**, v. 40, n. 2, p. 211-218, 2009.

CHERUBIN, M. R.; SANTI, A. L.; EITELWEIN, M. T.; AMADO, T. J. C.; SIMON, D. H.; DAMIAN, J. M. Dimensão da malha amostral para caracterização da variabilidade espacial de fósforo e potássio em Latossolo Vermelho. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v. 50, n. 2, p. 168-177, 2015.

CHERUBIN, M.R.; SANTI, A.L.; EITELWEIN, M.T.; MENEGOL, D.R.; DA ROS, C.O.; PIAS, O.H. de C.; BERGHETTI, J. Eficiência de malhas amostrais utilizadas na caracterização da variabilidade espacial de fósforo e potássio. *Ciência Rural*, v.44, p.425-432, 2014

CIIAGRO. **Centro integrado de informações agrometeorológicas**. Disponível em: <<http://www.ciiagro.sp.gov.br/ciiagroonline/Listagens/Resenha/LResenhaLocal.asp>> Acesso em: 28 Mar. 2015.

COELHO, A. M. Agricultura de precisão: manejo da variabilidade espacial e temporal dos solos e das culturas. In: NOVAIS, R.F et al. (Eds.). **Tópicos em ciência do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. vol.1, p.249-290, 2003.

COELHO, A. M.; FRANÇA, G. E.; PITTA, G. V. E.; ALVES, V. M. C; HERNANI, L. C. **Fertilidade dos solos**: Nutrição e adubação do milho. In: CRUZ, J. C. Cultivo do Milho (Sistema de Produção, 1). Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 8ª ed. 2012.

COELHO, A. M.; FRANÇA, G. E. **Nutrição e adubação do milho**. EMBRAPA Milho e Sorgo. Disponível em:<<http://www.cnpms.embrapa.br/milho/deficiencia/deficiencia.html>> Acesso em: 29 set. 2014.

COLOZZI-FILHO, A. Plantio direto: microrganismos e processos. In: **ASSOCIAÇÃO DE PLANTIO DIRETO NO CERRADO**. Atualização em fertilidade e biodinâmica no sistema plantio direto. Brasília: APDC, p. 29-42, 2000.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Indicadores da Agropecuária. **Indic. Agropec.**, Brasília, ano 22, n.7, 2014. p.01-86.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento **Acompanhamento da safra Brasileira de grãos. Safra 2007/2008**. Disponível em:

<http://www.conab.gov.br/conabweb/download/safra/12_levantamento_set2008.pdf>

Acesso em 02 de mai. de 2014.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos 2013/2014**. Décimo Segundo Levantamento – Setembro/ 2014. Disponível em: <
http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/14_07_09_09_36_57_10_levantamento_de_graos_julho_2014.pdf> Acesso em: 19 set. 2014.

CORA, J. E.; ARAUJO, 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. **Rev. Bras. Ciênc. Solo**, vol. 28, n.6, p. 1013-1021, 2004.

COSTA JÚNIOR, L.; GUIMARÃES, E. Dependência espacial do IDEB-2011 para o 9º ano do ensino fundamental e do IDH-2010 para a mesorregião do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba. **Revista da Estatística da Universidade Federal de Ouro Preto**, v. 3, n. 3, p. 338-342, 2014.

COSTA, R. J.; AZEVEDO, H. P.; CARDOSO, E. W. C.; COSTA, J. S.; SOUSA, R. P. 15137-Agroecologia nos trópicos: o sistema agroflorestal como estratégia de sustentabilidade na Amazônia paraense. **Cadernos de Agroecologia**, v. 8, n. 2, 2013.

CPT: **Receitas com milho verde complementam a renda familiar**. 14 set. 2010. Disponível em: < <http://www.cpt.com.br/artigos/receitas-milho-verde-tornaram-alternativas-complementar-renda-familiar> > Acesso em: 15 set. 2014.

CREMON, C.; JÚNIOR, E. J. R.; SERAFIM, M. E.; ONO, F. B. Análise micromorfométrica de agregados de um Latossolo Vermelho distroférico sob diferentes sistemas de manejo. **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 31, n. 1, p. 139-146, 2009.

CRUZ, D. L. S; RODRIGUES, G. S.; DIAS, F. O.; ALVES, J. M. A; ALBUQUERQUE, J. A. A . Levantamento de plantas daninhas em área rotacionada com as culturas da soja, milho e arroz irrigado no cerrado de Roraima. **Revista Agro@mbiente On-line**, v. 3, n. 1, p. 58-63, 2009. Disponível em:

<revista.ufrr.br/index.php/agroambiente/article/download/248/214> Acesso em: 29 set. 2014.

CRUZ, J. C.; PEREIRA FILHO, I. A. Manejo e tratos culturais. In: PEREIRA FILHO I. A. (Eds.). **O cultivo do milho-verde**. Brasília, DF, Embrapa Informação Tecnológica. p. 31- 44, 2003

CRUZ J. C.; ALVARENGA, R. C.; VIANA J. H. M.; PEREIRA FILHO, I. A.; ALBUQUERQUE FILHO, M. R.; SANTANA, D. P. **Plantio Direto**. Brasília, DF, Agência Embrapa de Informação Tecnológica, 2011. Disponível em <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/milho/arvore/CONTAG01_72_59200523355.html> Acesso em: 15 set. 2014.

CRUZ, J. C.; KONZEN, E.A.; FILHO, I. A. P.; MARRIEL, I.E.; CRUZ, E.; DUARTE, J.O.; OLIVEIRA, M.F.; ALVARENGA, R.C. **Produção de milho orgânico na agricultura Familiar**. Sete Lagoas: Embrapa-CNPMS, 17p. (Embrapa-CNPMS, Comunicado Técnico, 81), 2006.

EMBRAPA EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Serviço Nacional de Levantamento de Solos**. Rio de Janeiro: EMBRAPA/CNPMS, 1979. 227p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUARIA. **Cultivo do Milho**- Sete Lagoas - 2011/EMBRAPA Milho e Sorgo. 2011. (Sistemas de Produção/EMBRAPA, Milho e Sorgo n.7). Disponível em: <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Milho/CultivodoMilho_7e/index.htm> Acesso em: 11 set. 2014.

FALKER, **PLG5200**: medidor automatizado de compactação do solo. Santa Maria, p. 58, 2009.

FANCELLI, A. L.; DOURADO-NETO, D. Produção de milho. Guaíba: **Agropecuária**, 2000. 360 p.

F.A.O. National Soil Degradation maps. 2008. Disponível em: <<https://www.fao.org.br/edsaasa.asp>> Acesso em: 03 set. 2014.

FAO (Food And Agriculture Organization), 2010. Faostat. Disponível em: <<http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx>> Acesso em: 02 mai. de 2014.

F.A.O. Food and Agriculture organization of the United Nations. **Escassez e degradação dos solos e da água ameaçam segurança alimentar**. Roma: F.A.O. 2011. Disponível em: < <https://www.fao.org.br/edsaasa.asp> > Acesso em: 03 set. 2014.

F.A.O. Food and Agriculture organization of the United Nations. **Save and Grow: Farming systems**. Rome: F.A.O. 2014. Disponível em: <<http://www.fao.org/ag/save-and-grow/en/2/index.html>> Acesso em: 03 set. 2014.

FARINELLI, R. PENARIOL, F. G.; BORDIN, L.; COICEV, L.; FORNASIERI FILHO, D. Desempenho agrônomo de cultivares de milho nos períodos da safra e safrinha. **Bragantia**, Campinas, v.62, n.2, p.235-241, 2003.

FARIAS, P. R. S.; BARBOSA, J. C.; VIEIRA, S. R.; SÁNCHEZ-VILA, X.; FERRAZ, L. C. C. B. Geostatistical analysis of the spatial distribution of *Rotylenchulus reniformis* on cotton cultivated in crop rotation. **Russian Journal of Nematology**, Moscow, v.10, p.1-9, 2002.

FATORGIS. **Agricultura de precisão: a tecnologia de GIS/GPS chega às fazendas**. Curitiba, 1998. Disponível <<http://www.fatorgis.com>> Acesso em: 19 Jul. 2014.

FEBRAPDP. FEDERAÇÃO BRASILEIRA DE PLANTIO DIRETO NA PALHA. **Evolução da área cultivada no sistema de plantio direto na palha- Brasil**. Ponta Grossa, 2010. Disponível em: <<http://www.febrapdp.org.br/download/BREvolucaoPD2008a2010.pdf>> Acesso em: 16 set. 2014.

FERRAZ, G. A. S.; SILVA, F. M. D.; CARVALHO, L. C.; ALVES, M. D. C.; FRANCO, B. C. Spatial and temporal variability of phosphorus, potassium and of the yield of a coffee field. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 32, n. 1, p. 140-150, 2012.

FERRAZ, G. A. E S.; SILVA, F. M.; CARVALHO, F. M.; COSTA, P. A. N.; CARVALHO, L. C. C. Viabilidade econômica do sistema de adubação diferenciado comparado ao sistema de adubação convencional em lavoura cafeeira: um estudo de caso. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, vol. 31, n. 5, p. 906-915, 2011.

FERREIRA, A. C. B.; ARAÚJO, G. A. A.; PERREIRA, P. R. G.; CARDOSO, A. C. Características agronômicas e nutricionais do milho adubado com nitrogênio, molibidênio e zinco. **Scientia Agrícola**, v.58, n.1, p.131-138, 2001.

FERREIRA, M.M. **Caracterização física do solo**. In: Física do Solo. Ed. LIER, Q.J. Viçosa, MG: SBCS, p.1-27, 2010.

FERREIRA, R.; GARDINGO, J. R.; MATIELLO, R. R. Seleção de progênes de irmãos germanos destinadas á produção de milho-verde. **Scientia agraria**, v. 10, n. 1, p. 23-30, 2009.

FLERCHINGER, G. N.; SAUERB, T. J.; AIKENC, R. A. Effects of crop residue cover and architecture on heat and water transfer at the soil surface. **Geoderma**, 116: 217–233, 2003.

FORNASIERI FILHO, D.; CASTELLANE, P. D.; DECARO, S. Competição de cultivares de milho doce. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 6, n.1, p. 20-22, 1988.

FRAISSE, C.; FAORO, L. Agricultura de Precisão: A Tecnologia de GIS/GPS Chega às Fazendas. **Revista Fator GIS On Line**. Curitiba, 1998. Artigos.

FRANCHINI, J. C.; MIYAZAWA, M.; PAVAN, M. A.; MALAVOLTA, E. Dinâmica de íons em solos ácidos lixiviados com extratos de resíduos de adubos verdes e soluções puras de ácidos orgânicos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 34, p. 2267-2276, 1999.

FREIRE, F. M.; VIANA, M. C.; MASCARENHAS, M. H. T.; PEDROSA, M. W.; COELHO, A. M.; ANDRADE, C. L. T. Produtividade econômica e componentes da produção de espigas verdes de milho em função da adubação nitrogenada. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 9, n. 3, p. 213-222, 2010.

FREITAS, L.; CASAGRANDE, J. C.; OLIVEIRA, I. A.; MORETI, T. C. F.; CARMO, D. A. B. Avaliação de atributos químicos e físicos de solos com diferentes texturas cultivados com cana-de-açúcar. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 9, n. 17, p. 362-374, 2013.

GALINAT, W. C. The origin of maize: grain of humanity. New York: New York Botanical Garden Journal, v. 44, p. 3-12, 1995.

GEBBERS, R; ADAMCHUCK, V. I. Precision agriculture and food security. **Science**, Vol. 327, n. 5967 p. 828-831, 2010.

GONÇALVES, A. C. A.; FOLEGATTI, M. V.; MATA, J. D. V. Análises exploratória e geoestatística da variabilidade de propriedades físicas de um Argissolo Vermelho. **Acta Scientiarum**, Maringá, v.23, n.5, p.1149-1157, 2001.

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, n. 2, p. 169-177, 2005.

GRIGULO, A. S. M.; AZEVEDO, V. H. de; KRAUSE, W.; AZEVEDO, P. H. Avaliação do desempenho de genótipos de milho para consumo in natura em Tangará da Serra, MT, Brasil. **Biosci. J.**, Uberlândia, v. 27, n. 4, p. 603-608, 2011.

GUIMARÃES, E. C. **Geoestatística básica e aplicada**. Uberlândia, Universidade Federal de Uberlândia, p. 76, 2004.

HÖRBE, T. A. N. **Agricultura por ambiente: manejo sítio específico da população de milho**. 2012. 59f. Trabalho de Conclusão de Curso (Mestrado em Ciência do Solo). Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2012.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Agropecuário (2006)**. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/procurar/resultado.asp?palavra=+milho+verde&o=2&esc=1>>. Acesso em: 15 jun. 2014.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção Agrícola (2014)**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/default.shtm>>. Acesso em: 15 jun. 2014.

ISHIMURA, I.; YANAI, K.; SAWAZAKI, E.; NODA, M. Avaliação de cultivares de milho verde em Pariquera-Açu. **Bragantia**, vol.45, 1986.

KRAVCHENKO, A. N. Influence of spatial structure on accuracy of interpolation methods. **Soil Science Society of American Journal**, v.67, p. 1564-1571, 2003.

LAL, R. Global soil erosion by water and carbon dynamics. In: Lal, R.; Kimble, J.; Levine, E.; Stewart, B. Soils and global change. In: **Advances in Soil Science**. Florida: CRC/Lewis Publishers. 1995, p. 131–142.

LAL, R.; REICOSKY, D. C.; HANSON, J. D. Evolution of the plow over 10,000 years and the rationale for no-till farming. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 93, n. 1, p. 1-12, 2007.

LANDAU, E. C.; SANS, L. M. A.; SANTANA, D. P. **Cultivo do milho**. 8^a ed. Sete Lagoas: EMBRAPA, CNPS, 2012. (Sistema de Produção, 1.). Disponível em: <http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/milho_8_ed/climaesolo.htm> Acesso em: 11 fev. 2014.

LIMA, J. S. S.; BONA, D. A. O.; FIEDLER, N. C.; PEREIRA, D. P. Distribuição espacial das frações granulométricas argila e areia total em um Latossolo Vermelho-Amarelo. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 38, n. 3, p. 513-521, 2014.

LIMA, J. S. S.; SOUZA, G. S.; SILVA, S. A. Distribuição espacial da matéria orgânica, grau de floculação e argila dispersa em água em área de vegetação natural em regeneração e pastagem. **Revista Árvore**, v. 37, n. 3, p. 539-546, 2013.

LOPES, A. S. **Manual internacional de fertilidade do solo**. Piracicaba: Potafos, 1998.

LUPA-**Levantamento Censitário de Unidades. Produção Agrícola do Estado de São Paulo**. 2008

LUZ, J. M. Q.; CAMILO, J. D. S.; BARBIERI, V. H. B.; RANGEL, R. M.; OLIVEIRA, R. C. Produtividade de genótipos de milho doce e milho verde em função de intervalos de colheita. **Horticultura Brasileira**, v. 32, n. 2, 2014.

MACHADO, L. O.; LANA, Â. M. Q.; LANA, R. M. Q.; GUIMARÃES, E. C.; FERREIRA, C. V. Variabilidade espacial de atributos químicos do solo em áreas sob sistema plantio convencional. **Rev. Bras. Ciênc. Solo**, Viçosa, v. 31, n. 3, 2007.

MANZATTO, C. V.; BHERING, S. B.; SIMÕES, M. **Agricultura de Precisão: Propostas e ações da EMBRAPA Solos**. EMBRAPA Solos, 1999. Disponível em: <<http://www.cnps.embrapa.br/search/pesqs/proj01/proj01.html>>. Acesso em: 01 out. 2014.

MAPA. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **Agricultura de Precisão**. Boletim técnico, 3 ed. Brasília / DF, 2013. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/Boletim%20tecnico.pdf> Acesso em: 11 set. 2014.

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

MATTIONI, N. M.; SCHUCH, L. O.; VILLELA, B. F. A. Variabilidade espacial e efeito de atributos químicos de um latossolo na população de plantas e produtividade da cultura da soja. **Revista da FZVA**, Uruguaiana, V.19, n.1, p.20-32. 2013

MATTOSO, M. J.; MELO FILHO, G. A. **Cultivo do milho**. 6^a ed. Sete Lagoas: EMBRAPA, CNPS, 2010. (Sistema de Produção, 1.) Disponível em: <http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/milho_6_ed/coeficientestecnicos.htm> Acesso em: 11 fev. 2014.

MELLO, G.; BUENO, CÉLIA R. P.; PEREIRA, G. T. Variabilidade espacial das propriedades físicas e químicas do solo em áreas intensamente cultivadas. **Rev. bras. eng. agríc. ambient.**, vol.10, n.2, pp. 294-305, 2006.

MELLO, J. D.; BATISTA, J. L. F.; RIBEIRO JUNIOR, P. J.; OLIVEIRA, M. D. Ajuste e seleção de modelos espaciais de semivariograma visando à estimativa volumétrica de *Eucalyptus grandis*. **Scientia Forestalis**, v. 69, n. 1, 2005.

MILANI, L.; SOUZA, E.G.; URIBE-OPAZO, M. A.; GABRIEL FILHO, A.; JOHANN, J.A.; PEREIRA, J. O. Unidades de manejo a partir de dados de produtividade. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 28, n. 4, p. 545-559, 2006.

MIYAZAWA, M.; PAVAN, M. A.; FRANCHINI, J. C.; BLOCK, M. F. M. Efeito residual de compostos orgânicos hidrossolúveis liberados na decomposição da aveia na química de superfície em solos ácidos. In: **Encontro Brasileiro sobre substâncias húmicas**, p. 303-395, Santa Maria, 1999.

MOLIN, J. P. Agricultura de precisão, parte I: o que é e estado da arte em sensoriamento. **Eng. Agrícola**, v.17, p.97-107, 1997.

MOLIN, J. P. Definição de unidades de manejo a partir de mapas de produtividade. **Engenharia Agrícola**, v.22, p.83-92, 2002.

MOLIN, J. P. Tendências da agricultura de precisão no Brasil. In: ConBAP – Congresso Brasileiro de Agricultura de Precisão – ESALQ/USP, 2004, Piracicaba-SP. **Relação de trabalhos**. CD-ROM

MOLIN, J. P.; VIEIRA JUNIOR, P. A.; DOURADO NETO, D.; FAULIN, G. D. C.; MASCARIN, L. Variação espacial na produtividade de milho safrinha devido aos macronutrientes e à população de plantas. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 6, n. 03, 2010.

MONTEZANO, Z. F.; CORAZZA, E. J.; MURAOKA, TI. Variabilidade de nutrientes em plantas de milho cultivado em talhão manejado homogeneamente. **Bragantia**, Campinas, v. 67, n. 4, p. 969-976, 2008.

MONTEZANO, Z.F.; CORAZZA, E.J.; MURAOKA, T. Variabilidade espacial da fertilidade do solo em área cultivada e manejada homogeneamente. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.30, p.839-847, 2006

MOORE, M. R. **An investigation into the accuracy of yield maps and their subsequent use in crop management**. 1998. 150 f. Thesis (PhD) - Cranfield University, Silsoe, 1998.

MORAES, A. R. A. **A cultura do milho verde**. 2009. Artigo em Hypertexto. Disponível em:<http://www.infobibos.com/Artigos/2009_2/MilhoVerde/index.htm> Acesso em: 11 set. 2014.

NCBI-National Center for Biotechnology Information. **Taxonomy**. 2014. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/Taxonomy/>> Acesso em: 01 out. 2014.

NEVES, D. A. **Geoestatística aplicada ao estudo da variabilidade de espécies nativas em fragmentos do cerrado brasileiro no estado de São Paulo**. 2013. 146 f. Tese (Doutorado). Universidade da Coruña, A Coruña, 2013.

NICOLOSO, R. S.; LOVATO, T.; AMADO, T. J. C.; BAYER, C.; LANZANOVA, M. E. Balanço de carbono orgânico no solo sob integração lavoura-pecuária no sul do Brasil. **R.Bras. Ciênc. Solo**. 32:2425-2433, 2008.

NOGARA NETO, F. **Variabilidade espacial da produtividade de milho em duas glebas na região de Guarapuava-PR**. 2007.116 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia - Ciência do Solo). Universidade Federal do Paraná, UFPR, Curitiba, 2007.

ODUM, E. P. **Ecologia**. 2. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1988. 434 p.

OHLAND, R. A. A.; SOUZA, L. D.; HERNANI, L. C.; MARCHETTI, M. E.; GONÇALVES, M. Culturas de cobertura do solo e adubação no milho em plantio direto. **Ciência Agrotécnica**, Lavras, v. 29, n. 3, p. 538-544, 2005

OLIVEIRA, I. A.; CAMPOS, M. C. C.; SOARES, M. D. R.; AQUINO, R. E., MARQUES JÚNIOR, J.; Nascimento. Variabilidade espacial de atributos físicos em um Cambissolo Háplico, sob diferentes usos na região sul do Amazonas. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 37, n. 4, p. 1103-1112, 2013.

OLIVEIRA JR, L. F. G.; DELIZA, R.; BRESSAN-SMITH, R.; PEREIRA, M. G.; CHIQUIERE, T. B. Seleção de genótipos de milho mais promissores para o consumo in natura. **Ciência de Tecnologia de Alimento**, Campinas, v. 26, n. 1, p. 159-165, 2006.

OLIVEIRA, L. A. A.; GROSZMAN, A.; COSTA, R. A. Caracteres da espiga de cultivares de milho no estágio verde. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 22, n. 6, p. 587-592, jun. 1987

OLIVEIRA, M. F. B. **A cultura da soja implantada em diferentes coberturas e manejos do solo em área de pastagem degradada**. 2002. 100 f. Dissertação (Mestrado em Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2002.

OLIVEIRA, T. K. D.; CARVALHO, G. J. D.; MORAES, R. N. D. S.; JERÔNIMO JÚNIOR, P. R. M. Características agrônômicas e de produção de fitomassa de milho

verde em monocultivo e consorciado com leguminosas. **Ciênc. agrotec.**, v.27, n.1, p.223-227. 2003.

OLOFSDOTTER M.; NAVAREZ D.; MOODY K. Allelopathic potential in rice (*Oryza sativa* L.) germplasm. **Annals of Applied Biology**, 127:543-560. Disponível em: <<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1744-7348.1995.tb07611.x/abstract>>
Acesso em: 13 set 2014.

ORTIZ, J. L. **Emprego do geoprocessamento no estudo da relação entre potencial produtivo de um povoamento de eucalipto e atributos do solo e do relevo**. 2003. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2003.

PAIVA, M. R. D. F. C.; SILVA, G. F.; OLIVEIRA, F. H. T.; PEREIRA, R. G.; QUEIROGA, F. M. Doses de nitrogênio e de fósforo recomendadas para produção econômica de milho-verde na chapada do Apodi-RN. **Revista Caatinga**, v. 25, n. 4, p. 1-10, 2012.

PAIVA JUNIOR, M. C. **Desempenho de cultivares para produção de milho verde em diferentes épocas e densidades de semeadura**. 1999. 66 f. Dissertação (Mestrado) Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1999.

PAIVA JÚNIOR, M. C.; VON PINHO, R. G.; VON PINHO, E. V. R.; RESENDE, S. G. Desempenho de Cultivares para a produção de Milho Verde em diferentes épocas e densidades de Semeadura em Lavras - MG. **Ciênc. Agrotec.**, Lavras, v.25, n.5, p.1235-1247, 2001.

PAULETTI, V.; MOTTA, A. C. V.; SERRAT, B. M.; FAVARETTO, N.; ANJOS, A. D. Atributos químicos de um Latossolo bruno sob sistema plantio direto em função da estratégia de adubação e do método de amostragem de solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, p. 581-590, 2009.

PEREIRA FILHO, I. A. **A cultura do milho verde**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 61 p.: il - (Coleção Plantar, 59) 2008.

PEREIRA FILHO, I. A.; CRUZ, J. C.; GAMA, E. E. G. Cultivares para consumo verde. In: PEREIRA FILHO, I. A. (Ed.). **O Cultivo do milho-verde**. Brasília, DF: Embrapa Informações Tecnológicas, p. 17-30, 2003.

PEREIRA FILHO, I. A., CRUZ, J. C., SILVA, A. R., COSTA, R. V., CRUZ, I. **Milho Verde**. Agência EMBRAPA de Informação Tecnológica. 2011. Disponível em: <<http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/milho/arvore/CONT000fy779fnk02wx5ok0pvo4k3c1v9rbg.html>>. Acesso em: 26 set. 2014.

PEREIRA, L. S. Necessidades de água em regadio. Taller e Mini-Curso sobre **Técnicas de Riego y Fertirriego**. Herramientas Computacionales para Diseño y Manejo, CYTED y Universidad de Cuenca, Cuenca, Ecuador, p. 24-27, 2007. Disponível em: <http://ceer.isa.utl.pt/cyted/2007/ecuador2007/2_Pereira.pdf> Acesso em: 23 set. 2014.

PIERCE, F.J.; NOWAK, P. Aspects of precision agriculture. **Adv. Agron.**, 67:1-85, 1999.

PIMENTEL-GOMES, F.; GARCIA, C. H. **Estatística aplicada a experimentos agrônômicos e florestais: exposição com exemplos e orientações pra uso de aplicativos**. Piracicaba: Fealq, p. 309, 2002.

RAIJ, B. VAN. **Fertilidade do solo e manejo de nutrientes**. Piracicaba: International Plant Nutrition Institute. 2011. 420 p.

PORTUGAL, A.F.; COSTA, O.; DEL'ARCO VINHAS; COSTA, L.M. Propriedades físicas e químicas do solo em áreas com sistemas produtivos e mata na região da Zona da Mata mineira. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34,n.2, p.575-585, 2010.

RAIJ, B. VAN. **Fertilidade do solo e manejo de nutrientes**. Piracicaba: International Plant Nutrition Institute. 2011. 420 p.

RAIJ, B. V.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. (Eds.) **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. Campinas: Instituto Agrônômico (Boletim técnico 100), p. 285, 1996.

RAIJ, B. Van; QUAGGIO, J. A. **Métodos de análise de solo para fins de fertilidade**. Campinas: Instituto Agrônômico, (Boletim técnico, 81), p. 31, 1983.

REETZ JR, H. F.; FIXEN, P.E. **Strategic Approach to site specific systems** Site specific management guidelines, Potash & Phosphate Institute (PPI). Disponível em: <www.ppi-far.org/ssmg> Acesso em: 17 jul. 2014.

REETZ, H. 20/20 Vision on precision-what the last 20 years has shown us / what the next 20 promises to give us. In: INTERNATIONAL CONFERENCE OF PRECISION AGRICULTURE, 10, 2010. **Proceedings**. Denver, 2010.

REICHARDT, K.; TIMM, L.C. **Solo, planta e atmosfera: conceitos, processos e aplicações**. São Paulo: Manole, p. 497, 2012.

RHEINHEIMER, D. S.; SANTOS, E. J. S.; KAMINSKI, J.; BORTOLUZZI, E. C.; GATIBONI, L. C. Alterações de atributos do solo pela calagem superficial e incorporada a partir de pastagem natural. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 24, p. 797-805, 2000.

ROBERTSON, G. P. GS+ : geostatistics for the environmental sciences. **GS+ user's guide version 9.0**. Plainwell: Gamma Design Software, p. 152, 2008.

RODRIGUES JUNIOR, F. A.; VIEIRA, L. B.; QUEIROZ, D. M.; SANTOS, N. T. Geração de zonas de manejo para cafeicultura empregando-se sensor SPAD e análise foliar. **Rev. bras. eng. agríc. ambiental**, Campina Grande-PB, vol.15, n.8, p. 778-787, 2011.

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. **Ciências Florestais**. n.70, p.56-66, 2006.

RODRIGUES, F.; VON PINHO, R. G.; ALBUQUERQUE, C. J. B.; VON PINHO, E. V. R. Índice de seleção e estimativa de parâmetros genéticos e fenotípicos para características relacionadas com a produção de milho-verde. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n. 2, p. 278-286, 2011.

ROSS, J. L. S. A morfogênese da bacia do Ribeira de Iguape e os sistemas ambientais. **R. GEOUSP- Espaço e Tempo**, São Paulo, n 12, 2002.

SALVIANO, A. A. C. **Variabilidade de atributos de solo e de *Crotalaria juncea* em solo degradado do município de Piracicaba-SP**. 1996. 91p. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1996.

SANS, L. M. A.; GUIMARÃES, D. P. **Cultivo do milho**. 7^a ed. Sete Lagoas: EMBRAPA, CNPS, 2011. (Sistema de Produção, 1.). Disponível em: <http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/milho_7_ed/zoneamento.htm> Acesso em: 11 fev. 2014.

SANTI, A. L.; AMADO, T. J. C.; EITELWEIN, M. T.; CHERUBIN, M. R.; DA SILVA, R. F.; DA ROS, C. O. Definição de zonas de produtividade em áreas manejadas com agricultura de precisão. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, PE, v. 8, n. 3, p. 510-515, 2013.

SANTOS, E. O. D. J.; GONTIJO, I.; NICOLE, L. R. Spatial variability of calcium, magnesium, phosphorus, potassium in soil and yield of black pepper. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, n. 10, p. 1062-1068, 2012.

SANTOS, I. C. D.; MIRANDA, G. V.; MELO, A. V. D.; MATTOS, R. N.; OLIVEIRA, L. R.; LIMA, J. D. S.; GALVÃO, J. C. C. Comportamento de cultivares de milho produzidos organicamente e correlações entre características das espigas colhidas no estágio verde. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 4, n. 01, 2005.

SANTOS, G. G.; GRIEBELER, N. P.; OLIVEIRA, L. F. C. de. Chuvas intensas relacionadas à erosão hídrica. **Rev. bras. eng. agríc. ambient.** Campina Grande, vol.14, n.2, p. 115-123, 2010.

SANTOS, K. S. **Variabilidade espacial de atributos físicos e químicos em solos de vale aluvial no semiárido de pernambuco.** 2011, 93 f. Dissertação (Mestrado- Ciência do Solo), Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Agronomia, Recife, 2011.

SANTOS, M. R.; SEDIYAMA M. A. N.; SANTOS I. C.; SALGADO L. T.; VIDIGA S. M. Produção de milho-verde em resposta ao efeito residual da adubação orgânica do quiabeiro em cultivo subsequente. **Rev. Ceres, Viçosa**, vol.58, n.1, pp. 77-83, 2011.

SÃO PAULO (Estado). Secretaria de Agricultura e Abastecimento. Coordenadoria de Assistência Técnica Integral. Instituto de Economia Agrícola. **Levantamento censitário de unidades de produção agrícola do Estado de São Paulo - LUPA 2007/2008.** São Paulo: SAA/CATI/IEA, 2008. Disponível em <<http://www.cati.sp.gov.br/projetolupa>>. Acesso em: 15 ago. 2014.

SARKAR, S.; PARAMANICK, M.; GOSWAMI, S .B. Soil temperature, water use and yield of yellow sarson (*Brassica napus L. var. glauca*) in relation to tillage intensity and mulch management under rainfed lowland ecosystem in eastern India. **Soil & Tillage Research.** 93 94–101 2007.

SARKAR, S.; SINGH, S. R. Interactive effect of tillage depth and mulch on soil temperature, productivity and water use pattern of rainfed barley (*Hordeum vulgare*L.). **Soil & Tillage Research.** 92 79–86, 2007.

SEIDEL, E. J.; OLIVEIRA, M. S. Proposta de uma generalização para os modelos de semivariogramas Exponencial e Gaussiano. **Semina: Ciências Exatas e Tecnológicas**, v. 34, n. 1, p. 125-132, 2013.

SILVA, A. P. **Variabilidade espacial de atributos físicos do solo**. 1988. 98f. Tese (Doutorado em Solos)- Escola Superior de agricultura “Luiz Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1988.

SILVA, A.C.; HIRATA, E. K.; MONQUERO, P. A. Produção de palha e supressão de plantas daninhas por plantas de cobertura, no plantio direto do tomateiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, V44, p.22-28, 2009.

SILVA, D. A.; VITORINO, A. C. T.; SOUZA, L. C. F. D., GONÇALVES, M. C.; ROSCOE, R. Culturas antecessoras e adubação nitrogenada na cultura do milho, em sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 5, n. 1, p. 75-88, 2006.

SILVA, F. A. S. **Assistat** versão 7.7 beta (pt). Universidade Federal de Campina Grande. Paraíba. 2015.

SILVA, F. M.; SOUZA, Z. M.; FIGUEIREDO, C. A. P.; VIEIRA, L. H. S.; OLIVEIRA, E. Variabilidade espacial de atributos químicos e produtividade da cultura do café em duas safras agrícolas. **Ciência Agrotecnologia**. v. 32, p. 231-241, 2008.

SILVA, P. C. M.; CHAVES, L. H. G. Avaliação e variabilidade espacial de fósforo, potássio e matéria orgânica em Alissolos. **Rev. bras. eng. agríc. ambient.** vol.5, n.3, pp. 431-436, 2001..

SILVA, V. R.; REICHERT, J. M.; REINERT, D. J. Variação na temperatura do solo em três sistemas de manejo na cultura do feijão. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 30, n. 3, p. 391-399, 2006.

SILVA, V. R.; REICHERT, J. M.; STORCK, L.; FEIJÓ, S. Variabilidade espacial das características químicas do solo e produtividade de milho em um Argissolo vermelho-amarelo distrófico arênico. **Rev. Bras. Ci. Solo**, v.27, p.1013-1020, 2003.

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

SOARES, A. **Geoestatística para as ciências da terra e do ambiente**. IST Press, p. 214, 2006.

SOUZA, C. M. A.; BOTTEGA, E. L.; VILELA, F. V.; RAFULL, L. Z. L.; QUEIROZ, D. M. Espacialização de perdas e da qualidade do feijão em colheita semimecanizada. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 32, n. 2, p. 201-208, 2010.

SOUZA, L.C. de. **Variabilidade espacial da salinidade de um solo aluvial no semiárido paraibano**. Campina Grande, 1999. 77p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande, 1999.

SOUZA, Z. M.; SOUZA, G. S.; MARQUES JUNIOR, J.; PEREIRA, G. T. Número de amostras na análise geoestatística e na krigagem de mapas de atributos do solo. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 44, n. 2, 2014.

STONE, L. F.; SILVEIRA, P. M. DA; MOREIRA, J. A. A.; BRAZ, A. J. B. P. Evapotranspiração do feijoeiro irrigado cultivado em plantio direto sobre diferentes palhadas de culturas de cobertura. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.41, n.4, p.577-582, 2006.

SUSZEK, G.; SOUZA, E. G.; OPAZO, M. A. U.; NOBREGA, L. H. P. Determination of management zones from normalized and standardized equivalent productivity maps in the soybean culture. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal-SP, v. 31, n. 5, p. 895-905, 2011.

TEIXEIRA, M. R. O. A cultura do milho e sua importância nos sistemas de produção de Mato Grosso do Sul. In: Workshop sobre qualidade do milho, 1997, Dourados (MS). **Anais**, Dourados: Embrapa-CPAO, p. 12-14, 1998.

TERRA, V. S. S. **Variabilidade espacial e temporal de atributos agronômicos em pomar de pessegueiro**. 2012, 103f. Tese (Doutorado). Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2012.

TORRES, J. L. R.; PEREIRA, M. G.; FABIAN, A. J. Produção de fitomassa por plantas de cobertura e mineralização de seus resíduos em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.43, p. 421-428, 2008..

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

TRIPLETT JR., G. B.; DICK, W. A. No-Tillage crop production: a revolution in agriculture! **Agronomy Journal, Madison**, v. 100, n. 3, p.153-165, 2008. Disponível em:<https://www.crops.org/publications/aj/articles/100/Supplement_3/S-153> Acesso em: 20 ago. 2014.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE – USDA. **Crop Production2013 Summary**. Crop, yield, and production – January / 2014. Disponível em: <<http://www.usda.gov>>. Acesso em: 15 jun. 2014.

VALENTINI, L.; SHIMOYA, A. Informações básicas para a cultura do milho verde. Niterói-RJ. PESAGRO - RIO, **Informação tecnológica**. n. 11, 2008. Disponível em: <http://www.pesagro.rj.gov.br/downloads/infonline/online11.pdf>.>Acesso em: 09 out. 2014.

VAUCLIN, M.; VIEIRA, S. R.; VAUCHAUD, G.; NIELSEN, D. R. The use of cokriging with limited field soil observations. **Soil Science Society American Journal**, v.47, p.175-184, 1983.

VIEIRA, M. A. **Cultivares e população de plantas na produção de milho verde**. 2007. 95 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal). Departamento de Fitotecnia e Fitossanitarismo, Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2007.

VIEIRA, S. R. Geoestatística em estudos de variabilidade espacial do solo. In. NOVAES, R. F.; ALVAREZ V., V. H.; SCHAEFER, C. E G. R. **Tópicos em ciências do solo**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, v.1, p.1-54, 2000.

VIEIRA, S.R.; DECHEN, S.C.F. Spatial variability studies in São Paulo, Brazil along the last twenty five years. **Bragantia**, v.69, p.53-66, 2010.

VIEIRA, S. R.; CAMARGO, O. A.; LIBARDI, P. L.; DE ANDRADE, C. A.; SIQUEIRA, G. M. Distribuição espacial de atributos da camada superficial de um nitossolo háplico/spatial distribution of attributes the surface layer of a haplic nitosol. **Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas/Brazilian Journal of Biosystems Engineering**, v. 3, n. 1, p. 031-40, 2009.

VIEIRA, S. R.; NIELSEN, D.R.; BIGGAR, J.W. Spatial variability of field-measured infiltration rate. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v.45, n.6, p.1040-1048, 1981.

WARRICK, A.W.; NIELSEN, D.R. Spatial variability of soil physical properties in the field. In: HILLEL, D. **Environmental soil physics**. New York: Academic, 1998. p.655-675.

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. Cap.2, p.319-344.

WEBSTER, R. Quantitative spatial analysis of soil in field. **Advances in Soil Science**, v.3, p.1-70, 1985.

WEN, Z.; ZHANG, C.; ZHANG, S.; DING, C.; LIU, C.; PAN, X.; SUN, Y. Effects of normalized difference vegetation index and related wavebands' characteristics on detecting spatial heterogeneity using variogram-based analysis. **Chinese Geographical Science**, v. 22, n. 2, p. 188-195, 2012.