

## **CADASTRO E MONITORAMENTO ESPAÇO-TEMPORAL DA ESTRUTURA DO SOLO.**

### *Registration and Space Temporal Monitoring of the Soil Structure*

**Lucas Nascimento Brum**

**URI – Campus Santiago-RS**

Laboratório de Sólidos – URI – Campus Santiago-RS  
Avenida Batista Bonoto Sobrinho, nº 733, Santiago-RS, 97700-000  
Lucasbrum13@hotmail.com

**Julio César Wincher Soares**

**URI – Campus Santiago-RS**

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

**Claiton Ruviano**

**URI – Campus Santiago-RS**

Laboratório de Sólidos – URI – Campus Santiago-RS  
Avenida Batista Bonoto Sobrinho, nº 733, Santiago-RS, 97700-000  
Ruviano@urisantiago.com.br

**Jéssica Santi Boff**

**URI – Campus Santiago-RS**

Laboratório de Sólidos – URI – Campus Santiago-RS  
Avenida Batista Bonoto Sobrinho, nº 733, Santiago-RS, 97700-000  
Jessica\_santiboff@hotmail.com

**Daniel Nunes Krum**

**URI – Campus Santiago-RS**

Laboratório de Sólidos – URI – Campus Santiago-RS  
Avenida Batista Bonoto Sobrinho, nº 733, Santiago-RS, 97700-000  
Daniel.krum@hotmail.com

**Higor Machado de Freitas**

**URI – Campus Santiago-RS**

Laboratório de Topografia e Geodésia – URI – Campus Santiago-RS  
Avenida Batista Bonoto Sobrinho, nº 733, Santiago-RS, 97700-000  
Higormfreitasagro@gmail.com

**Pedro Maurício Santos dos Santos**

**URI – Campus Santiago-RS**

Laboratório de Topografia e Geodésia – URI – Campus Santiago-RS  
Avenida Batista Bonoto Sobrinho, nº 733, Santiago-RS, 97700-000  
P\_mauriciosantos@hotmail.com

**Matheus Ribeiro Gorki**  
**URI – Campus Santiago-RS**Laboratório de Topografia e Geodésia – URI – Campus Santiago-RS  
Avenida Batista Bonoto Sobrinho, nº 733, Santiago-RS, 97700-000  
Matheusgorski3@gmail.com**Resumo:**

O uso indiscriminado dos recursos do solo põe em risco a sustentabilidade da agricultura. A tecnologia vem sendo um aliado no manejo e conservação do solo e da água, por meio do cadastro e monitoramento é possível restringir ao necessário as técnicas utilizadas, evitando desperdícios. Objetivou-se a construção de um cadastro para o monitoramento da variabilidade espaço-temporal dos componentes da estrutura de Neossolos. Para isso, foram realizadas prospecções por meio de 52 pontos de uma malha fixa, multitemporal (2016, 2017 e 2018), com intervalos regulares de 15 m, na profundidade de 0,0 – 0,20 m, numa área de 1,17 ha. Durante as prospecções foram coletadas amostras indeformadas para a determinação da densidade do solo (DS), da porosidade total (PT), da macroporosidade (MACRO) e da microporosidade (MICRO). De posse dos resultados, foi realizada a análise estatística descritiva, de correlação Pearson e geoestatística para as diferentes variáveis estudadas, nos diferentes momentos. Foi observada a variabilidade espaço-temporal dos componentes da estrutura de Neossolos, após a inserção da cultura da soja, com preparo convencional e cultivo mínimo, sob o campo nativo. As propriedades físicas dos solos apresentaram relações espaciais em sua distribuição na paisagem, nos diferentes momentos de avaliação. A densidade amostral mostrou-se de grande importância para a predição acurada das variáveis. Inicialmente, os diferentes preparos do solo para a inserção da cultura da soja contribuíram para a redução da macroporosidade dos solos, com valores restritivos para o desenvolvimento adequado da maioria das culturas agrícolas.

**Palavras-chave:** Pedometria; manejo e conservação do solo; agricultura digital; desenvolvimento tecnológico e o CT.

**Abstract**

The indiscriminate use of land reclamation puts the sustainability of agriculture at risk. The technology has been an ally without management and conservation of soil and water, through the cadastre and monitoring it is necessary to restrict itself to the necessary as techniques used, avoiding waste. The objective of this work was to construct a registry for the monitoring of the spatio-temporal variability of the components of the Neossolos structure. In order to do this, we performed surveys using 52 points of a fixed, multitemporal mesh (2016, 2017 and 2018). With regular intervals of 15 m, in the depth of 0.0 - 0.20 m, in an area of 1.17 ha. During the surveys, undisturbed samples were collected for the determination of soil density (DS), total porosity (PT), macroporosity (MACRO) and microporosity (MICRO). With the results, descriptive statistical analysis, Pearson correlation and geostatistics were performed for the different variables studied at different times. The spatial and temporal variability of the components of the Neosols structure was observed after the insertion of the soybean crop, with conventional tillage and minimum tillage under the native field. The physical properties of the soils presented spatial relationships in their distribution in the landscape, in the different moments of evaluation. The sample density was of great importance for the accurate prediction of the variables. Initially, the different soil preparation for the insertion of the soybean crop contributed to the reduction of macroporosity of soils, with values restrictive for the adequate development of most agricultural crops.

**Keywords:** Pedometer; management and conservation of soil; digital agriculture; technological development and TC.

**1. INTRODUÇÃO**

A medida que nos deparamos com novas instrumentações geotecnológicas, vem oportunidade para o desenvolvimento de um monitoramento mais intensivo no uso dos recursos do solo. A rápida evolução dos métodos e instrumentos para aquisição, armazenamento, recuperação, acessibilidade, análises e distribuição de dados vem se tornando indispensável para os estudos da ciência do solo nos últimos anos, tendo facilitado o monitoramento e a avaliação dos seus componentes e processos (BAUMGARDNER, 1999).

Nos próximos anos, a agricultura será desafiada a ter patamares de eficiência até há pouco inimagináveis. Para atender à demanda, terá de se produzir 70% a mais, do que é produzido hoje. Portanto, será preciso impactar ainda mais os já combalidos recursos naturais. A demanda por água deverá subir 45%. As reservas mundiais de solo agrícola estão se esgotando, e 30% do que está em uso sofre devido à erosão e à má utilização (AMADO, 2014).

Para o monitoramento do uso do solo vem sendo utilizado como uma importante ferramenta o cadastro técnico, que se mostra fundamental para a gestão territorial (ERBA et al, 2005). Por meio de técnicas de agricultura de precisão, que visa um conceito de manejo de solo voltado a produção sem desperdícios, por meio de princípios de gerenciamento agrícola de dados, que englobam as variabilidades espaciais e temporais da produtividade e dos fatores de produção. A adoção desta tecnologia é justificada pelo fato de grande parte dos produtores, por falta de informação ou recursos, considerar o solo homogêneo para cada área de cultivo (MERCANTE, 2003).

No que tange a ciência do solo, a relação entre os elementos minerais e orgânicos promove a organização e acomodamento das partículas no solo, resultando em melhorias na sua qualidade física. As relações destas propriedades com as fases líquidas e gasosas do solo interferem na atividade biológica do mesmo. Sendo assim, solos com boa estrutura, possuem valores adequados de porosidade, com boa aeração, infiltração e retenção de água, beneficiando a alongação radicular e o desenvolvimento das culturas.

A fertilidade do solo, conceitualmente, é a sua capacidade de fornecer nutrientes, em quantidade e proporção adequadas às plantas, na ausência de elementos tóxicos, para o seu desenvolvimento e produtividade; essencialmente, um conceito restrito às condições químicas do solo (NICOLODI et al., 2008).

A avaliação da fertilidade do solo, definida com base no conceito mineralista, é realizada apenas com a interpretação dos resultados de algumas propriedades químicas determinadas em amostras deformadas de solo. Com base nos resultados dessa análise, são recomendados corretivos, fertilizantes e adubos para manter ou incrementar a fertilidade dos solos e, por conseguinte, elevar a produção vegetal (ANGHINONI, 2005). Porém, negligencia-se o estudo da qualidade das propriedades físicas e biológicas dos solos.

Para a análise da variabilidade espacial é utilizada a geoestatística, que se define como a parte da estatística que desenvolve e aplica modelos para representar fenômenos naturais, na qual as propriedades variam de acordo com a localização espacial dos pontos de medição (MEIRELLES et al., 2007).

A geoestatística descreve a variabilidade espacial dos diferentes componentes da estrutura dos solos, permitindo a geração de subsídios e prognósticos para a utilização de práticas conservacionistas nos locais adequados e com magnitudes exatas. A geoestatística mostra-se como a mais completa e a melhor ferramenta para a análise da variabilidade espacial (VIERA, 2000).

O cadastro e monitoramento espaço-temporal visa analisar as propriedades físicas do solo afim de avaliar e corrigir possíveis inconformidades dos mesmos, auxiliando assim em melhorias na estrutura dos solos, produtividade das culturas e também ampliando o conhecimento destas variabilidades com o decorrer do tempo.

O presente estudo teve como objetivo a elaboração de um cadastro e monitoramento espaço-temporal da estrutura de Neossolos.

## 2. METODOLOGIA

O trabalho foi realizado no município de Santiago, no Vale do Jaguari, RS, na Fazenda Escola da Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, Campus de Santiago, com coordenadas centrais UTM 705.589 E e 6.769.112 S (SIRGAS2000, zona 21 J).

Conforme o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2013), na catena em estudo, desenvolvem-se polipedons de NEOSSOLOS LITÓLICOS Distróficos e NEOSSOLOS REGOLÍTICOS Distróficos, com grande contribuição da fração silte para a composição textural, tendo como classificação franco silteoso (silte  $560 \text{ g kg}^{-1}$ , areia  $240 \text{ g kg}^{-1}$ , argila  $200 \text{ g kg}^{-1}$ ), em com 1,17 ha. Inicialmente, a ocupação do solo era constituída por campo nativo, com mais de três décadas de estabelecimento. Em 2017, foi realizada a inserção da cultura da soja, em plantio convencional. Posteriormente, em 2018, a cultura da soja foi inserida sob cultivo mínimo.

Nos diferentes momentos (2016, 2017 e 2018), foram realizadas prospecções por meio de 52 pontos de uma malha, com intervalos regulares de 15 m, na profundidade de 0,0 – 0,20 m (Figura 1).

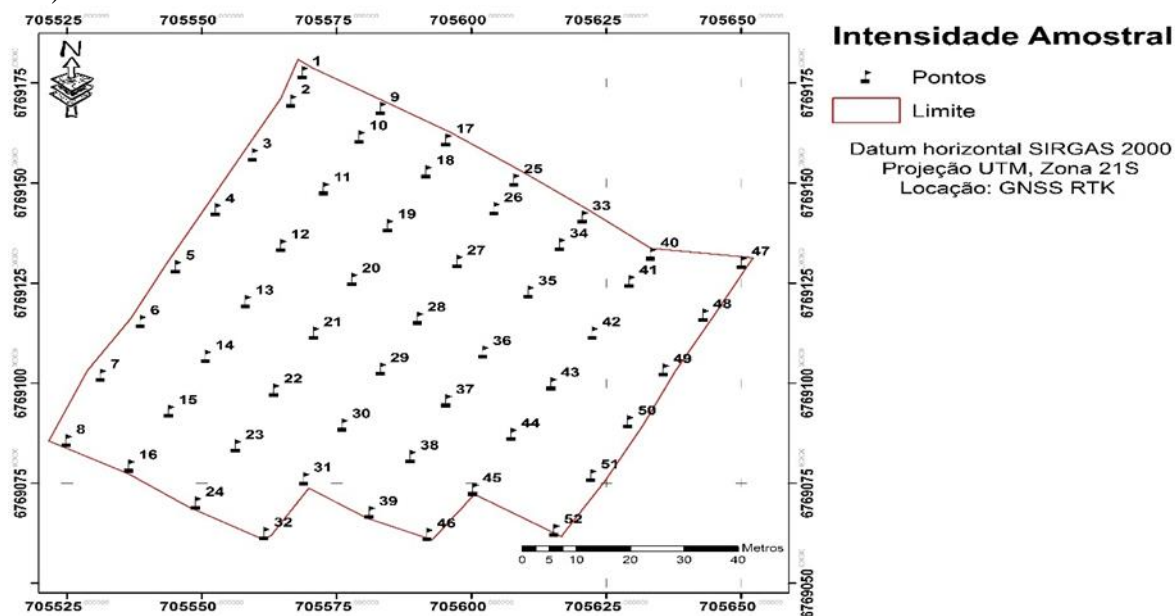


Figura 1 - Mapa amostral da distribuição espacial dos pontos de prospecção.

Para alocação dos pontos foi empregado um receptor GNSS (*Global navigation Satellite System*) Leica modelo Viva GS15, com dupla frequência (L1/L2) e disponibilidade de Real Time Kinematic (RTK), utilizando o datum horizontal SIRGAS2000.

Durante as prospecções foram coletadas amostras indeformadas para a determinação da densidade do solo (DS), da porosidade total (PT), da macroporosidade (MACRO) e da microporosidade (MICRO), as análises laboratoriais foram realizadas conforme (DONAGEMA, 2011).

A variabilidade do solo foi, primeiramente, avaliada pela análise estatística descritiva. A normalidade dos dados foi testada pelo teste de Kolmogorov-Smirnov, ao nível de 5% de significância. Já o coeficiente de variação (CV) foi classificado segundo (WARRICK; NIELSEN, 1980) que considera variabilidade baixa ( $CV < 12\%$ ); média ( $12\% < CV < 60\%$ ) e alta ( $CV > 60\%$ ).

Utilizando-se a geoestatística, foram realizados os ajustes dos modelos de semivariogramas aos dados, sendo definidos os seguintes parâmetros: efeito pepita, patamar e alcance. Posteriormente, o grau de dependência espacial (IDE) foi classificado conforme Cambardella et al. (1994) (Figura 2).

Em seguida, os mapas das diferentes propriedades físicas do solo foram gerados utilizando o interpolador de krigagem ordinária do ArcGIS® 10.5.1. (ArcToolbox → Geostatistical Analyst → Assistente de geoestatística → Geostatistical Methods → Kriging → Kriging type → Ordinary). O estimador de krigagem ordinária é descrito por Trangmar et al. (1985), com a seguinte equação:  $\hat{Z}(x_0) = \sum_{i=1}^n \lambda_i Z(x_i)$ , em que:  $\hat{Z}(x_0)$  é a estimativa de krigagem para o local  $x_0$  não amostrado;  $Z(x_i)$  valor obtido por amostra coletada a campo;  $n$  corresponde ao número de amostras vizinhas; e  $\lambda_i$  são os pesos da krigagem atribuídos aos valores vizinhos  $Z(x_i)$  para estimar  $\hat{Z}(x_0)$  (CARAM, 2007) (Figura 2).

Posteriormente, gerou-se mapas multitemporais utilizando o algoritmo de krigagem ordinária, para permitir o maior detalhamento espacial e temporal das propriedades estudadas (Figura 2).

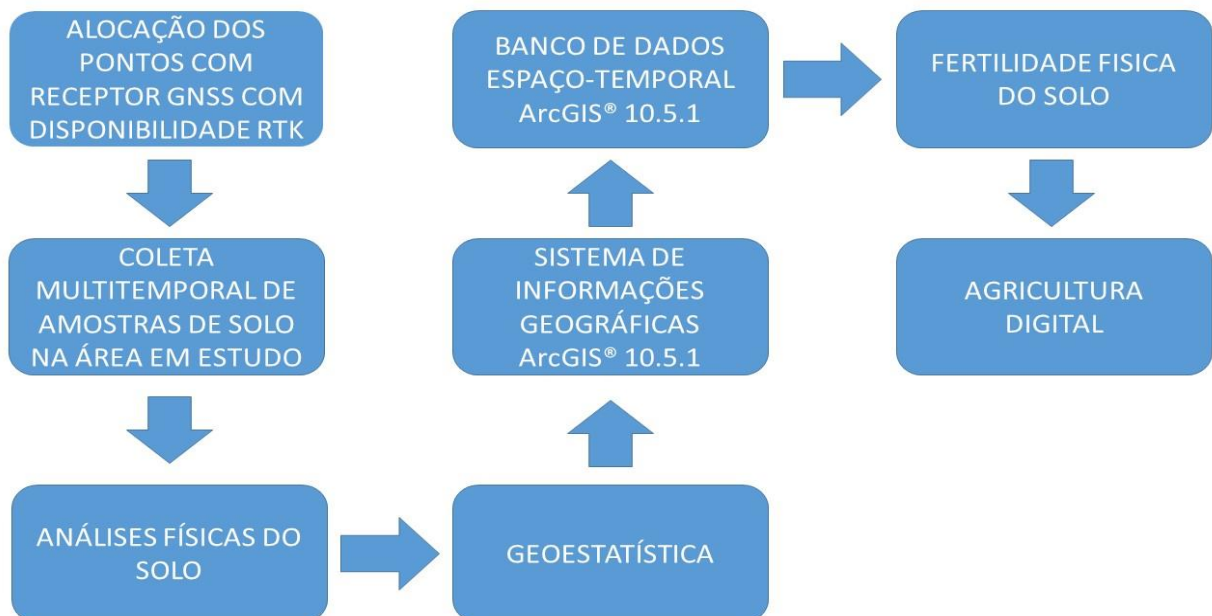


Figura 2 – Fluxograma descritivo das rotinas de trabalho.

### 3. RESULTADO E DISCUSSÃO

A análise estatística descritiva revela que todos os resultados das propriedades avaliadas apresentam distribuição normal, conforme o teste de Kolmogorov-Smirnov, ao nível de 5% de significância (TABELA 1).

De acordo com a análise estatística básica, os solos sob campo nativo apresentaram DS média de 1,34 g cm<sup>-3</sup>, variando entre 0,99 e 1,55 g cm<sup>-3</sup>; a PT teve média de 48,16 %, variando entre 34,18 e 62,91 %. Da PT, a MACRO teve média de 10,52 %, variando entre 1,23 e 16,99 %. Por fim, a MICRO teve média de 37,64 %, variando entre 31,66 e 45,93 %. O Coeficiente de Variação (CV) indicou baixa dispersão para os dados de DS, PT e MICRO, e média dispersão para a MACRO (TABELA 1).

Para o solo cultivado com soja, com preparo convencional a DS média resultou em 1,21 g cm<sup>-3</sup>, variando entre 1,00 e 1,43 g cm<sup>-3</sup>, a PT teve média de 54,03 %, oscilando entre 45,55 e 62,00 %. Para a MACRO a média foi baixa (7,30 %), com valores entre 1,17 e 19,27 %. Finalmente, a MICRO teve média de 46,73 %, variando entre 34,42 e 54,78 %. A DS, PT e a MICRO apresentaram baixa dispersão nos dados, já a MACRO média dispersão (TABELA 1).

Já para o solo cultivado sob cultivo mínimo, a DS média foi de 1,31 g cm<sup>-3</sup>, alternando entre 1,19 e 1,44 g cm<sup>-3</sup>, os valores de PT variaram entre 39,12 a 60,26 %, com média de 46,75 %. Para a MACRO, o valor da média foi baixo (8,65 %), com valores entre 1,05 a 17,79 %. Por fim, a MICRO teve média de 38,10 %, com valores alternando entre 34,19 e 45,58 %. A MACRO apresentou baixa dispersão, já os demais atributos apresentaram baixa dispersão (TABELA 1).

Tabela 1 - Análise estatística descritiva das propriedades físicas de NEOSSOLOS, sob campo nativo (2016), após a inserção da cultura da soja, com preparo convencional (2017) e cultivo mínimo (2018).

Propriedade	Pontos	Mínimo	Máximo	Média	Desvio Padrão	CV (%)	K-S	SIG
<u>Campo Nativo</u>								
DS (g cm <sup>-3</sup> )	52	0,99	1,55	1,34	0,10	8,00	0,01	1,00
PT (%)	52	34,18	62,92	48,16	4,68	10,00	0,07	0,69
MACRO (%)	52	1,23	16,99	10,52	3,55	34,00	0,11	0,09
MICRO (%)	52	31,66	45,93	37,64	2,69	7,00	0,08	0,62
<u>Plantio Convencional</u>								
DS (g cm <sup>-3</sup> )	52	1,00	1,43	1,21	0,12	7,50	0,85	0,46
PT (%)	52	45,55	62,00	54,03	5,64	6,40	0,86	0,45
MACRO (%)	52	1,17	19,27	7,30	4,36	47,80	0,63	0,82
MICRO (%)	52	34,42	54,78	46,73	4,37	6,00	0,81	0,53
<u>Cultivo Mínimo</u>								
DS (g cm <sup>-3</sup> )	52	1,19	1,44	1,31	0,06	4,58	0,50	0,96
PT (%)	52	39,12	60,26	46,75	4,71	10,07	0,47	0,98
MACRO (%)	52	1,05	17,79	8,65	3,42	39,54	0,48	0,97
MICRO (%)	52	34,19	45,58	38,10	2,73	7,17	0,83	0,49

DS: Densidade do solo ( $\text{g cm}^{-3}$ ). PT: Porosidade Total (%). MACRO: Macroporosidade (%). MICRO: Microporosidade (%). CV (%): Coeficiente de Variação. K-S: Teste de Kolmogorov-Smirnov. SIG: Significância (5%)

Segundo Kiehl (1979), valores de PT menores que 50%, indicam alguma restrição ao desenvolvimento radicular das culturas. Em complemento, de acordo com Ranzani, (1969) o espaço poroso abrange de 30 a 60% do volume do solo, assim considerando os valores médios da PT no presente estudo, nos diferentes momentos pode-se inferir que a mesma esteve próxima ao adequado nos diferentes sistemas.

Quanto a MICRO, de acordo com Pedron et al. (2011) analisando NEOSSOLOS, encontraram um valor médio de 33% como sendo ideal para a retenção de água e trocas gasosas. A DS obteve o mesmo padrão apresentando valores distantes da densidade crítica ( $1,55 \text{ g cm}^{-3}$ ), (REINERT et al., 2001) (TABELA 1).

Em relação a MACRO, observa-se a sua redução com o passar do tempo. Sendo que a MACRO se torna restritiva no ano de 2017 e se mantém em 2018, tendo em vista que, segundo Thomasson (1978), valores de porosidade de aeração abaixo de 10 – 15 %, restringem o desenvolvimento da maioria das culturas (TABELA 1).

De acordo com Reinert e Reichert (2006), a classe textural é determinada pela distribuição do tamanho de partículas e juntamente com o tipo de argila afetam outras propriedades físicas como a drenagem e a retenção de água, a aeração e a consistência dos solos. Nos solos analisados, há a predominância de silte, o que influencia diretamente na redução da MACRO, em consequência do solapamento das partículas. Pois, os solos apresentam baixa contribuição de argila e da matéria orgânica para a fase sólida; conforme Hillel (1980), estas frações atuam como agente cimentante na estrutura do solo. Cabe salientar que, em 2017, foram mensuradas perdas dramáticas de matéria orgânica nos solos em estudo (KRUM et al., 2017).

A análise de geoestatística das propriedades físicas dos solos, em 2016, indica que, os dados de DS, MACRO e MICRO se ajustaram ao modelo Gaussiano, já para PT o ajuste se deu ao modelo Stable. Com valores respectivos de alcance de: 113,51 m, 93,85 m, 27,50 m e 96,51 m (TABELA 2).

Em 2017, os dados de DS e MICRO seguiram com o ajuste ao modelo Gaussiano, com valores respectivos de 24,25 m e 25,71 m. Para os dados de MACRO, o ajuste se deu ao modelo exponencial, e os dados de PT se ajustaram ao modelo Stable, com alcance de 18,77 e 24,25 m, respectivamente (TABELA 2).

Já para o ano de 2018, a DS, PT, MACRO e MICRO seguiram com o ajuste ao modelo Stable, com valores de alcance de 44,13; 28,84; 31,56 e 27,50 m, respectivamente (TABELA 2).

Os alcances nos diferentes momentos de estudo, indicam que a malha amostral, com equidistância de 15 m contribuiu para predição acurada das propriedades, de acordo com Panosso et al. (2008), o alcance é um parâmetro essencial do semivariograma.

A classificação do grau de dependência espacial indica que, a grande maioria das propriedades em estudo apresentou forte dependência espacial, nos diferentes momentos, com exceção da MACRO e da PT, que apresentaram dependência espacial moderada em 2016 (TABELA 2).

Tabela 2 - Modelos de semivariogramas ajustados para de densidade do solo (DS), para a porosidade total (PT), para macroporosidade (MACRO) e para a microporosidade (MICRO) de Neossolos, sob campo nativo (2016) e após a inserção da cultura da soja, com preparo convencional (2017) e cultivo mínimo (2018).

Parâmetros	DS	MACRO	MICRO	PT
<u>Campo Nativo</u>				
Modelo	Gaussiano	Gaussiano	Gaussiano	Stable
Alcance	113,51	93,85	27,50	96,51
Patamar	0,01	9,00	6,67	15,93
Pepita	0,00	6,08	1,29	11,91
M	-0,001	-0,038	0,068	0,026
RMS	0,090	3,215	2,412	3,791
MS	-0,003	-0,007	0,025	0,006
RMSS	0,993	1,001	0,977	0,984
ASE	0,090	3,209	2,420	3,861
DE	Forte	Mod.	Forte	Mod.
GDE (%)	0,00	67,63	19,42	74,77
<u>Plantio Convencional</u>				
Modelo	Gaussiano	Exponencial	Gaussiano	Stable
Alcance	24,25	18,77	25,71	24,25
Patamar	1,23	0,96	1,22	1,17
Pepita	0,07	0,00	0,01	0,09
M	-0,001	0,046	-0,067	0,040
RMS	0,080	3,399	2,235	3,051
MS	-0,007	0,012	-0,022	0,008
RMSS	0,979	1,031	0,956	0,961
ASE	0,081	3,334	2,313	3,157
DE	Forte	Forte	Forte	Forte
GDE (%)	6,10	0,00	0,10	8,12
<u>Cultivo Mínimo</u>				
Modelo	Stable	Stable	Stable	Stable
Alcance	44,13	27,5	31,56	28,84
Patamar	0,005	0,2	6,92	23,04
Pepita	0,00	0,00	0,00	0,00
M	0,001	0,006	0,033	0,079
RMS	0,062	3,624	2,416	4,828
MS	0,017	0,001	0,011	0,015
RMSS	0,985	1,011	0,96	0,999
ASE	0,064	3,592	2,526	4,849
DE	Forte	Forte	Forte	Forte
GDE (%)	0	0	0	0

DS: Densidade do solo ( $\text{g cm}^{-3}$ ). PT: Porosidade Total (%). MACRO: Macroporosidade (%). MICRO: Microporosidade (%). M: Média. RMS: Raiz Quadrada Média. MS: Média Padronizada. RMSS: Raiz Quadrada Média Padronizada. ASE: Erro Médio Padrão.

Conforme a figura 2, relacionando os mapas de distribuição espacial das diferentes propriedades físicas dos solos, nos diferentes momentos, observa-se na paisagem que, o espaço poroso e seus diferentes compartimentos relacionam-se com a DS, sendo possível inferir que, quanto maior a DS, menor será a PT e o volume de macroporos, corroborando com Reinert e Reichert (2006).

O coeficiente de correlação de Pearson varia de 1 a -1, relacionando o espaço poroso com a densidade do solo, desta forma, pode-se avaliar que valores positivos indicam que uma propriedade em específico aumenta em função de outra e, valores negativos indicam o contrário.

No campo nativo, correlacionando o espaço poroso e seus diferentes compartimentos com a DS, é possível inferir que quanto maior a DS, menor será a PT e o volume de MACRO, sem causar efeitos na MICRO (Tabela 3), corroborando com as observações de Mentges et al. (2010).

Quanto ao plantio convencional é possível concluir que, a DS apresentou correlação negativa com a PT e conseqüentemente, com a MICRO e a MACRO, no que refere-se a PT, esta propriedade apresentou correlação positiva com a MACRO e a MICRO (Tabela 3).

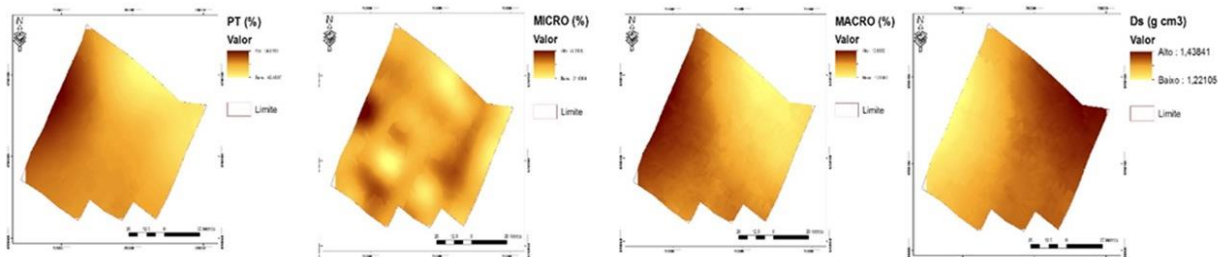
No que tange ao cultivo mínimo conclui-se que quando maior o valor da DS menor será o de PT e MACRO. Também, pode-se inferir que com a elevação da PT, ocorre o aumento da MICRO e da MACRO (TABELA 3).

Tabela 3 - Correlações de Pearson para densidade do solo (DS), porosidade total (PT), microporosidade (MICRO) e macroporosidade (MACRO) de Neossolos sob campo nativo (2016), após a inserção da cultura da soja, com preparo convencional (2017) e cultivo mínimo (2018).

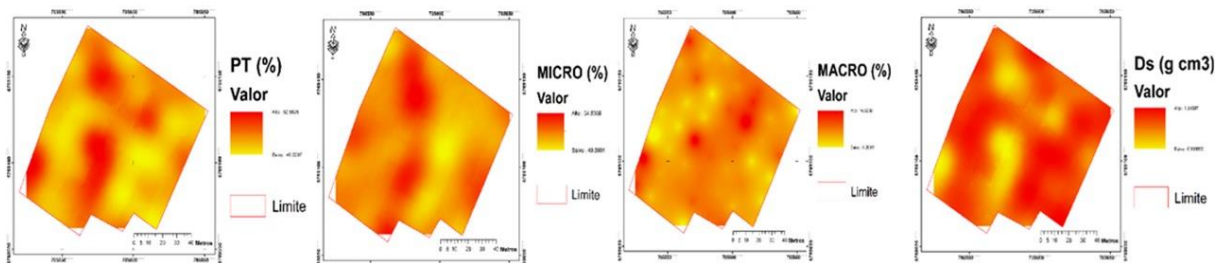
Propriedade	Pontos	DS	PT	MICRO	MACRO
<u>Campo Nativo</u>					
DS	52	-	0,905*	-	0,480*
PT	52	-	-	-	0,654*
MICRO	52	-	-	-	-
MACRO	52	-	-	-	0,103 <sup>ns</sup>
<u>Plantio Convencional</u>					
DS	52	-	-0,999*	-0,405*	-0,665*
PT	52	-0,999*	-	0,403*	0,668*
MICRO	52	-0,405*	0,403*	-	-0,412*
MACRO	52	-0,665*	0,668*	-0,412*	-
<u>Cultivo Mínimo</u>					
DS	52	-	-0,625*	-0,182	-0,717*
PT	52	-0,625*	-	0,699*	0,821*
MICRO	52	-0,182	0,699*	-	0,165
MACRO	52	-0,717*	0,821*	0,165	-

\* = correlação de Pearson significativa,  $p < 0,05$ . DS = Densidade do solo ( $\text{g cm}^{-3}$ ). PT = porosidade total (%). MICRO = microporosidade (%). MACRO = macroporosidade (%).

### CAMPO NATIVO



### PLANTIO CONVENCIONAL



### CULTIVO MÍNIMO

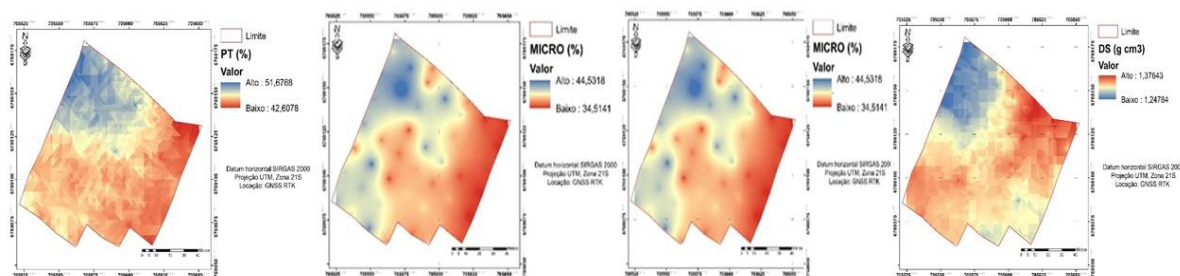


Figura 4. Mapas de distribuição espacial da densidade do solo (DS), porosidade total (PT), microporosidade (MICRO) e macroporosidade (MACRO) de Neossolos sob campo nativo (2016), após a inserção da cultura da soja, com preparo convencional (2017) e cultivo mínimo (2018).

O presente estudo alcançou devidamente o objetivo proposto, se mostrando eficaz para estimar a variabilidade espaço-temporal da estrutura do solo, predizendo a necessidade de manejo conservacionista da catena em estudo, contribuindo assim, para a sustentabilidade do sistema produtivo.

Por se tratar de um solo pouco desenvolvido, com textura siltosa, o trabalho teve como limitação a carência de estudos em condições semelhantes, os quais permitiriam uma base comparativa para os principais resultados.

Como perspectiva para trabalhos futuros, espera-se acumular mais dados e informações espaço-temporais para a estrutura física dos solos estudados. Também de investigar a relação dos fatores já estudados com a disponibilidade de nutrientes, a curva de retenção de água, as diferentes frações da Matéria Orgânica e a produtividade das culturas.

#### **4. CONCLUSÕES**

Foi observada a variabilidade espaço-temporal dos componentes da estrutura de Neossolos, após a inserção da cultura da soja, com preparo convencional, sob campo nativo. Também, observou-se que as propriedades físicas dos solos apresentaram relações espaciais em sua distribuição na paisagem, nos diferentes momentos de avaliação. Ao longo dos anos à inserção da cultura da soja, contribuiu para a redução da macroporosidade dos solos.

A densidade amostral mostrou-se de grande importância para a predição acurada das variáveis.

#### **Agradecimentos**

A secretária do Desenvolvimento Econômico, Ciência e Tecnologia (SDECT) , ao Polo de Modernização Tecnológica do Vale do Jaguarí, ao Programa Institucional de Iniciação Científica (PIIC/URI) e o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPQ).

#### **Referências Bibliográficas**

AMADO, T.J. C. Agricultura de precisão e revolução tecnológica, 2015, fonte **Zero Hora**.

ANGHINONI, I. Fertilidade do solo no ambiente subtropical. In: **Congresso Brasileiro de Ciência do Solo**, 30., Recife, 2005. Palestras. Recife, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2005. CD-ROM.

BAUMGARDNER, M.F. Soil databases. In: SUMNER, M.E., ed. **Handbook of Soil Science**. Boca Raton, CRC Press, 1999. p.H1-H4.

CARAM, R. O. **Reconstrução de Séries e Análise Geoestatística da Precipitação no Estado de Minas Gerais**. 2007. 92f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa/MG.

DONAGEMMA, G. K. et al. (Org.) **Manual de métodos de análise de solos**. 2. ed. rev. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011. 230 p. (Documentos, 132).

Empresa Brasileira de Pesquisa e Agropecuária - EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3.ed. Brasília, 2013. 353p.

Environmental Systems Research Institute - ESRI. **Using ArcGIS geostatistical analyst. Redlands**, 2016. Disponível em <http://www.esri.com>

ERBA, D. A. **Catastro multifinalitário aplicado a la definición de políticas de suelo urbano. Cambridge**, MA, EEUU, 2007. 455 p.

HILLEL, D. **Fundamentals of soil physics. New York: Academic**, 1980. 413 p.

KRUM, D. N. et al. **Variabilidade Espacial e Temporal das Frações da Matéria Orgânica do Solo pós-inserção da Cultura da Soja com Plantio Convencional sob Campo Nativo**. Anais. In: IV Congresso Sul-Americano de Agricultura de Precisão e Máquinas Precisas, 2017, Não-Me-Toque. IV Congresso Sul-Americano de Agricultura de Precisão e Máquinas Precisas, 2017.

MEIRELLES, M. S. P.; CAMARA, G.; ALMEIDA, C. M. **Geomática: Modelos e aplicações ambientais**. Brasília, DF: Embrapa, 2007. 593 p.

MENTGES, M. I., REICHERT, J. M., ROSA, D. P., et al. **Propriedades físico-hídricas do solo e demanda energética de haste escarificadora em Argissolo compactado**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 45(3), 315-321, 2010.

MERCANTE, E.; URIBE-OPAZO, M.A. & SOUZA, E.G. **Variabilidade espacial e temporal da resistência mecânica do solo à penetração em áreas com e sem manejo químico localizado**. **R. Bras. Ci. Solo**, 27:1149-1159, 2003.

NICOLODI, M. et al. **Insuficiência do conceito mineralista para expressar a fertilidade do solo percebida pelas plantas cultivadas no Sistema Plantio Direto**. **R. Bras. Ci. Solo**, v.32, p.2735-2744, 2008.

KIEHL, E.J. **Manual de edafologia**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1979. 262p

PANOSSO, A. R. et al. **Variabilidade espacial da emissão de CO2 em LATOSSOLOS sob cultivo de cana-de-açúcar em diferentes sistemas de manejo**. **Engenharia Agrícola**, v.28, p.227-236, 2008.

PEDRON, F. A.; FINK, J. R.; RODRIGUES, M. F.; AZEVEDO, A. C. **Condutividade e retenção de água em Neossolos e saprolitos derivados de Arenito**. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, p. 53-62, 2011.

RANZANI, G. **Manual de levantamento de solos**. 2. Ed. São Paulo, Edgard Blusher, 1969.

REINERT, D. J.; REICHERT, J. M.; SILVA, V. R. **Propriedades físicas de solos em sistema de plantio direto irrigado**. In: CARLESSO, R. et al. **Irrigação por aspersão no Rio Grande do Sul**. Santa Maria: UFSM, 2001, 165p.

REINERT, D. J.; REICHERT. **Qualidade física dos solos**. Anais...Reunião Brasileira de Manejo e Conservação do Solo e da Água, 16, 2006. SBCS, 2006.

THOMASSON, A.J. Towards an objective classification of soil structure. **Journal of Soil Science**, v.29, p.38-46, 1978.

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

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

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