



COINTER PDVAgro 2020

V CONGRESSO INTERNACIONAL DAS CIÊNCIAS AGRÁRIAS

Edição 100% virtual | 02 a 05 de dezembro

ISSN:2526-7701 | PREFIXO DOI:10.31692/2526-7701

VARIABILIDADE TEMPORAL E ESPACIAL DA FERTILIDADE DO SOLO EM ÁREA AGRÍCOLA NO MUNICÍPIO DE NOVA ANDRADINA/MS

VARIABILIDAD TEMPORAL Y ESPACIAL DE LA FERTILIDAD DEL SUELO EN ZONA AGRÍCOLA DEL MUNICIPIO DE NOVA ANDRADINA / MS

TEMPORAL AND SPATIAL VARIABILITY OF SOIL FERTILITY IN AGRICULTURAL AREA IN THE MUNICIPALITY OF NOVA ANDRADINA / MS

Apresentação: Comunicação Oral

Matheus Katriel dos Santos Araujo¹; Grazieli Suszek²; Mauro de Lima³

DOI: <https://doi.org/10.31692/2526-7701.VCOINTERPDVAgro.0301>

RESUMO

Às áreas utilizadas nas atividades agrícolas não são obrigatoriamente uniformes, onde dentro de uma mesma gleba existirão diferenças no solo e relevo que podem significar a demanda por tratamentos diferenciados. No entanto a análise detalhada da variabilidade dos atributos do solo pode indicar alternativas de manejo para a redução dos efeitos de tal variação sobre a produção das culturas. Desta forma este trabalho tem por objetivo realizar o mapeamento da variabilidade espacial e temporal da fertilidade do solo em área agrícola no município de Nova Andradina - MS. Esse trabalho foi desenvolvido em área experimental pertencente ao Instituto Federal de Mato Grosso do Sul - campus de Nova Andradina/MS. Na área experimental, foram implantadas as seguintes culturas, Soja (2017/2018) e Brachiaria brizantha cv. Marandu (2018/2019). Para a realização do trabalho, foi elaborado um Grid regular com malha amostral de 15x20 m, totalizando 24 pontos amostrais, georreferenciados utilizando-se GPS 76CSx da Garmin. Em cada ponto amostral foi realizada uma amostragem de solo na profundidade de 0 - 0,20 m. Os dados obtidos das análises foram submetidos à análise estatística descritiva, para elaboração dos mapas foi utilizado o Software ArcGIS usando interpolação por Inverso do quadrado da distância (IQD). Foi possível identificar variabilidade na área experimental através da avaliação espacial e temporal da fertilidade do solo e encontrar correlação significativa entre os atributos químicos do solo, além disso, o uso do mapeamento espacial e temporal dos atributos mostrou-se eficiente para identificação das áreas que necessitam de manejo diferenciado, mostrando que as técnicas de agricultura de precisão são ferramentas importantes para um tratamento adequado das áreas cultivadas.

Palavras-Chave: Agricultura de Precisão, Mapeamento, Química do solo, Amostragem de solo.

RESUMEN

Las áreas utilizadas en las actividades agrícolas no son necesariamente uniformes, donde dentro de una

¹ Bacharelado em Agronomia, Instituto Federal de educação, ciência e tecnologia de Mato grosso do sul, matheus.araujo@novaandradina.org

² Professora Doutora em Engenharia Agrícola, Instituto Federal de educação, ciência e tecnologia de Mato grosso do sul, grazieli.suszek@ifms.edu.br

³ Professor Graduado em Engenharia Agrícola, Instituto Federal de educação, ciência e tecnologia de Mato grosso do sul, mauro.lima@ifms.edu.br

misma parcela habrá diferencias de suelo y relieve que pueden significar la demanda de tratamientos diferenciados. Sin embargo, un análisis detallado de la variabilidad de los atributos del suelo puede indicar alternativas de manejo para reducir los efectos de dicha variación en la producción de cultivos. De esta forma, este trabajo tiene como objetivo mapear la variabilidad espacial y temporal de la fertilidad del suelo en un área agrícola del municipio de Nova Andradina - MS. Este trabajo se desarrolló en un área experimental perteneciente al Instituto Federal de Mato Grosso do Sul - campus de Nova Andradina / MS. En el área experimental, los siguientes cultivos, Soja (2017/2018) y *Brachiaria brizantha* cv. Marandu (2018/2019). Para la realización del trabajo se creó una Grid regular con una malla de muestreo de 15x20 m, totalizando 24 puntos de muestreo, georreferenciados mediante GPS 76CSx de Garmin. En cada punto de muestreo, el muestreo del suelo se realizó a una profundidad de 0 - 0,20 m. Los datos obtenidos de los análisis fueron sometidos a análisis estadístico descriptivo, para la elaboración de los mapas se utilizó el Software ArcGIS mediante la interpolación inversa del cuadrado de distancia (IQD). Se logró identificar variabilidad en el área experimental a través de la evaluación espacial y temporal de la fertilidad del suelo y encontrar una correlación significativa entre los atributos químicos del suelo, además, el uso del mapeo espacial y temporal de los atributos resultó ser eficiente para identificar las áreas que necesitan manejo diferenciado, mostrando que las técnicas de agricultura de precisión son herramientas importantes para un adecuado tratamiento de las áreas cultivadas.

Palabras Clave: Agricultura de precisión, cartografía, Química del suelo, Muestreo de suelo.

ABSTRACT

The areas used in agricultural activities are not necessarily uniform, where within the same plot there will be differences in soil and relief that may mean the demand for differentiated treatments. However, a detailed analysis of the variability of soil attributes can indicate management alternatives to reduce the effects of such variation on crop production. In this way, this work aims to map the spatial and temporal variability of soil fertility in an agricultural area in the municipality of Nova Andradina - MS. This work was developed in an experimental area belonging to the Federal Institute of Mato Grosso do Sul - campus of Nova Andradina / MS. In the experimental area, the following crops, Soja (2017/2018) and *Brachiaria brizantha* cv. Marandu (2018/2019). In order to carry out the work, a regular Grid with a 15x20 m sampling mesh was created, totaling 24 sample points, georeferenced using Garmin's GPS 76CSx. At each sampling point, soil sampling was performed at a depth of 0 - 0.20 m. The data obtained from the analyzes were subjected to descriptive statistical analysis, for the elaboration of the maps, the ArcGIS Software was used using the inverse interpolation of the square of distance (IQD). It was possible to identify variability in the experimental area through the spatial and temporal assessment of soil fertility and to find a significant correlation between the chemical attributes of the soil, in addition, the use of spatial and temporal mapping of the attributes proved to be efficient for identifying the areas that need differentiated management, showing that precision farming techniques are important tools for an adequate treatment of cultivated areas.

Keywords: Precision agriculture, Mapping, Soil chemistry, Soil sampling.

INTRODUÇÃO

Às áreas utilizadas nas atividades agrícolas não são obrigatoriamente uniformes, onde dentro de uma mesma gleba existirão diferenças no solo e relevo que podem significar a demanda por tratamentos diferenciados (MOLIN, AMARAL e COLAÇO, 2015).

Do ponto de vista de Bernardi et al. (2014) o conhecimento da variabilidade da produção é útil para qualquer cultura, sejam aquelas cultivadas em pequenas áreas ou em grandes extensões de terra. Desta forma é indispensável utilizar técnicas e métodos que indique ao produtor onde ocorre a variabilidade em sua propriedade agrícola, para que desta maneira possa se ter uma melhor produtividade.

De acordo com Werner et al. (2007) a adoção da agricultura de precisão (AP) se encontra na fase em que os agricultores buscam solucionar os principais problemas levantados em sua lavoura, através de mapas de produtividade e de fertilidade. Para tal, a AP concilia o uso de tecnologias para o manejo diferenciado do solo, dos insumos e da cultura, visando maximizar a produtividade.

De acordo com Zonta et al. (2014) a análise detalhada da variabilidade dos atributos do solo pode indicar alternativas de manejo para a redução dos efeitos da sua variabilidade sobre a produção das culturas.

Segundo Silva e Chaves (2001) exceto o pH do solo, os atributos químicos apresentam maior variação que os atributos físicos. Geralmente solos do cerrado, apresentam baixa capacidade de troca de cátions (CTC), com acidez elevada e com baixo teor de nutrientes, especialmente de P, devido ao alto grau de intemperização e lixiviação (SOUZA e LOBATO, 2004). De acordo com Gitti, Roscoe e Rizzato (2019), a acidez elevada afeta a disponibilidade dos nutrientes, com exceção dos micronutrientes catiônicos (ferro, cobre, manganês e zinco), todos os demais nutrientes importantes para a planta têm sua disponibilidade reduzida em baixos pHs.

Já para Klink e Machado (2005) a baixa fertilidade dos solos pode ser corrigida, não constituindo como um obstáculo para a implantação de culturas nas áreas agrícolas no bioma Cerrado. Sob essas condições de cultivo, Machado, Bernardi e Silva (2004) relatam que se a correção da fertilidade do solo não for realizada de modo adequado, os riscos de obtenção de baixas produtividades e de diminuição do lucro do agricultor aumentam.

Desta forma este trabalho tem por objetivo realizar o mapeamento da variabilidade espacial e temporal da fertilidade do solo em área agrícola no município de Nova Andradina - MS.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O termo agricultura de precisão surgiu a mais de 30 anos, inicialmente voltados para o mercado de colhedoras com a elaboração de mapas de colheita e produtividade. Este conceito foi evoluindo ao longo dos tempos com a interação de tecnologias e informação. Hoje em dia, existem muitas ferramentas e possibilidades para o uso da AP como o Sistema de Posicionamento Global (GPS), que possibilitou maior precisão dos dados, Sistema de Informações Geográficas (SIG), sensores de plantas daninhas, umidade, amostradores de solo, aplicação a taxa variável, sensoriamento remoto, entre outros (ARTUZO et al., 2017; MOLIN, 2017).

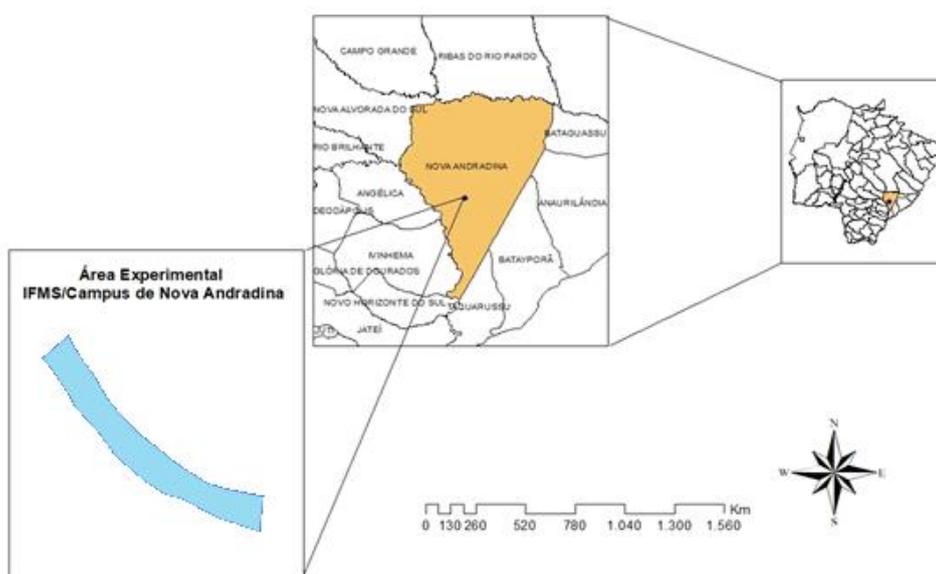
A agricultura de precisão é um conjunto de práticas agrícolas com o objetivo de maximizar a eficiência das áreas agrícolas velando em consideração a variabilidade espacial e temporal. É possível agir com base na variabilidade da área a partir do momento que ela pode ser quantificada, buscando o aumento da eficiência produtiva, da preparação do solo até a colheita (BERNARDI et al., 2015; MIRANDA et al., 2017).

Além disso, existe certa heterogeneidade dos atributos químicos e físicos de um solo, mesmo em uma área considerada uniforme, segundo suas características visíveis de campo, tais como: topografia, cor do solo e vegetação. Para que a amostragem do solo represente, com exatidão, a sua fertilidade, é necessário o conhecimento dessa variabilidade, pois só assim as recomendações de calagem e adubação não estariam comprometidas (MONTEZANO et al, 2006; SANTOS e VASCONCELLOS, 1987; SILVEIRA et al., 2000).

METODOLOGIA

O experimento foi conduzido em uma área experimental de 30x268m, localizado no município de Nova Andradina/MS, pertencente ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso do Sul, situado na latitude $-22^{\circ}08'22,65''$ S e a $-53^{\circ}46'89,60''$ W (Figura 01). O clima da região é classificado, segundo Köeppen, como tropical subtropical úmido e mesotérmico, possuindo altitude média de 380 m, com índices pluviométricos superiores a 1100 mm anuais e o solo da área experimental é classificado como Latossolo Vermelho de textura arenosa conforme Santos et al. (2018), o solo da área é composto por 82,68% areia, 2,6% silte e 14,72% de argila.

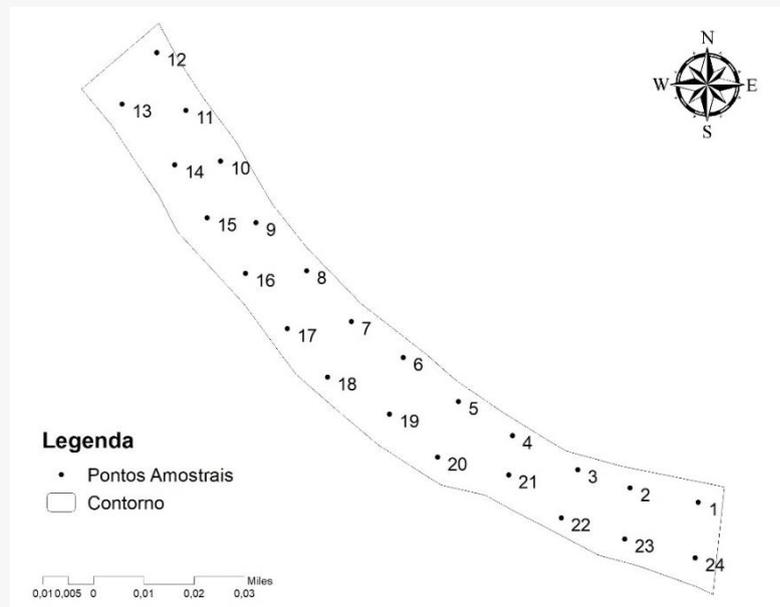
Figura 01. Localização do experimento em Nova Andradina/MS.



Fonte: Própria (2020).

Durante o desenvolvimento do trabalho na área experimental, foram implantadas as seguintes culturas, Soja (2017/2018) e Brachiaria brizantha cv. Marandu (2018/2019). A adubação realizada na área experimental foi realizada em taxa única, onde foi feita calagem em 2017, e adubações de plantio e cobertura na cultura da Soja. Para a realização do trabalho, foi elaborado um Grid regular com dimensão de malha amostral de 15x20 m, onde foram escolhidos 24 pontos amostrais (Figura 02), georreferenciados utilizando-se GPS 76CSx da Garmin. Em cada ponto amostral foi realizada coleta de amostras de solo.

Figura 02. Distribuição dos pontos amostrais na área na experimental.



Fonte: Própria (2020).

No desenvolvimento do trabalho foi realizada duas amostragem de solo, sendo que a primeira foi feita em março de 2018, já a segunda amostragem em abril de 2019. Para amostragem de solo, coletou-se em cada ponto uma amostra composta de 8 sub-amostras (raio de 5m) na profundidade de 0-20cm, utilizando-se um trado holandês (Figura 03), sendo as mesmas, foram identificadas e encaminhadas para laboratório para análise química, conforme Belletti (2009) e Cherubin et al. (2016).

Figura 03. Coleta das amostras de solo, utilizando trado holandês.



Fonte: Própria (2020).

Os dados foram submetidos à análise exploratória, para obtenção das medidas de posição (média e mediana), medida de dispersão (desvio-padrão) e medidas de forma da distribuição (coeficiente de variação), avaliado de acordo com (Gomes, 2000), sendo também realizadas análises de correlação de Pearson e teste de normalidade, verificada através dos testes de Anderson Darling e Kolmogorov Smirnov (5% de significância).

Para elaboração dos mapas temáticos da área experimental foi utilizado o software ArcGIS, onde os dados foram interpolados utilizando o interpolador inverso do quadrado da distância (IQD), interpolador determinístico univariado de médias ponderadas, ou seja, quanto mais distante um ponto observado estiver do estimado, menor será sua influência sobre o valor de inferência. Este método é considerado de acurácia satisfatória quando comparado a krigagem, podendo, em alguns casos, apresentar resultados semelhantes (SOUZA et al., 2010). Além disso a similaridade dos mapas temáticos construídos a partir dos dados coletados foi avaliada por meio de análise visual dos mapas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 01 são apresentados os valores de estatística descritiva para os atributos de fertilidade do solo nos dois anos analisados. Pode-se observar que de acordo com interpretação proposta por Souza e Lobato (2004) para os níveis de fertilidade do solo no bioma do cerrado, os valores médios dos atributos químicos da 1ª análise, apresentaram níveis muito baixo o P, baixos os atributos de K, Ca, Mg e m%, médio para CTC e V%, e adequado para pH e MO. Já os valores médios dos atributos químicos da 2ª análise, mostraram-se baixos nos atributos P, K e m%, adequadas para pH, Ca, Mg, V %, MO, e médio para CTC.

Tabela 01: Análise estatística descritiva dos dados de fertilidade do solo.

1º Análise de solo (Março/2018)									
Atributos	Máx.	Min.	Méd.	Medi.	D.P.	C.V.	Ass.	Cur.	Norm.
pH	5,50	4,37	4,92	4,91	0,30	6,07	0,02	-0,52	Sim

P (mg/dm ³)	11,86	1,56	3,85	2,29	3,05	79,27	1,76	2,01	Não
K (cmol _c /dm ³)	0,05	0,02	0,03	0,03	0,01	25,77	0,91	1,76	Não
Ca (cmol _c /dm ³)	1,00	0,40	0,68	0,60	0,15	21,43	0,68	0,39	Não
Mg (cmol _c /dm ³)	0,60	0,20	0,42	0,40	0,10	25,19	0,13	-0,29	Sim
Al (cmol _c /dm ³)	0,28	0,00	0,10	0,10	0,08	83,19	0,41	-0,63	Sim
H + Al (cmol _c /dm ³)	2,80	1,50	2,25	2,25	0,25	11,22	-0,62	2,76	Sim
SB (cmol _c /dm ³)	1,55	0,63	1,13	1,04	0,23	20,48	0,24	-0,11	Sim
CTC pH 7	3,83	3,02	3,37	3,43	0,25	7,49	-0,02	-1,36	Sim
V%	50,30	20,80	33,40	32,85	6,29	18,82	0,73	1,31	Sim
M%	23,20	0,00	8,23	7,55	6,98	84,77	0,52	-0,50	Sim
MO (g/dm ³)	16,67	9,29	12,63	12,30	2,13	16,89	0,46	-0,39	Sim

2º Análise de solo (Abril/2019)

Atributos	Máx.	Min.	Méd.	Medi.	D.P.	C.V.	Ass.	Cur.	Norm.
pH	5,85	4,45	5,10	4,97	0,43	8,53	0,52	-0,84	Sim
P (mg/dm ³)	14,25	0,09	1,80	0,71	3,14	174,76	3,25	11,35	Não
K (cmol _c /dm ³)	0,04	0,02	0,02	0,02	0,01	27,24	1,56	1,42	Não
Ca (cmol _c /dm ³)	3,70	0,90	1,30	1,10	0,70	53,73	3,03	8,50	Não
Mg (cmol _c /dm ³)	1,20	0,70	0,89	0,85	0,14	15,83	0,97	0,19	Não
Al (cmol _c /dm ³)	0,69	0,00	0,16	0,09	0,21	127,54	1,31	1,14	Não
H + Al (cmol _c /dm ³)	2,40	1,00	1,50	1,40	0,34	22,39	0,88	0,97	Sim
SB (cmol _c /dm ³)	4,92	1,62	2,21	1,93	0,80	36,19	2,79	7,44	Não
CTC pH 7	6,14	3,02	3,72	3,52	0,80	21,50	2,53	6,12	Não
V%	80,40	43,50	58,66	56,50	8,90	15,18	0,59	0,36	Sim
M%	27,70	0,00	7,09	2,45	8,65	121,95	1,02	0,11	Não
MO (g/dm ³)	21,32	9,84	13,54	12,57	3,14	23,17	1,22	0,77	Não

*pH - potencial Hidrogeniônico; P - Fósforo; K - Potássio; Ca - Cálcio; Mg - Magnésio; Al - Alumínio; H + Al - Hidrogênio + Alumínio; SB - Soma de bases; CTC - Capacidade de Troca de Cátions; MO - Matéria Orgânica; M% - Saturação por Alumínio; V % - Saturação de Bases; Mín - Mínimo; Máx. - Máximo; Méd. - Média; Medi. - Mediana; D.P. - Desvio padrão; C.V. - Coeficiente de variação; Curt. - Curtose; Ass. - Assimetria; Norm. - Normalidade, verificada através dos testes de Anderson Darling e Kolmogorov Smirnov (5% de significância).

Fonte: Própria (2020).

Segundo Dalchiavon et al. (2012) a variabilidade de um atributo pode ser classificada conforme a magnitude de seu coeficiente de variação (CV) como baixo (CV < 10%), médio

($10\% < CV < 20\%$), alto ($20\% < CV < 30\%$) e muito alto ($CV > 30\%$). Com base nos resultados apresentados na Tabela 01, pode-se observar que na 1ª análise de solo que a CTC pH 7 e o pH apresentaram CV baixo, e CV médio para os atributos H+Al, V% e MO, já para os demais atributos avaliados o coeficiente de variação foram classificados alto a muito alto, mostrando que o conjunto de dados apresenta heterocedasticidade. Já nos resultados da 2ª análise de solo pode-se observar que somente o pH, Mg e V% apresentaram CV Baixo e médio, no entanto o restante dos atributos analisados apresentaram coeficiente de variação alto a muito alto, indicando que esses atributos apresentam comportamento heterogêneo.

De acordo com trabalho realizado por Zonta et al. (2014), Bottega et al. (2015) e por Schlindwein e Anghinoni (2000), onde obtiveram comportamento semelhante sobre a fertilidade do solo. Segundo Carvalho, Takeda e Freddi (2003), isto ocorre porque a variabilidade espacial dos atributos do solo pode ser influenciada pelos seus fatores de formação, que são o material de origem, relevo, clima, organismos e tempo, e pelas práticas de manejo do solo (adubação, calagem, dentre outros). Já pelo ponto de vista de Machado, Bernardi e Silva (2004), a variabilidade da fertilidade do solo pode ser consequência do manejo de adubação e da forma de cultivo implantado na área.

Além disso, observando-se o coeficiente de variação do P nas duas análises, nota-se que em ambas análises esse nutriente demonstrou comportamento heterogêneo. Do mesmo modo Zonta et al. (2014) explicam que a alta variabilidade de teores P nos solos pode ser justificada, pelo fato da adubação ser realizada na linha de plantio o que resulta na desuniformidade na área e em razão da baixa mobilidade deste nutriente no solo.

Em conformidade com os dados apresentados na Tabela 01, pode-se observar que os atributos P, K, Ca da 1ª análise de solo não apresentaram distribuição normal, já os demais atributos da mesma análise demonstraram distribuição normal. No entanto, na 2ª análise de solo somente os atributos pH, H+Al e V% demonstraram distribuição normal, porém os demais nutrientes não obtiveram distribuição normal. Segundo Ivo e Filho (1997), a normalidade da distribuição dos dados é a premissa básica para aplicação da maioria dos testes de significância. Isso determina a necessidade de uma maior atenção a esta medida quando se comparam dados, isso indica também a validação do uso da média de tendência central de determinado conjunto de dados (CANCIAN, 2015).

Do ponto de vista de Montezano, Corazza e Muraoka (2006), devido a camada superficial de solo ser a mais afetada pelo processo de mecanização, pelas atividades de manejo da cultura e por processos de erosão superficial e lixiviação de nutrientes, é esperado que a maioria dos atributos determinados no solo não apresentem ajuste a uma distribuição normal.

De acordo com a Tabela 02, pode-se observar o coeficiente de correlação de Pearson (r) entre os atributos de fertilidade do solo das 2 análises. De acordo com Filho e Júnior (2009) uma correlação perfeita (-1 ou 1) indica que a contagem de uma variável pode ser determinada exatamente ao se saber a contagem da outra, no outro oposto, uma correlação de valor zero indica que não há relação linear entre as variáveis. Para interpretação das análises do coeficiente de correlação utilizou-se a proposta estabelecida por Dancey e Reidy (2006).

Tabela 02. Coeficiente de correlação de Pearson dos atributos avaliados.

1º Análise de solo (Março/2018)											
	pH	P	K	Ca	Mg	Al	H+Al	SB	CTC	V%	M%
P	0,12										
K	-0,11	-0,01									
Ca	0,64	0,22	0,10								
Mg	<u>0,42</u>	0,29	0,08	0,67							
Al	-0,96	-0,01	0,07	<u>-0,53</u>	-0,29						
H + Al	-0,67	-0,04	-0,01	<u>-0,57</u>	-0,21	<u>0,57</u>					
SB	<u>0,59</u>	0,27	0,13	0,94	0,88	<u>-0,46</u>	<u>-0,46</u>				
CTC pH 7	-0,12	0,21	0,11	0,29	0,60	0,14	<u>0,58</u>	<u>0,46</u>			
V%	0,71	0,20	0,07	0,93	0,74	<u>-0,57</u>	-0,74	0,93	0,11		
M%	-0,96	-0,04	0,09	-0,64	<u>-0,44</u>	0,96	<u>0,55</u>	-0,61	0	-0,68	
MO	-0,04	-0,23	0,28	0,01	0,15	-0,02	-0,02	0,09	0,06	0,07	-0,02
2º Análise de solo (Abril/2019)											
	pH	P	K	Ca	Mg	Al	H+Al	SB	CTC	V%	M%
P	0,17										
K	0,10	0,74									
Ca	<u>0,37</u>	0,10	<u>0,33</u>								
Mg	0,61	0,19	0,23	0,67							
Al	-0,80	-0,06	-0,11	-0,22	<u>-0,39</u>						
H + Al	-0,63	0,10	0,25	-0,16	<u>-0,45</u>	<u>0,47</u>					
SB	<u>0,43</u>	0,12	<u>0,34</u>	0,99	0,76	-0,26	-0,21				
CTC	0,16	0,17	<u>0,44</u>	0,93	<u>0,58</u>	-0,06	0,21	0,91			

V%	0,71	0,10	0,14	0,72	0,84	<u>-0,49</u>	-0,76	0,78	<u>0,46</u>		
M%	-0,82	-0,08	-0,15	-0,29	<u>-0,45</u>	0,99	<u>0,50</u>	<u>-0,33</u>	-0,12	<u>-0,57</u>	
MO	-0,15	0,01	0,12	-0,21	<u>-0,31</u>	-0,03	0,13	-0,23	-0,18	-0,24	0

* $\geq 0,60$ ou $r \geq -0,60$ (Correlação Forte - Em negrito); $0,30 \leq r < 0,60$ ou $-0,60 < r \leq -0,30$ (Correlação Moderada - Em itálico e sublinhado); $-0,30 < r < 0,30$ (Correlação Fraca - Fonte normal) (Dancey e Reidy, 2006); pH - potencial Hidrogeniônico; P - Fósforo; K - Potássio; Ca - Cálcio; Mg - Magnésio; Al - Alumínio; H + Al - Hidrogênio + Alumínio; SB - Soma de bases; CTC - Capacidade de Troca de Cátions; MO - Matéria Orgânica; M% - Saturação por Alumínio; V % - Saturação de Bases.

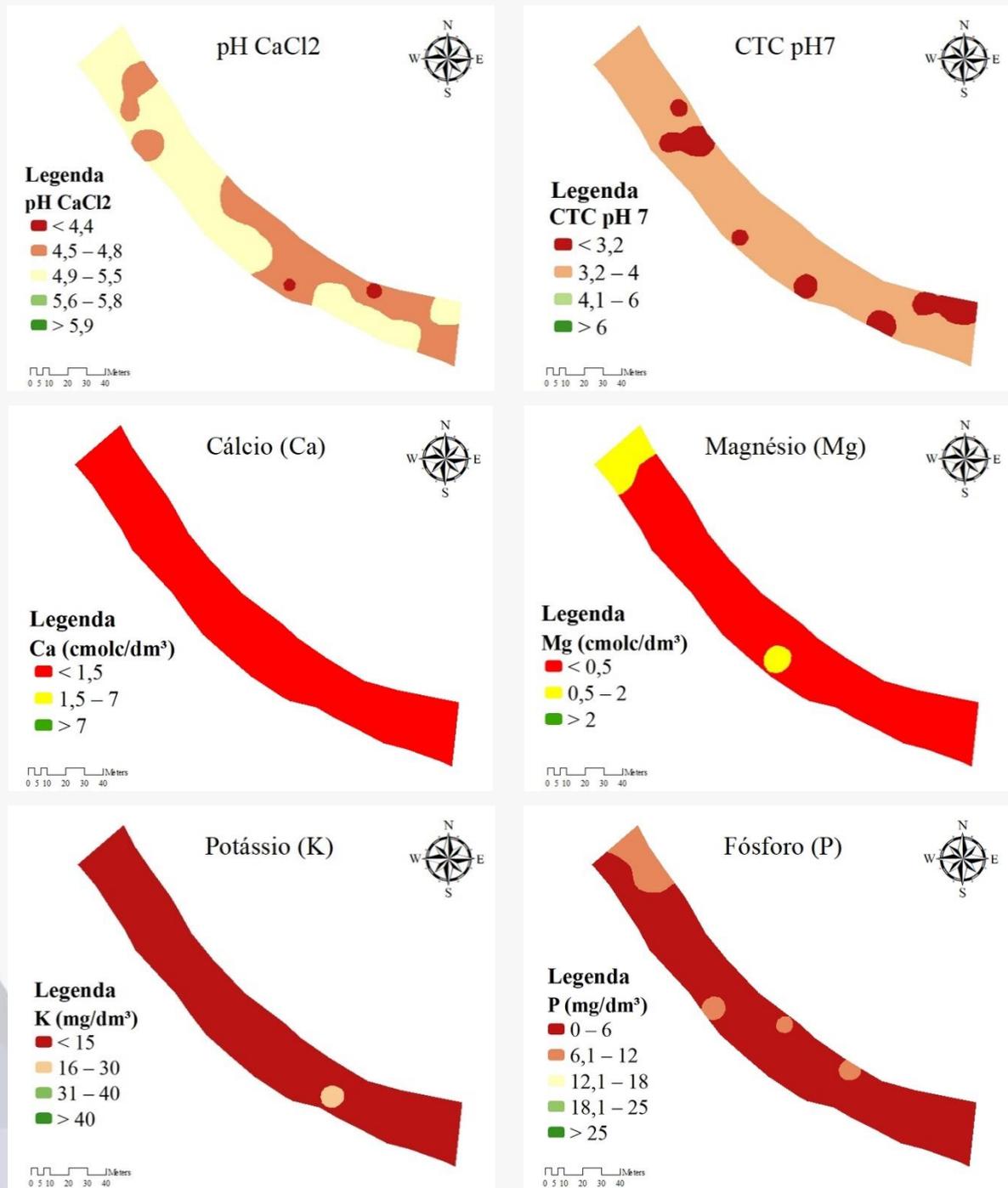
Fonte: Própria (2020).

Conforme demonstra na Tabela 02, pode-se observar que dentre os atributos avaliados da 1ª análise de solo houve correlações significativas entre o pH e os seguintes atributos do solo Mg, Ca, SB, %V, Al e %M, também houve correlação entre o Ca e os seguintes nutrientes Mg, Al, H+Al, %V, %M. Além disso, de acordo com os resultados de correlação da 2ª análise de solo, nota-se que houve correlação linear entre P e K, correlação entre o pH com os atributos de Mg, Ca, SB, %V, Al, H+Al, e %M, e também entre o Ca e as variáveis Mg, SB, CTC, %V, Cu e Zn. Resultados semelhantes foram relatados por Junior et al. (2006), Montezano, Corazza e Muraoka (2006) e por Salviano Vieira e Sparovek (1998). Segundo Gitti, Roscoe e Rizzato (2019), o baixo teor de pH do solo afeta a disponibilidade dos nutrientes essenciais para o desenvolvimento das plantas, e favorece a presença de elementos que inibem o desenvolvimento de raízes das plantas, tais como o Al.

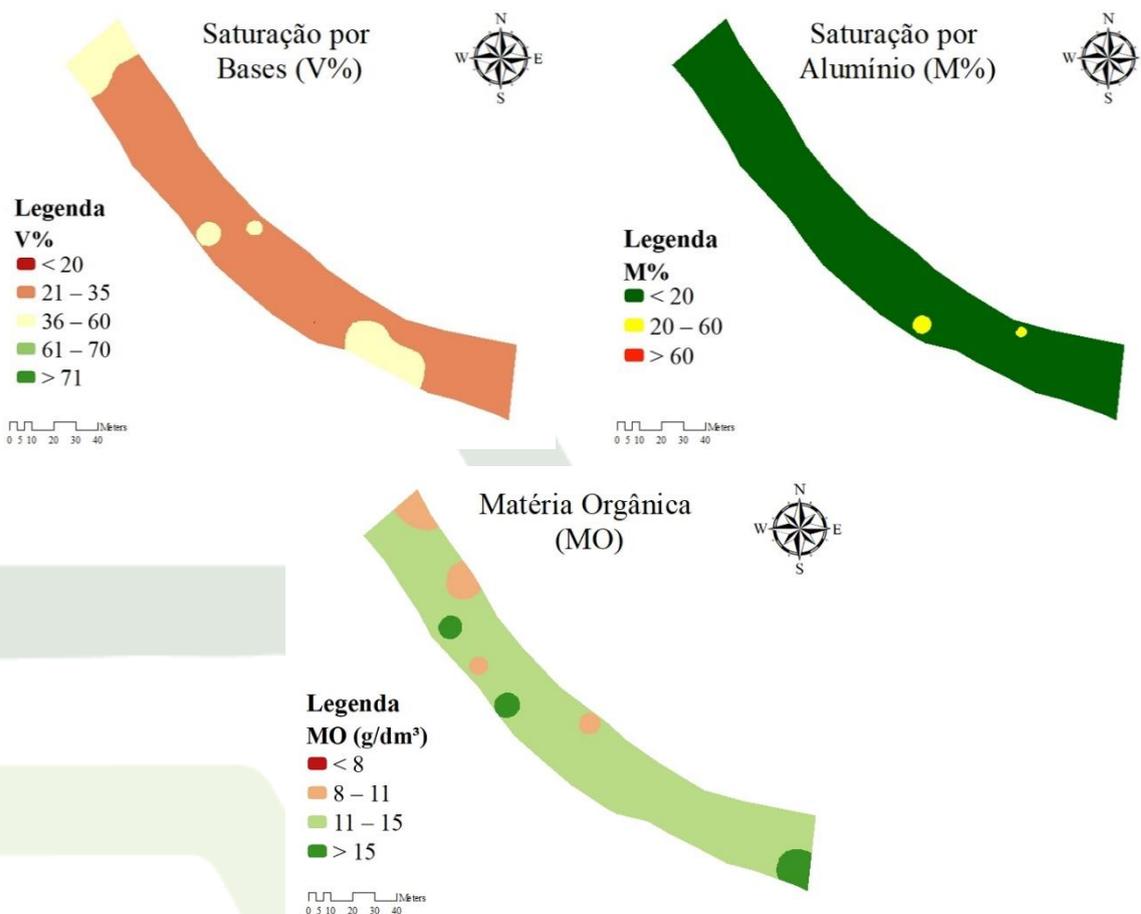
De acordo com Montezano, Corazza e Muraoka (2006), ocorre certa similaridade entre os atributos H + Al e CTC, isto pode ser explicado pelo fato de H + Al exercer influência direta no cálculo da CTC. A análise envolvendo CTC e H + Al deve ser vista com reserva, como relatam Carvalho, Takeda e Freddi (2003). É necessário lembrar que a CTC é o somatório de K, Ca, Mg e H + Al e que solos com o mesmo valor de CTC apresentarão H + Al com valores distintos, dependendo do pH.

Nas Figuras 04 e 05 são apresentados os mapas de fertilidade do solo da 1ª e 2ª análises, respectivamente. As escalas dos mapas temáticos foram elaboradas segundo a interpretação proposta por Souza e Lobato (2004).

Figura 04. Mapas de fertilidade do solo referentes a 1ª Análise química do solo.



VARIABILIDADE TEMPORAL E ESPACIAL DA FERTILIDADE DO SOLO



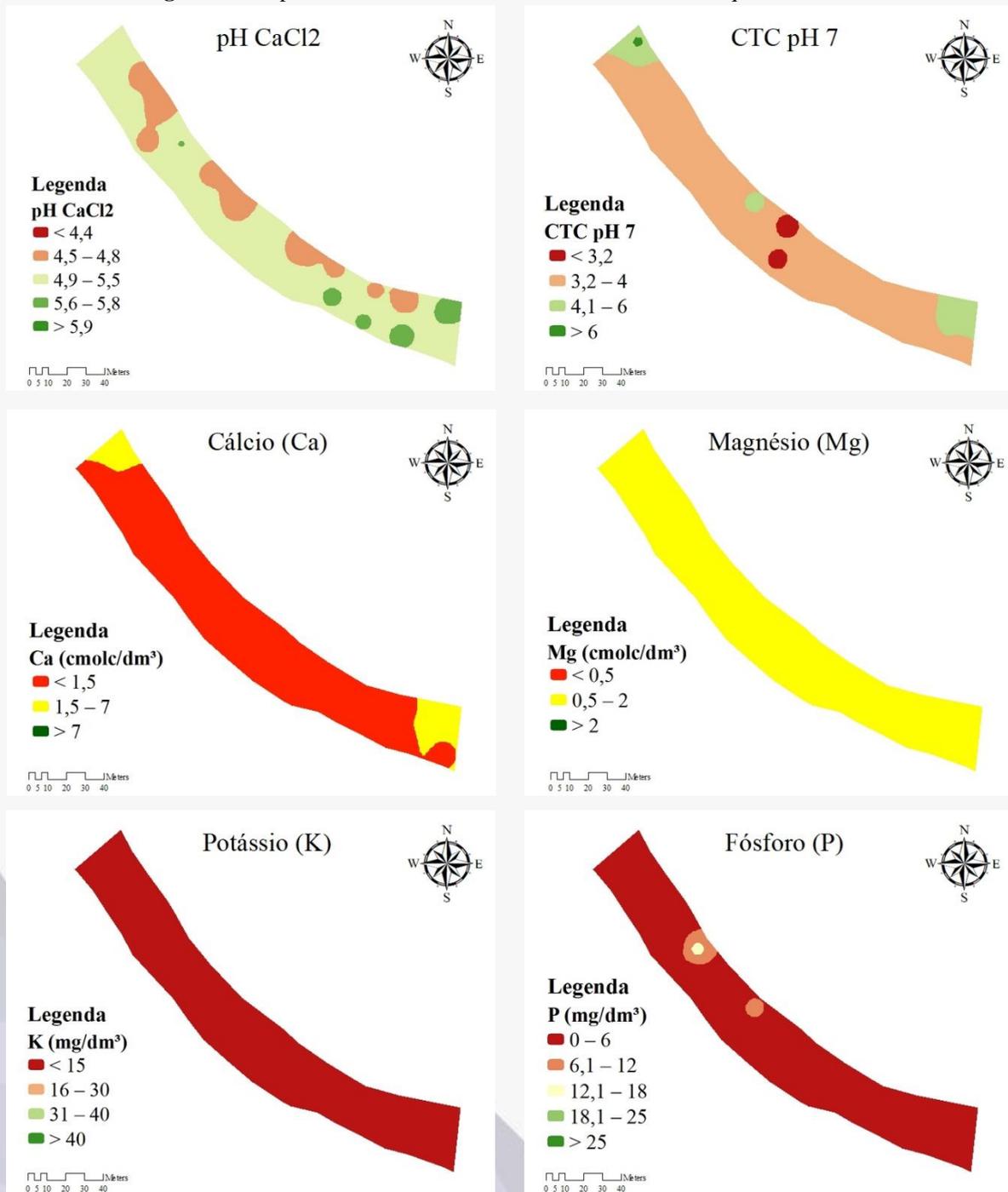
Fonte: Própria (2020)

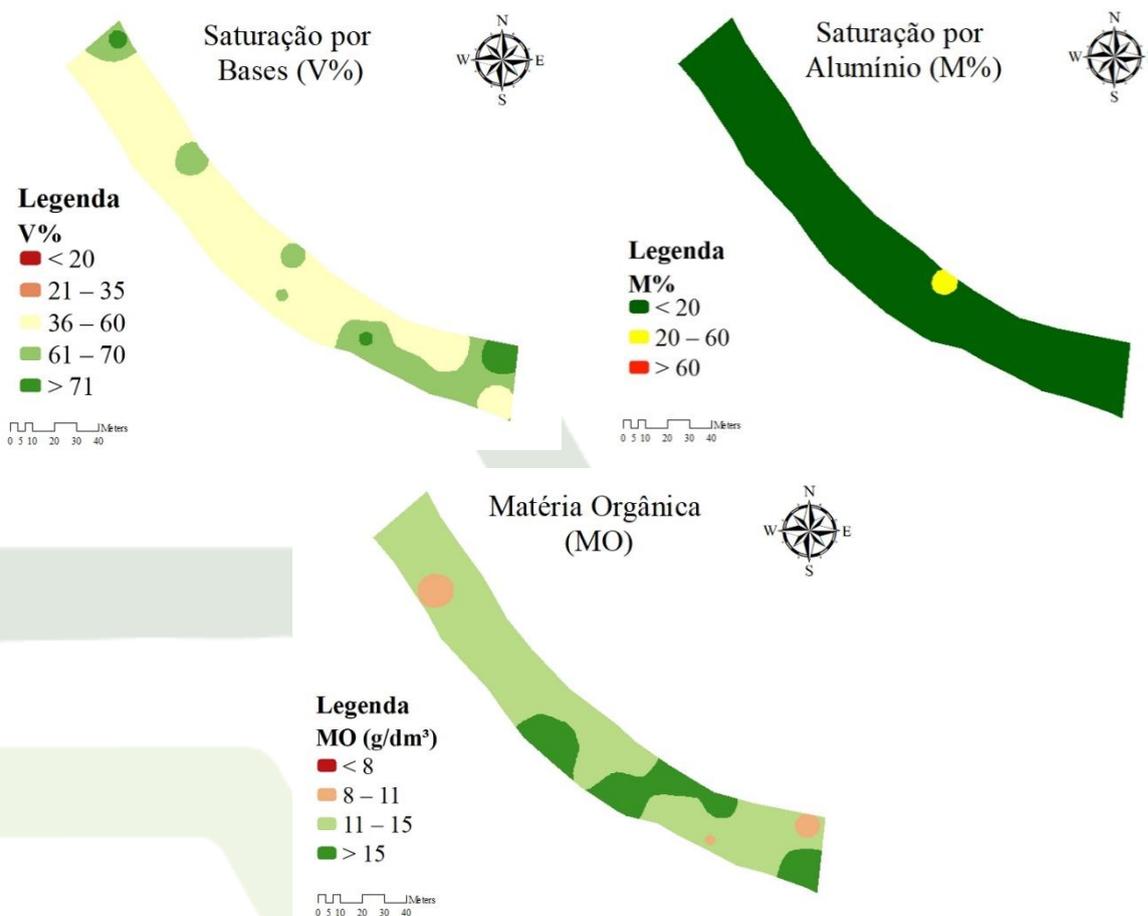
Com base nos mapas apresentados na Figura 04, nota-se que não houve variação espacial do teor de cálcio na área experimental, já nos mapas de P, K, Mg e M% demonstrou baixa variabilidade espacial, e alta variabilidade espacial nos demais mapas. De maneira geral pode-se verificar que na porção sudeste houve predominância de nível muito baixo de P, baixos teores de K, Mg, M% e Ca, teores médios de V%, pH e CTC, e teor alto de Matéria Orgânica. Já na porção nordeste observa-se baixa concentração de nutrientes como Ca, K e M%, nível de CTC médio, teores adequados de Mg, pH, V% e Matéria Orgânica, e concentração muito baixa de P. Além disso na porção central da área nota-se que ocorre baixos teores de K, Mg, M% e Ca, níveis médios de V% e CTC, adequados níveis de pH e Matéria Orgânica, e concentração muito baixa de P. Resultado similar foi relatado por Montezano et al. (2006), em estudo sobre variabilidade espacial da fertilidade do solo em área manejada homogeneamente no município de Planaltina - GO.

Do ponto de vista de Zonta et al. (2014), com base na análise da heterogeneidade dos valores de pH e V%, são indicativos de viabilidade da aplicação de calcário em taxa variável visto que bons resultados podem ser obtidos, tais como economia de calcário e melhor

uniformidade na fertilidade do solo.

Figura 05. Mapas de fertilidade do solo referentes a 2ª Análise química do solo.





Fonte: Própria (2020)

Pela Figura 05 é possível verificar que não houve variabilidade espacial dos magnésio e potássio na área experimental, já nos mapas de CTC, Ca, P e M% demonstrou baixa variabilidade espacial, e alta variabilidade espacial nos demais mapas. De maneira geral pode-se verificar que na porção sudeste obteve nível de P muito baixo, baixos teores de K e M%, valor médio de CTC, níveis adequados de Mg, pH, Matéria Orgânica e Ca, e alto nível de Saturação por Bases. No entanto na porção nordeste observa-se baixa concentração de nutrientes como Ca, K e M%, teor médio de CTC, valores adequados adequados de Mg, pH, V% e Matéria Orgânica, e concentração muito baixa de P. Já na porção central da área nota-se que ocorre baixos valores de K, M% e Ca, nível médio de CTC, adequados níveis de pH e V%, altos níveis de Matéria Orgânica e concentração de fósforo muito baixa.

Resultado semelhante foi observado por JUNIOR et al. (2006), em estudo sobre a variabilidade espacial e temporal da fertilidade do solo em área cultivada com Soja. Além disso, com base na baixa variabilidade dos teores de potássio e fósforo apresentados nos mapas das Figuras 04 e 05, pode-se afirmar que a adubação de correção destes nutrientes deve ser realizada em taxa única, tal resultado também foi relatado Zonta et al. (2014).

Além disto, realizando-se comparação temporal entre os mapas de V% e pH nas figuras 04 e 05, nota-se que há alteração nos valores desses atributos ao longo da área experimental, tal se deve a lenta reatividade do calcário, resultado semelhante foi relatado por Gitti, Roscoe e Rizzato (2019).

CONCLUSÕES

Foi possível identificar variabilidade na área experimental através da avaliação espacial e temporal da fertilidade do solo e encontrar correlação significativa entre os atributos químicos do solo.

Dentre os atributos analisados os teores de fósforo e saturação por Alumínio foram os que apresentaram maiores coeficientes de variação em ambos os períodos avaliados, e houve variações significativas nos teores de pH e V% resultantes da lenta reatividade do calcário.

O uso do mapeamento espacial e temporal dos atributos mostrou-se eficiente para identificação das áreas que necessitam de manejo diferenciado, mostrando que as técnicas de agricultura de precisão são ferramentas importantes para um tratamento adequado das áreas cultivadas.

REFERÊNCIAS

ARTUZO, F.D.; SOARES, C.; WEISS, C.R. Inovação de processo: O impacto ambiental e econômico da adoção da agricultura de precisão. **Espacios**, v. 38, n. 2, 2017.

BELLETI, S.Z.Z. **Variabilidade temporal e espacial de um latossolo vermelho em área comercial cultivada com Soja na região de Rondonópolis - MT**. 2009. 73 f. Monografia (Agronomia) - Curso de graduação em Agronomia, Pontifícia Universidade Católica do Paraná, PR. 2009.

BERNARDI, A. C. C; Et al. **Agricultura de precisão: resultados de um novo olhar**. 1.ed. Brasília, DF: Embrapa, 2014.

BERNARDI, A. C. C.; BETTIOL, G. M.; GREGO, C. R.; ANDRADE, R. G.; RABELLO, L. M.; INAMASU, R. Y. Ferramentas de Agricultura de Precisão como Auxílio ao Manejo da Fertilidade do Solo. **Cadernos de Ciência e Tecnologia**, Brasília, v. 32, n. 1/2, p. 205-221, jan./ago. 2015.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Agricultura de precisão**. Brasília: Mapa/ACS, 2009. 31 p.

BOTTEGA, E.L.; QUEIROZ, D.M.; SANTOS, N.T.; PINTO, F.A.C.; SOUZA, C.M.A. Correlação entre condutividade elétrica aparente e atributos químicos e físicos de um Latossolo. **Comunicata Scientiae**, Bom Jesus, v.6, n.2, p.134-142, Abr./Jun. 2015.

CANCIAN, L. C. **Variabilidade espacial da resistência a penetração, granulometria e umidade do solo**. 2015. 59 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Curso de Pós-graduação em Agronomia, Universidade Federal de Santa Maria, RS. 2015

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

CHERUBIN, M.R.; Et al. Amostragem de solo na agricultura de precisão. In: SANTI, L.A. **Agricultura de Precisão no Rio Grande do Sul**. 1º Ed. Santa Maria: CESPOL. 2016. 309 P.

DALCHIAVON, F.C.; Et al. Variabilidade espacial de atributos da fertilidade de um Latossolo Vermelho Distroférrico sob Sistema Plantio Direto. **Revista Ciência Agrônômica**, v.43, p. 453-461, 2012.

DANCEY, C.; REIDY, J. **Estatística sem matemática para psicologia: usando SPSS para Windows**. Porto Alegre: Artmed, 2006.

FILHO, D.B.F.; JÚNIOR, J.A.S. Desvendando os Mistérios do Coeficiente de Correlação de Pearson (r). **Revista Política Hoje**, v. 18, n. 1, 2009.

GITTI, D.C.; ROSCOE, R.; RIZZATO, L.A. Manejo e fertilidade do solo para Soja. In: LOURENÇÃO, A.L.F.; Et al. **Tecnologia e produção: Safra 2018/2019**. Maracaju: Midiograf. 2019. 198 p.

GOMES, F.P. **Curso de estatística experimental**. 14ª ed. Piracicaba, Degaspari. 2000. 477p.

IVO, C.T.C.; FILHO, A.A.F. **Estatística pesqueira: Aplicações em engenharia de pesca**. Fortaleza, Tom Gráfica, 1997. 193 p.

JUNIOR, A.R.; Et al. Variabilidade espacial e temporal de atributos químicos do solo e da produtividade da soja num sistema de agricultura de precisão. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, MG, v.14, n.3, 156-169, Jul./Set, 2006.

KLINK, C. A.; MACHADO, R. B. A conservação do cerrado brasileiro. **Revista Megadiversidade**, v. 01, n. 01, p. 147-155, 2005.

MACHADO, P.L.O.A.; BERNARDI, A.C.C.; SILVA, C.A. **Agricultura de precisão para o manejo da fertilidade do solo em sistema plantio direto**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2004. 209p.

MIRANDA, A.C.C.; VERRÍSSIMO, A.M.; CEOLIN, A.C. Agricultura De Precisão: Um Mapeamento Da Base Da Scielo. **Revista Gestão.Org**, Edição Especial, v. 15, p. 129-137, 2017.

MOLIN, J. P.; AMARAL, L. R. do; COLAÇO, A. F. **Agricultura de precisão**. São Paulo: Oficina de Textos, 2015. 238 p.

MOLIN, J. P. Agricultura de Precisão: Números do Mercado Brasileiro. **USP - Laboratório de Agricultura de Precisão**, Piracicaba - SP, 2017.

MONTEZANO, Z.F.; CORAZZA, E.J.; MURAOKA, T. Variabilidade espacial da fertilidade do solo em área cultivada e manejada homogeneamente. **Revista Bras. Ci. Solo**, 30:839-847, 2006.

SALVIANO, A.A.C.; VIEIRA, S.R. & SPAROVEK, G. Variabilidade espacial de atributos de solo e de *Crotalaria juncea* L. em área severamente erodida. **Revista Bras. Ci. Solo**, 22:115-122, 1998

SANTOS, H. G.; et al. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5. Brasília: 2018. 355 p.

SANTOS, H.L. & VASCONCELLOS, C.A. Determinação do número de amostras de solo para análise química em diferentes condições de manejo. **R. Bras. Ci. Solo**, 11 : 97-100, 1987.

SCHLINDWEIN, J. A.; ANGHINONI, I. Variabilidade espacial de atributos de fertilidade e amostragem de solo no sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência de Solo**, Viçosa, v. 24, n.1, p. 85-91, 2000.

SILVA, P. C. M.; CHAVES, L. H. G. Avaliação e variabilidade espacial de fósforo, potássio e matéria orgânica em Alissolos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 5, n. 3, p. 431-436, 2001.

SILVEIRA, P.M.; ZIMMERMANN, F.J.P.; SILVA, S.C.; CUNHA, A.A. Amostragem e variabilidade espacial de características químicas de um Latossolo submetido a diferentes sistemas de preparo. **Pesq. Agropec. Bras.**, 35 : 2057-2064, 2000.

SOUZA, D.M.G.; LOBATO E. **CERRADO** correção do solo e adubação.2.ed. Brasília, DF: Embrapa Informação tecnológica, 2004.416p.

SOUZA, G.S. de et al. Krigagem ordinária e inverso do quadrado da distância aplicados na especialização de atributos químicos de um argissolo. **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 11, n. 1, 2010. p 73 – 81.

Werner, V.; Schlosser, J. F.; Rozin, D.; Pinheiro, E. D.; Dornelles, M. E. C. Aplicação de fertilizantes a taxa variável em agricultura de precisão variando a velocidade de deslocamento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.11, p.658- 663, 2007.

ZONTA, J.H. et. al. Variabilidade espacial da fertilidade do solo em área cultivada com algodoeiro no Cerrado do Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.18, n.6, p.595–602, 2014.