



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

**VARIABILIDADE ESPACIAL DE ATRIBUTOS DO SOLO EM UMA
PEDOSSEQUÊNCIA DE TRANSIÇÃO VEREDA CERRADO**

DANIEL BARCELOS FERREIRA

**UBERLÂNDIA
MINAS GERAIS – BRASIL
2016**

DANIEL BARCELOS FERREIRA

VARIABILIDADE ESPACIAL DE ATRIBUTOS DO SOLO EM UMA
PEDOSSEQUÊNCIA DE TRANSIÇÃO VEREDA CERRADO

Dissertação apresentada à Universidade Federal de
Uberlândia, como parte das exigências do Programa de Pós-
graduação em Agronomia – Mestrado, área de concentração
em Fitotecnia, para obtenção do título de “Mestre”.

Orientador
Prof. Dr. Beno Wendling

UBERLÂNDIA
MINAS GERAIS – BRASIL
2016

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema de Bibliotecas da UFU, MG, Brasil.

F383v Ferreira, Daniel Barcelos, 1989
2016 Variabilidade espacial de atributos do solo em uma pedossequência
de transição vereda cerrado / Daniel Barcelos Ferreira. - 2016.
35 p. : il.

Orientador: Beno Wendling.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Uberlândia,
Programa de Pós-Graduação em Agronomia.
Inclui bibliografia.

1. Agronomia - Teses. 2. Estatística agrícola - Teses. 3. Matéria orgânica - Teses. I. Wendling, Beno. II. Universidade Federal de Uberlândia. Programa de Pós-Graduação em Agronomia. III. Título.

CDU: 631

DANIEL BARCELOS FERREIRA

VARIABILIDADE ESPACIAL DE ATRIBUTOS DO SOLO EM UMA
PEDOSSEQUÊNCIA DE TRANSIÇÃO VEREDA CERRADO

Dissertação apresentada à Universidade Federal de
Uberlândia, como parte das exigências do Programa de Pós-
graduação em Agronomia – Mestrado, área de concentração
em Fitotecnia, para obtenção do título de “Mestre”.

APROVADA em 27 de julho de 2016.

Prof. Dr. Marcos Vieira de Faria

Prof. Dra. Atalita Francis Cardoso

Prof. Dr. Luis Augusto da Silva Domingues

Prof. Dr. Beno Wendling
ICIAG-UFU
(Orientador)

UBERLÂNDIA
MINAS GERAIS – BRASIL
2016

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais Welverson José Ferreira e Elisabet Diniz Barcelos Ferreira, pela dedicação em toda a minha vida e por seus esforços pela formação de uma família grande pelo seu caráter e força.

À minha avó Maria Soares Ferreira, que me acolheu como filho durante cada dia que estive em Uberlândia. Você é a definição mais pertinente para a Agronomia: Nascemos para alimentar, seja pessoas, seja sonhos.

Ao Professor e orientador Beno Wendling, pela sua atenção e paciência mesmo quando estive ausente por quaisquer motivos, mostrando acima de tudo como ser grande como docente, um ensinamento que levarei para toda minha vida.

À minha família que esteve no meu background durante essa jornada: Humberto Diniz Barcelos, Ângela Diniz Barcelos, Maria Barcelos Ferreira, Isabel Barcelos Ferreira e Marco Túlio Ferreira. Sem vocês o caminho nunca poderia ser percorrido.

À Universidade Federal de Uberlândia (UFU) e ao Instituto de Ciências Agrárias (ICIAG), instituição que baseia sua força em seus colaboradores, algo que me fez orgulhoso de estar inserido nessa escola.

A todos que participaram efetivamente desse projeto - funcionários, alunos e professores do Instituto de Ciências Agrárias (ICIAG), em especial Marco Aurélio, João Guilherme Pane, Marcel Kendi, João Mario Cintra, Guilherme Andreatta e Luara Lima.

Aos meus amigos, que tornaram os dias ruins mais suportáveis e os melhores dias mais intensos: Paulo Henrique Ferreira, Maciel Freitas e Thais Cristina Cunha e Silva.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	i
INTRODUÇÃO GERAL	ii
ARTIGO	iv
RESUMO	iv
ABSTRACT	v
1 INTRODUÇÃO	1
2 MATERIAL E MÉTODOS	3
3 RESULTADOS	8
4 DISCUSSÃO	15
5 CONCLUSÕES	19
6 REFERÊNCIAS.....	20

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – Perfil topográfico da área de coleta de dados.....	3
FIGURA 2- Área e grid de coleta dos dados localizado no município de Uberaba-MG	4
FIGURA 3 - Variação espacial da umidade volumétrica (%).....	8
FIGURA 4 - Variação espacial da densidade global (g cm^{-3}).....	9
FIGURA 5 - Variação espacial da porosidade total (%).....	9
FIGURA 6 - Variação espacial da macroporosidade (%).....	9
FIGURA 7 - Variação espacial da microporosidade (%).....	10
FIGURA 8 - Variação espacial do C_{OT} (g Kg^{-1}).....	11
FIGURA 9 – Variação espacial de BMS ($\mu\text{g g}^{-1}$).....	11
FIGURA 10 - Variação espacial de CO_2 ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$).....	12
FIGURA 11 - Variação espacial de N (g Kg^{-1}).....	12
FIGURA 12 - Variação espacial da MO dac.....	13
FIGURA 13 - Variação espacial do fluxo de CO_2 ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$).....	13
FIGURA 14 - Variação espacial do fracionamento do carbono, ácido fúlvico (g Kg^{-1})	14
FIGURA 15 - Variação espacial de ácido húmico (g Kg^{-1}).....	14

INTRODUÇÃO GERAL

O solo é um componente crítico da biosfera terrestre, funcionando não somente no sistema agrícola, mas também na manutenção da qualidade ambiental, com efeitos locais, regionais e mundiais (DORAN; PARKIN, 1994). Um dos principais fatores que devem ser levados em conta no planejamento da produção agrícola é a condição inicial do solo (CORRÊA et al., 2009).

O conhecimento dos atributos físicos, químicos e biológicos e da variabilidade espacial e temporal auxilia no manejo adequado do solo, possibilitando assim o alcance do potencial máximo produtivo da área. O monitoramento das propriedades do solo é importante devido às mudanças indesejáveis provocadas pelo uso intensivo ou acima da capacidade de suporte (BERTOL et al., 2000). Visto isso, a partir dos anos 90, o interesse no estudo sobre a qualidade do solo aumentou consideravelmente, o que se comprova pelo o crescente número de trabalhos indexados em periódicos internacionais acerca da qualidade do solo (DE ARAÚJO et al, 2012; KARLEN et al., 1994).

Em áreas que não sofreram ação antrópica, o carbono orgânico (C_{ORG}) encontra-se estável (LARSON; PIERCE, 1994), mas, quando esse solo é submetido ao manejo intensivo, ocorre a perda na qualidade e na quantidade desse C_{ORG} (ADDISCOT, 1992), sendo então a dinâmica do C_{ORG} considerada como um indicador que atua nos atributos químicos, físicos e biológicos do solo.

No cerrado, a existência de duas estações bem definidas, uma seca e outra chuvosa, favorece o planejamento do plantio e colheita, assim como a presença de solos profundos com boas características físicas, aliado à topografia plana, facilitaram com que esse bioma se tornasse a maior fronteira agrícola brasileira nas décadas de 1970 e 1980 (MAROUELLI, 2003). Nesse período, os incentivos à expansão da área agrícola causaram o aumento das alterações da paisagem na região (RATTER et al., 1997), como constatado por Mittermeier et al. (1999) que, em seus trabalhos, estimaram que somente 20% das áreas de cerrado encontravam-se em seu estado original e 67 % eram consideradas altamente modificadas.

A compactação e a erosão dos solos do cerrado são os principais problemas ambientais causados pela utilização intensa de implementos agrícolas, associada ao monocultivo da soja e do milho e ao uso excessivo de agroquímicos (RESCK, 1998). Estudos vêm demonstrando que o uso de técnicas de manejo que alterem o mínimo possível as propriedades do solo são importantes para a conservação desse (DENARDIN; KOCHHANN, 1993).

A matéria orgânica (M.O.), devido à sua decomposição no solo, disponibiliza nutrientes para as plantas contribuindo assim para o aumento da fertilidade dos solos (CAMPOS, 2003). Neste processo, os organismos organotróficos metabolizam a M.O. com o objetivo de produzir energia e, a partir da respiração (oxidação), liberam dióxido de carbono (CO₂) e água (H₂O) (ROSSETO et al., 2008).

Dentre todas as propriedades, as físicas são as que exercem as principais funções no solo (WARRICK; NIELSEN, 1980). Sendo assim, é necessário que ocorra o conhecimento da variabilidade espacial deste solo, para que haja a minimização dos erros na amostragem e em seu manejo. O solo apresenta heterogeneidade tanto vertical como horizontal, imposta pela natureza dos fatores responsáveis pela sua formação. Vários estudos relataram que a variabilidade das propriedades físicas do solo apresentou correlação ou dependência espacial (CARVALHO et al., 2003).

O estudo das variabilidades dos atributos do solo era feito até recentemente por meio da estatística clássica, que pressupunha que as observações de um dado atributo eram independentes entre si, desconsiderando a localização da área. A variabilidade espacial e temporal dos atributos dos solos ocorre em diferentes níveis, estando relacionada a fatores tais como: clima, relevo, ação de organismos, tempo, variação do material de origem nos processos genéticos de formação do solo e/ou efeitos de técnicas de manejo. (CORRÊA et al, 2009).

Atualmente, constatou-se que se deve incorporar tanto a variabilidade espacial quanto a variabilidade temporal dos atributos do solo aos procedimentos e tecnologias aplicados à agricultura (LI et al., 2002), utilizando ferramentas, tais como a geoestatística e permitindo, assim, estabelecer modelos que descrevam a variabilidade espacial dos dados para que ocorra de forma eficiente (CASSEL et al., 2000).

Os pesquisadores Diggle & Ribeiro (2007) demonstraram, dentro de um determinado domínio, que as diferenças entre os valores de um atributo do solo podem ser expressas em função da distância de separação, ou seja, valores em locais mais próximos entre si são mais semelhantes do que aqueles tomados a maiores distâncias. Quando isto ocorre, os dados não podem ser tratados como independentes e um tratamento estatístico mais adequado é exigido (VIEIRA, 2000). Diante disso, o presente trabalho teve como objetivo mapear o comportamento espacial dos atributos avaliados - umidade, densidade, porosidade, nitrogênio total, emissões de CO₂, matéria orgânica e seus fracionamentos - em uma pedossequência onde ocorre variação da umidade pela transição de uma área de cultivo de milho em sistema convencional para uma área de vereda.

ARTIGO
VARIABILIDADE ESPACIAL DE ATRIBUTOS DO SOLO EM UMA
PEDOSSEQUÊNCIA DE TRANSIÇÃO VEREDA CERRADO

RESUMO

A coleta de dados foi realizada em uma área de transição, localizada em uma fazenda na zona rural do município de Uberaba-MG, onde uma parte consiste de plantio convencional de milho e a outra parte consiste em uma vereda situada em uma Área de Preservação Permanente (APP), com o objetivo de mapear o comportamento espacial dos atributos avaliados (umidade, densidade e porosidade) em uma pedossequência em que ocorre variação da umidade devido à transição entre uma área de cultivo de milho em sistema convencional e uma área de vereda preservada. Realizou-se o grid de coleta, fixando uma malha retangular com 84 pontos, em intervalos regulares de 5 metros de distância que cobriu uma região de 30 x 70 metros, totalizando uma área de 2.100 m². Determinou-se a emissão de dióxido de carbono, umidade do solo, densidade, porosidade do solo, teor de carbono orgânico, nitrogênio total, teor de carbono nas frações ácido fúlvico e ácido húmico e biomassa microbiana. A partir do conjunto de valores que foi obtido nas amostragens em campo, foram gerados os mapas dos padrões espaciais e, para relacionar os atributos analisados, utilizou-se o método estatístico chamado correlação simples de Pearson. No sentido do declive do terreno, passando de área de veredas para área de cultivo convencional, nos mapas de distribuição espacial obtidos, os teores de carbono orgânico total, nitrogênio, matéria orgânica, ácidos húmicos, ácidos fúlvicos, porosidade total e umidade volumétrica demonstram redução clara dos índices. Para a densidade global e biomassa microbiana do solo, seus valores elevam no sentido declive dos mapas de distribuição espacial obtidos.

Palavras-chave: Geoestatística, mapas, matéria orgânica e plantio convencional.

VARIABILITY OF ATTRIBUTES AND EMISSION OF CO₂ OF SOIL IN TRANSITION VEREDA FOR CERRADO

ABSTRACT

Data collection was carried out in a transitional area, located in a farm in the rural region of Uberaba-MG, where part of the researched area consists of a conventional corn plantation and the other part consists of an area of permanent preservation (APP), with the objective of mapping out the spacial behavior of the analyzed attributes (humidity, density, porosity) in a pedologic sequence in which a variation of moisture occurs due to the transition between a planted area and a preserved area. A collection grid was established, fixating a rectangular mesh with 84 points, distributed at regular intervals of 5 meters covering a region of 30 x 70 meters, in a total area of 2.100 square meters. The following indexes were determined: the emission of carbon dioxide, soil humidity, density, porosity, organic carbon levels, total nitrogen, levels of carbon in fractions of fulvic acid and humic acid and microbial biomass. From the set of values obtained from the samples, maps of the spacial patterns were generated and the attributes analyzed were related using a statistical method named Pearson's correlation. In the descending direction of the slope, from preserved area into planted area, the spacial distribution maps show that levels of organic carbon, nitrogen, organic matter, humic acid, fulvic acid, total porosity and volume humidity clearly decrease. As for global density and microbial biomass in soil, the levels increase in the descending direction of the slope in the spacial distribution maps obtained.

Keywords: Geostatistics, maps, organic matter and conventional planting.

1 INTRODUÇÃO

A condição inicial do solo é um dos principais fatores que deve ser levado em conta no planejamento da produção agrícola (CORRÊA et al., 2009). Em áreas sob cultivo existem, além da variabilidade natural, fontes de heterogeneidade que são adicionadas ao solo; dentre essas, aquelas oriundas do manejo (CAMARGO et al., 2010), sendo necessário assim que a variabilidade espacial dos atributos do solo seja incorporada aos procedimentos e tecnologias aplicados à agricultura (LI et al., 2002).

A variabilidade espacial dos atributos dos solos ocorre em diferentes níveis, estando relacionada a fatores tais como: clima, relevo, umidade, ação de organismos, tempo, variação do material de origem nos processos genéticos de formação do solo e/ou efeitos de técnicas de manejo (CORRÊA et al., 2009). Pode ser causada, ainda, pelo uso e manejo dos solos e, como consequência, as propriedades do solo podem exibir uma variação espacial em macro, meso e microescalas (PANOSSO et al., 2008).

A variabilidade espacial dos atributos dos solos é resultado de processos pedogenéticos e pode ser demonstrada por resultados dos levantamentos e análises dos solos, bem como pelas diferenças encontradas nas produções das plantas (SILVA et al., 2010).

As intervenções que os solos sofrem, como a elevada taxa de uso e as técnicas modernas de cultivo com mecanização intensa, têm promovido mudanças no comportamento dos seus atributos físicos e químicos, influenciando a produção, o equilíbrio dos recursos naturais e a dinâmica da água nos solos (GOMES et al., 2007).

Autores como Van Pelt & Wierenga (2001); Hupet & Vanclooster (2002); Martinez-Fernández & Ceballos (2003) têm estudado a variabilidade espaço-temporal da umidade do solo. Por esses trabalhos, percebe-se que os esquemas de amostragem são variados (transeções, malhas, combinação de ambos), bem como a distância entre amostras (poucos metros a centenas de metros).

O conhecimento da variabilidade espacial do atributo a ser trabalhado é importante para o conhecimento representativo da área, permitindo a construção de mapas de fertilidade do solo e auxiliando assim em um manejo adequado. Diante disso, o presente trabalho teve como objetivo mapear o comportamento espacial dos atributos avaliados (umidade, densidade, porosidade, carbono orgânico total, bio massa microbiana,) em uma

pedossequência onde ocorre variação da umidade devido à transição de uma área de cultivo de milho em sistema convencional para uma área de vereda.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em uma fazenda localizada na zona rural do município de Uberaba-MG, de coordenadas geográficas 19° 20' 32.784"S e 48° 1' 45.984"W, a uma altitude de 930 metros em relação ao nível do mar, no mês de Junho de 2015. A FIGURA 1 a seguir apresenta o perfil topográfico da área em que foi feita a coleta de dados:

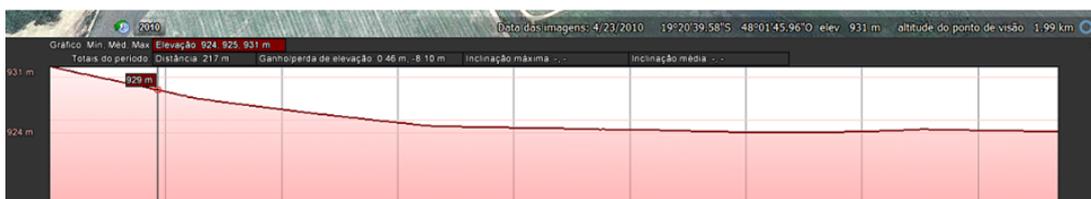


FIGURA 1 – Perfil topográfico da área de coleta de dados

O clima da região é classificado pelo método de Köppen, como Aw, tropical quente e úmido com inverno frio e seco. A precipitação anual média é de 1600 mm e a temperatura média anual é de 21,5 °C (ROLIM et al., 2007).

A coleta de dados foi realizada em uma área de transição da fazenda, em que uma parte consiste em plantio convencional de milho e a outra parte que consiste em uma Área de Preservação Permanente (APP) por ser uma vereda, segundo a Lei nº 12.651/2012. A área apresenta, portanto, uma transição de solo Latossolo Vermelho-Amarelo para um solo Hidromórfico Cinzento, de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2013).

No dia 09 de julho de 2015, realizou-se o grid de coleta, fixando uma malha retangular com 84 pontos em intervalos regulares de 5 metros de distância que cobriu uma área de 30 x 70 metros, totalizando uma área de 2.100 m² (FIGURA 2).

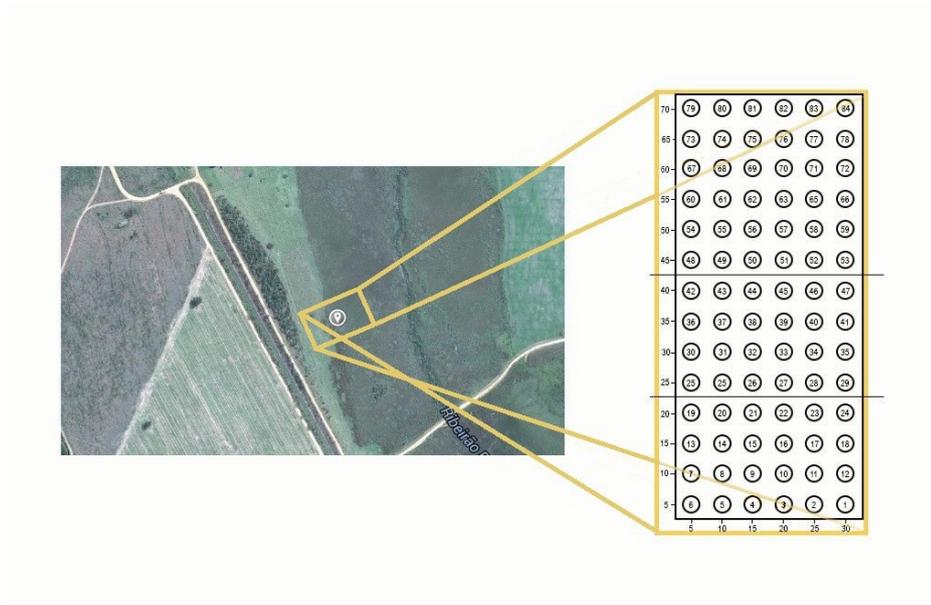


FIGURA 2- Área e grid de coleta dos dados localizado no município de Uberaba-MG

Usando enxadas foram coletadas 5 amostras simples na camada de 0-20 cm, usando, em cada ponto; amostras que foram misturadas e homogeneizadas. Após isso, retirou-se uma amostra composta de cada ponto, totalizando 84 amostras compostas para análise. Também foram coletadas 2 amostras de solo indeformado por ponto, totalizando 168 anéis de solo indeformado. Em laboratório, o solo foi seco ao ar e peneirado (<2 mm) para obtenção da Terra Fina Seca ao Ar (TFSA). Uma alíquota do solo foi direcionada para caracterização da dinâmica do nitrogênio (N), determinação da umidade e análise microbiológica.

As avaliações da emissão de dióxido de carbono (CO₂) do solo foram realizadas no dia 12 de julho de 2015, entre 8 h e 11 h, nos 84 pontos, com o uso do aparelho analisador de trocas gasosas por infravermelho - IRGA (“Infrared Gas Analyser” - Li-Cor 8100A). Este aparelho possui uma câmara que é um sistema fechado com volume interno de 854,2 cm³ e área de contato com o solo de 83,7 cm² e também a concentração (ppm) de dióxido de carbono na atmosfera no momento da leitura (Li-Cor Inc. Lincoln, NE, USE). A câmara do sistema quantifica a concentração de CO₂ em seu interior por meio de espectroscopia de absorção ótica na região espectral do infravermelho. Durante esta medição, foram coletadas as coordenadas geográficas de cada ponto, já que o equipamento possui um GPS integrado ao seu sistema.

Retirou-se uma alíquota de solo da amostra no dia seguinte ao da coleta para a determinação da umidade, utilizando como referência o método termogravimétrico proposto pela Embrapa (1997), que consiste em pesar a massa úmida (M_U) do solo na umidade de campo, secando-o em seguida na estufa à uma temperatura de 105°C por 24 horas, pesando novamente para determinar sua massa seca (M_S). A partir desses dados, a umidade é obtida através da seguinte equação:

$$U (\%) = \frac{M_U - M_S}{M_S} \times 100$$

Em que:

U = Umidade do solo (%)

M_U = Massa úmida de solo (g)

M_S = Massa de solo seco em estufa (g)

Para a determinação da densidade, foi utilizado o método do anel volumétrico, conforme descrito pela Embrapa (1997), em que os anéis coletados foram pesados e levados para a estufa a 105°C por 48 horas. Como o volume dos anéis é conhecido, calculou-se a densidade do solo (g cm^{-3}) pela diferença entre estes dois pesos.

Os anéis volumétricos com as amostras foram saturados durante 24 horas, com elevação gradual de uma lâmina de água em uma bandeja, até atingir cerca de dois terços da altura do anel. Após saturadas as amostras foram pesadas e colocadas em uma panela de tensão, com a qual se aplicou uma pressão de 0,006 MPa (60 cm de coluna de água). Ao cessar o gotejamento, foram pesados os anéis para a determinação dos macroporos, e depois, levou este para estufa a 105°C por 24 horas para a determinação dos microporos.

Para as análises do carbono orgânico (CO), foi utilizado o método descrito em Yeomans e Bremner (1988), em que foram adicionados 5 mL de dicromato de potássio ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$) na concentração de $0,167 \text{ mol L}^{-1}$, e 10 mL de ácido sulfúrico (H_2SO_4) concentrado em tubo de vidro contendo 0,3 g de solo seco ao ar. Essa mistura foi, então, digerida em bloco digestor previamente aquecido a 170°C , realizando a digestão durante 30 minutos. Posteriormente, o dicromato de potássio remanescente no extrato digerido foi titulado com solução de sulfato ferroso amoniacal ($(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) na concentração de $0,4 \text{ mol L}^{-1}$.

O nitrogênio (N) do solo foi determinado de acordo com o método de Kjeldahl (BLACK et al., 1965). O método consiste em duas fases: uma completa digestão das

amostras em ácido sulfúrico (H_2SO_4) concentrado com catalisadores tais como sais de selênio e lítio para conversão do N da amostra em sulfato de amônio ($(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$); e uma segunda fase que consiste na destilação em meio alcalino para liberação da amônia (NH_3) coletada por uma solução de ácido bórico (H_3BO_3). O N é quantificado através de titulação com solução de ácido sulfúrico.

No fracionamento das substâncias húmicas, utilizou-se método adaptado de Benites et al. (2003), em que amostras de 1 g de TFSA foram colocadas em contato com 40 mL de hidróxido de sódio (NaOH) na concentração de $0,1 \text{ mol L}^{-1}$ e agitadas manualmente por 30 segundos, permanecendo em repouso por 24 horas. Ao término desse período, as amostras foram centrifugadas a 2500 G, por 10 minutos, sendo em sequência armazenados os sobrenadantes. Ao precipitado, foram adicionados 40 mL de NaOH na concentração de $0,1 \text{ mol L}^{-1}$, seguindo-se agitação manual e repouso por 1 h. Após esse período, as amostras foram novamente centrifugadas e o sobrenadante, adicionado ao extrato anterior.

No sentido de separar as frações húmicas, ao sobrenadante obtido anteriormente foi adicionado ácido sulfúrico a 20 %, visando ajustar o pH para próximo de 2. Esse extrato acidificado permaneceu em repouso por 18 horas, sendo novamente centrifugado para a decantação da fração de ácido húmico. Posteriormente, o sobrenadante foi retirado e armazenado, com o intuito de separar as frações de ácido fúlvico (solúvel em meio ácido) e de ácido húmico (insolúvel em meio ácido).

Para determinação do teor de carbono (C) nessas frações, uma alíquota de 5 mL foi retirada de cada fração (ácido húmico e ácido fúlvico), à qual foi adicionado 1 mL de $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ com a concentração de $0,042 \text{ mol L}^{-1}$ e 5 mL de H_2SO_4 concentrado. Essa mistura foi, então, digerida em bloco digestor por 30 minutos a $150 \text{ }^\circ\text{C}$. Posteriormente, as amostras foram tituladas com sulfato ferroso amoniacal na concentração de $0,0125 \text{ mol L}^{-1}$. O volume gasto na titulação de cada amostra foi anotado, e o teor de C nas frações ácido húmico e ácido fúlvico foi estimado de acordo com Benites et al. (2003).

A determinação da biomassa microbiana do solo (BMS-C) foi feita pelo método descrito por Vance et al. (1987), utilizando o forno de micro-ondas para irradiação das amostras (ISLAM; WEIL, 1998).

A partir do conjunto de valores obtido nas amostragens em campo, os mapas dos padrões espaciais foram gerados através de um semivariograma, obtidos com a utilização

do programa Surfer (GOLDEN SOFTWARE 2002), ficando representados como na figura abaixo:

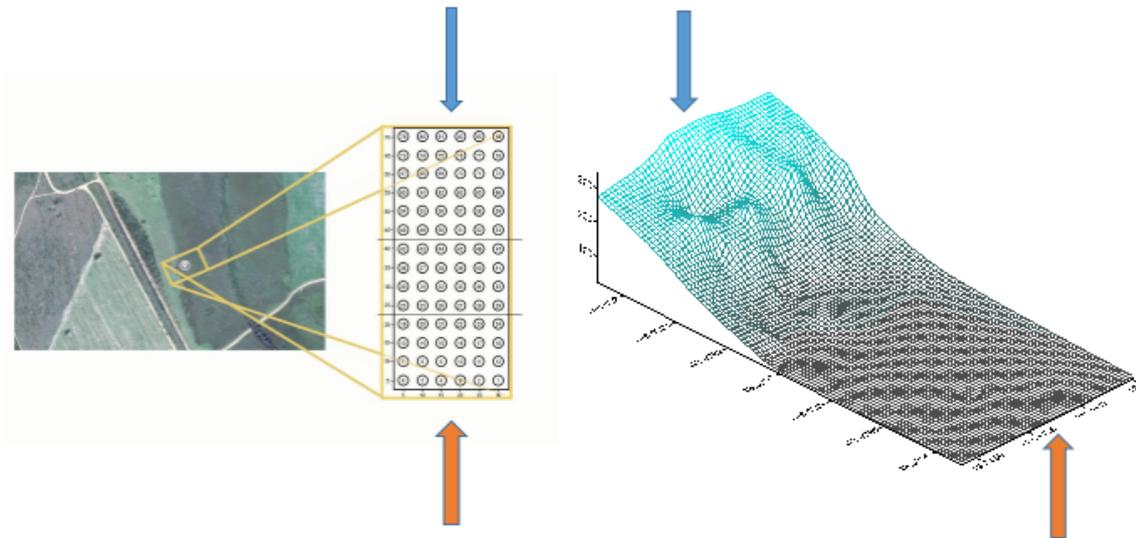


Figura 3 Equivalência da área com os mapas gerados

Utilizou-se o método estatístico chamado correlação simples de Pearson, ou apenas correlação simples, entre variáveis para relacionar os atributos analisados.

3 RESULTADOS

De acordo com o mapa de variação de umidade do solo (FIGURA 4) notou-se uma variabilidade na área, sendo que na porção superior do mapa o teor de água foi maior do que no restante da área. O mesmo padrão de variação foi observado para a porosidade total (FIGURA 6), macroporosidade (FIGURA 7) e microporosidade (FIGURA 8).

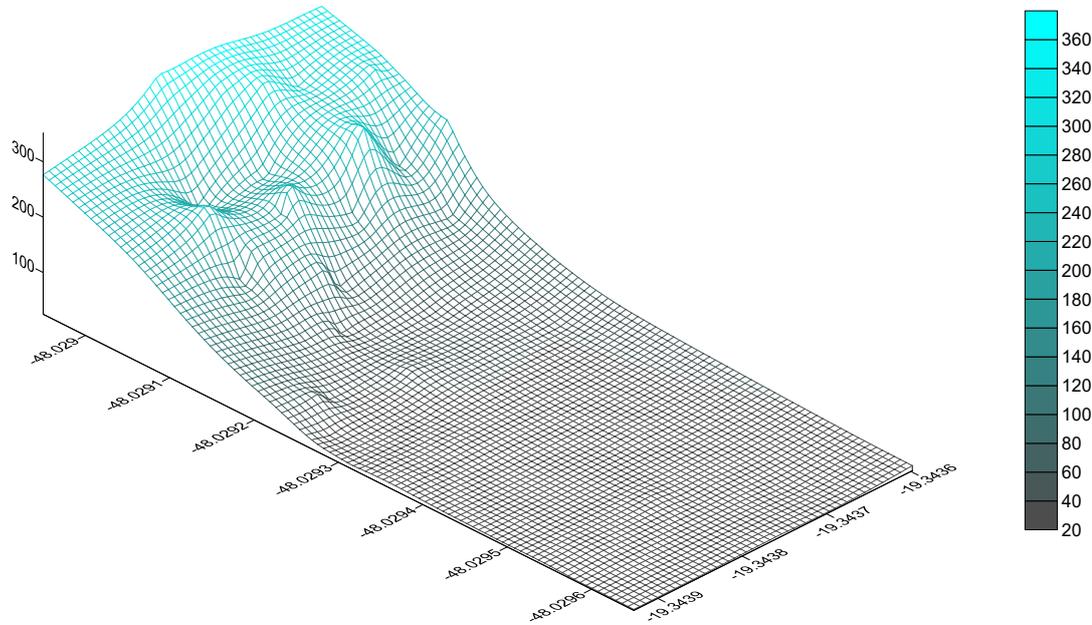


FIGURA 4 - Variação espacial da umidade volumétrica (%)

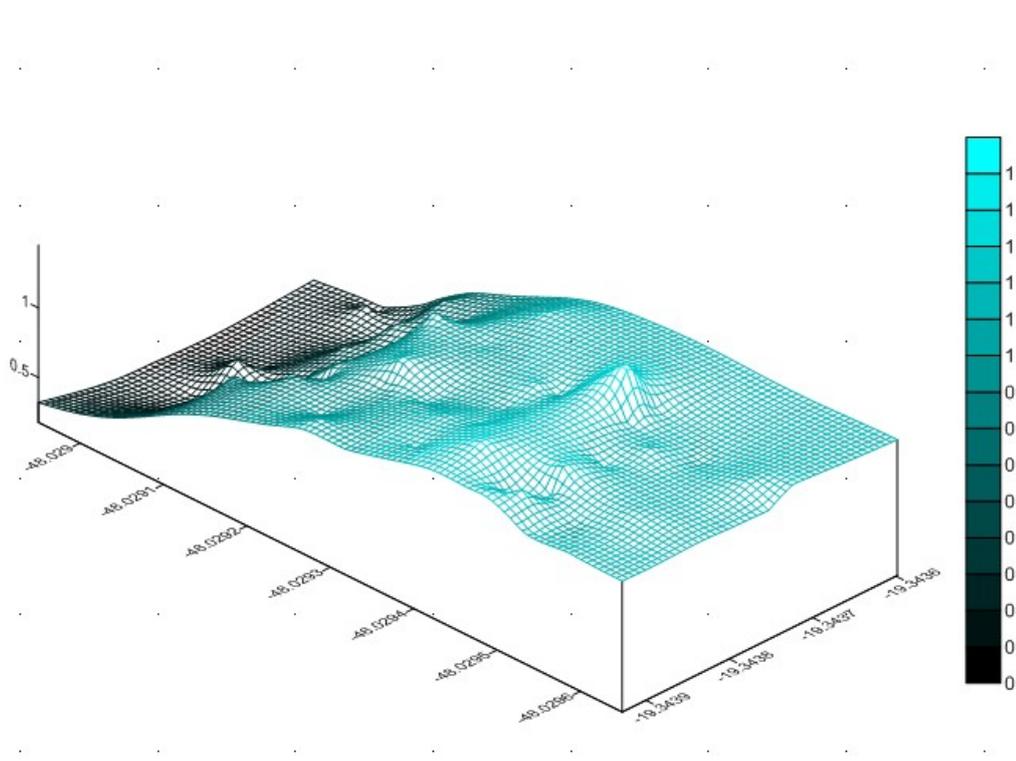


FIGURA 5 - Variação espacial da densidade global (g cm^{-3})

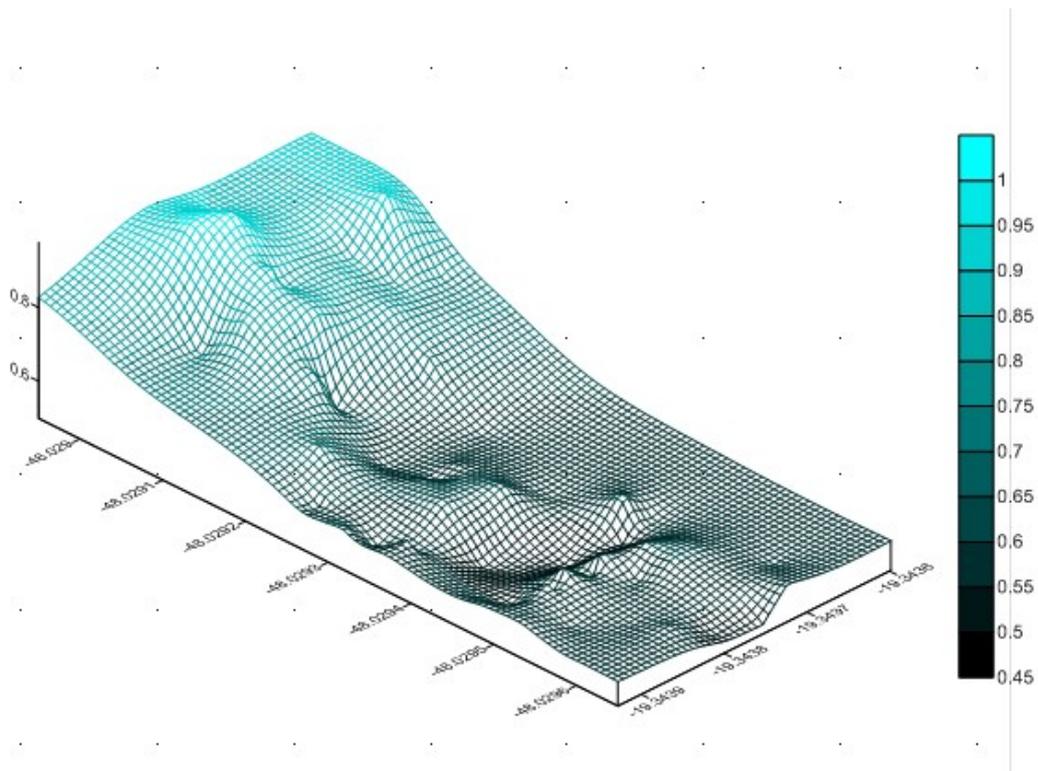


FIGURA 6 - Variação espacial da porosidade total (%)

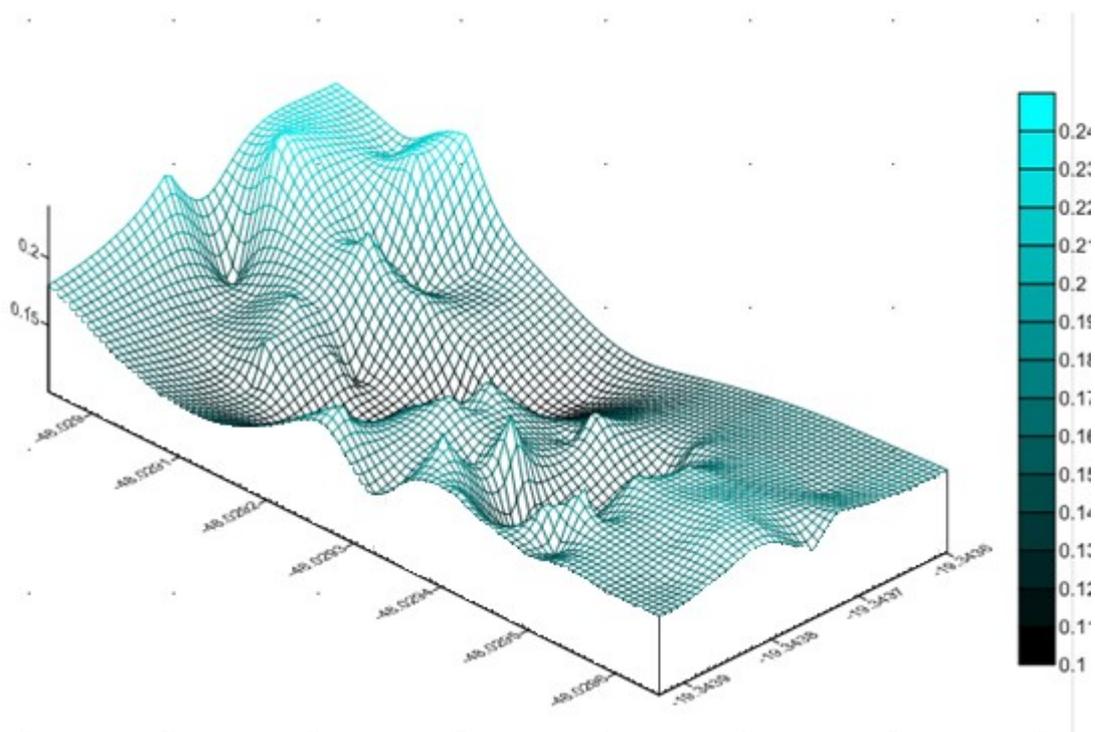


FIGURA 7 - Variação espacial da macroporosidade (%)

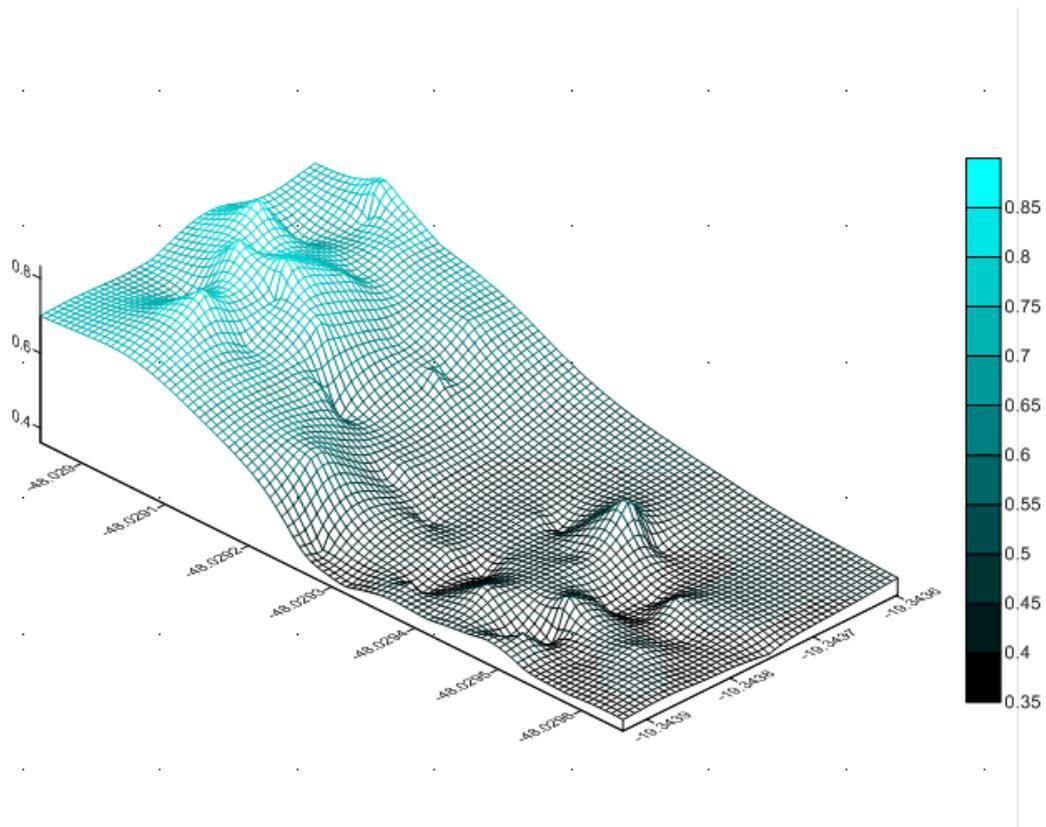


FIGURA 8 - Variação espacial da microporosidade (%)

O mapa da densidade global demonstrou que a variação espacial foi menor na porção inferior do mapa (FIGURA 5), mesma área em que ocorreu um maior teor de umidade e uma maior concentração de porosidade total e microporosidade (FIGURA 4, FIGURA 6 e FIGURA 8).

Na área preparada para plantio via aração notou-se que a concentração de macroporosidade (FIGURA 7) foi maior que microporosidade (FIGURA 8). Isso ocorreu devido à quebra de agregados formando sítios com maiores acúmulos de água no solo proporcionado pelo revolvimento do solo.

Um padrão semelhante de variação constatado para a umidade volumétrica (FIGURA 4) foi observado para M.O., CO₂, N, C_{OT}, e Fluxo de CO₂ do solo (FIGURA 9, FIGURA 11, FIGURA 12, FIGURA 13 e FIGURA 14). Esse padrão não foi visto para BMS (FIGURA 10), para o qual se notou que, na porção superior do mapa, a concentração em g Kg⁻¹ foi menor em relação ao restante da área.

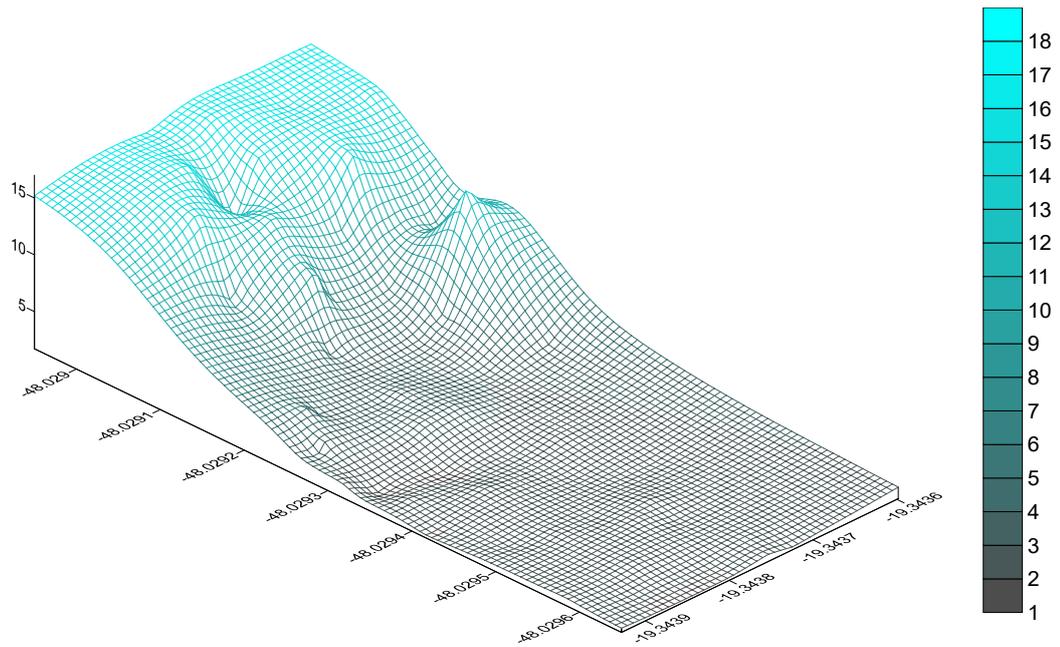


FIGURA 9 - Variação espacial do C_{OT} ($g\ Kg^{-1}$)

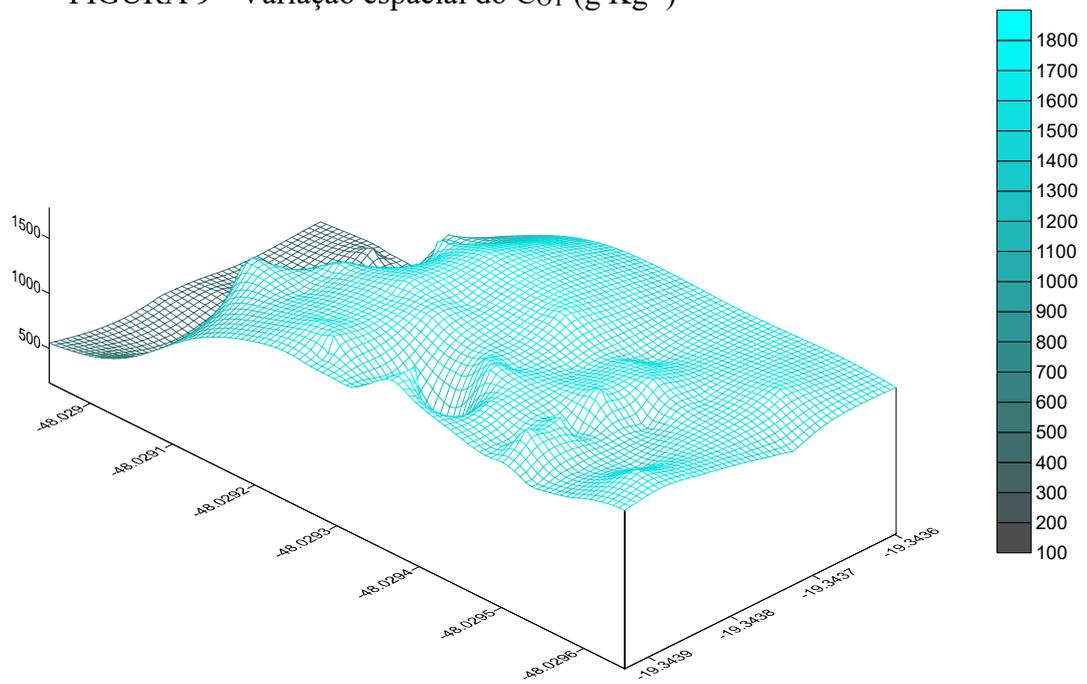
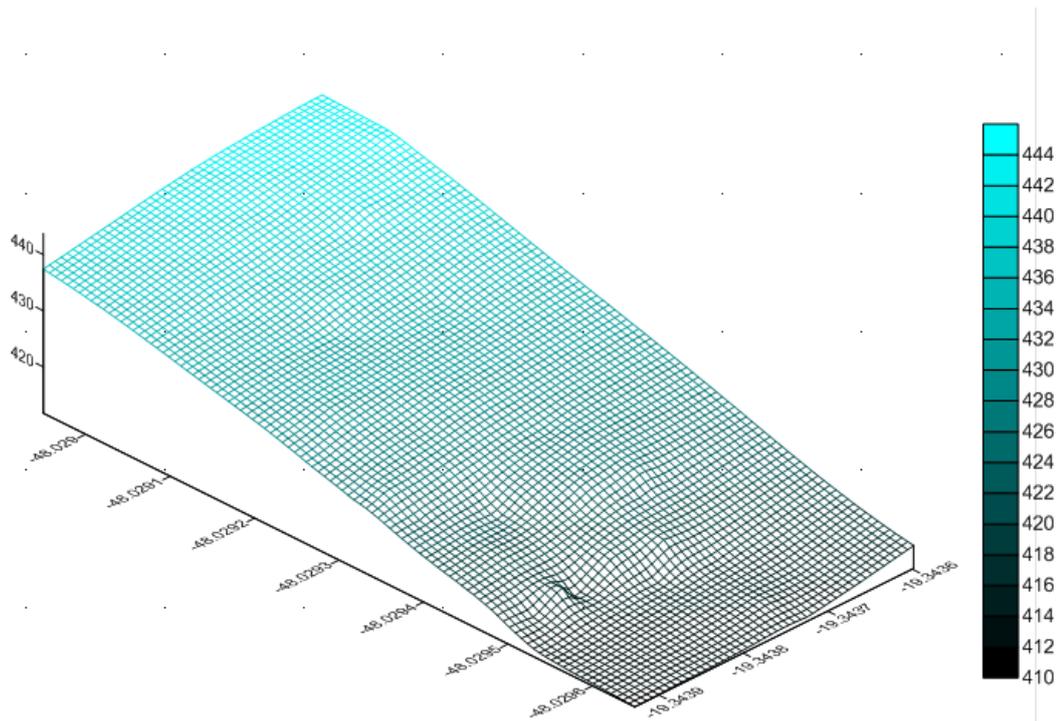


FIGURA 10 – Variação espacial de BMS ($\mu g\ g^{-1}$)



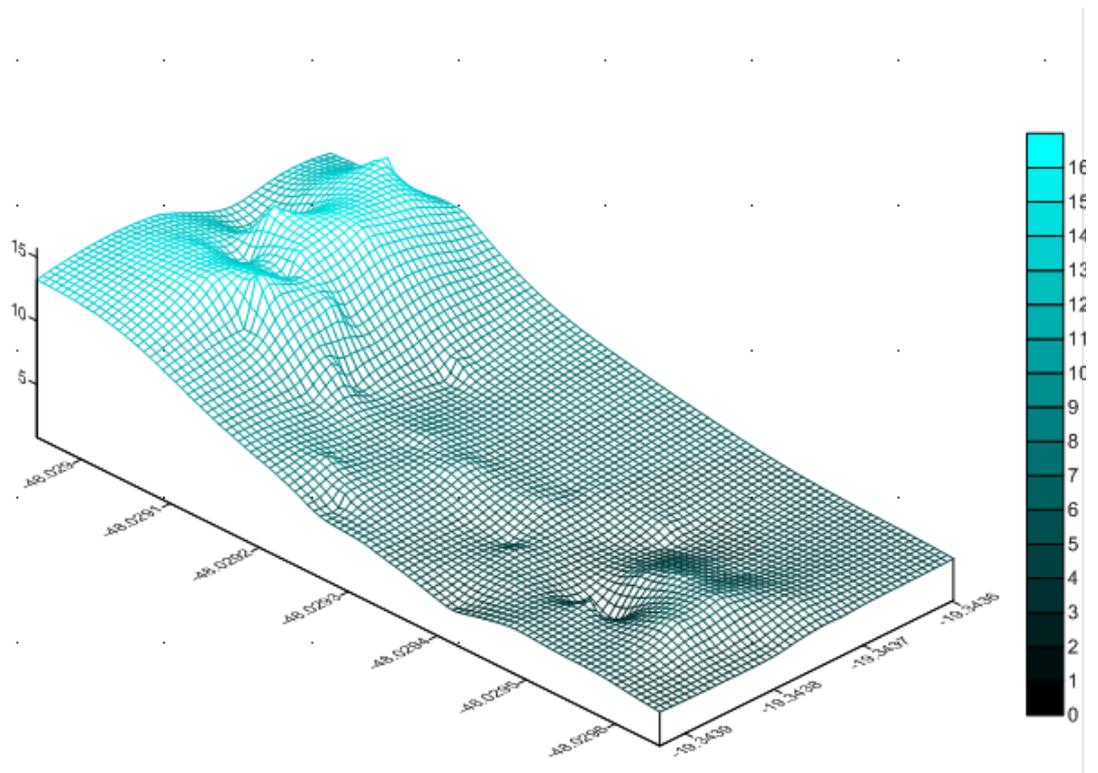


FIGURA 13 - Variação espacial da MO dac

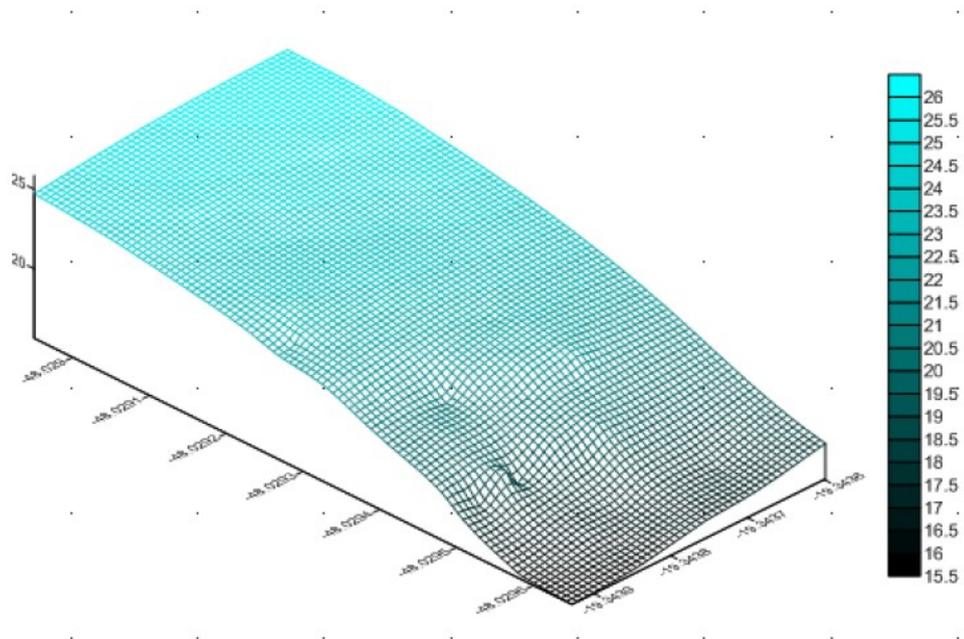


FIGURA 14 - Variação espacial do fluxo de CO₂ ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)

No presente trabalho, ao analisar as frações de ácido fúlvico e húmico (FIGURA 15 e FIGURA 16), constatou-se um padrão semelhante ao da MO, em que na porção superior do mapa essa concentração foi maior.

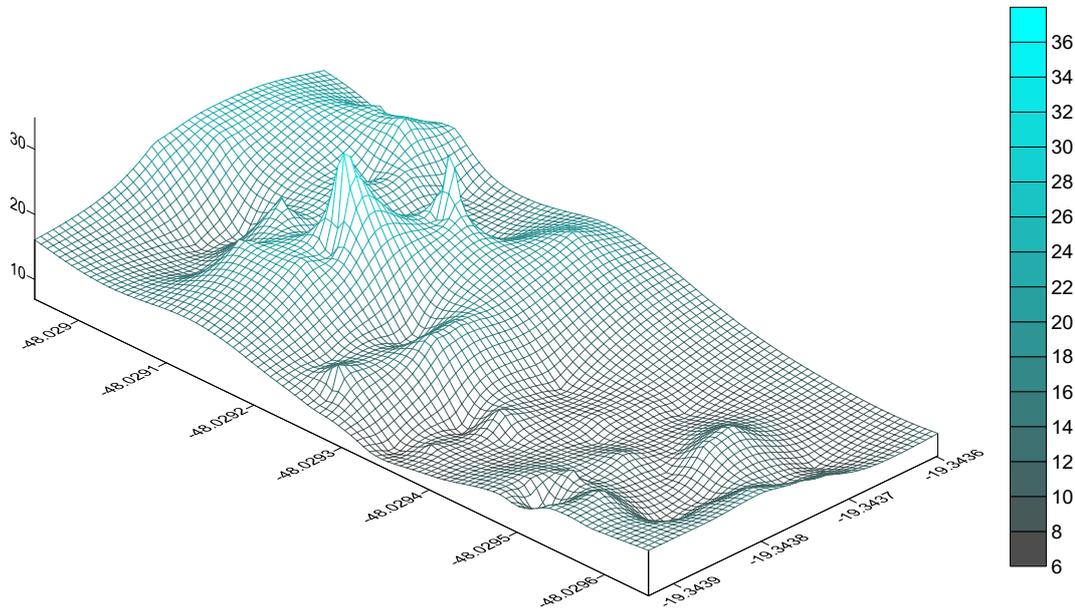


FIGURA 15 - Variação espacial do fracionamento do carbono, ácido fúlvico (g Kg^{-1})

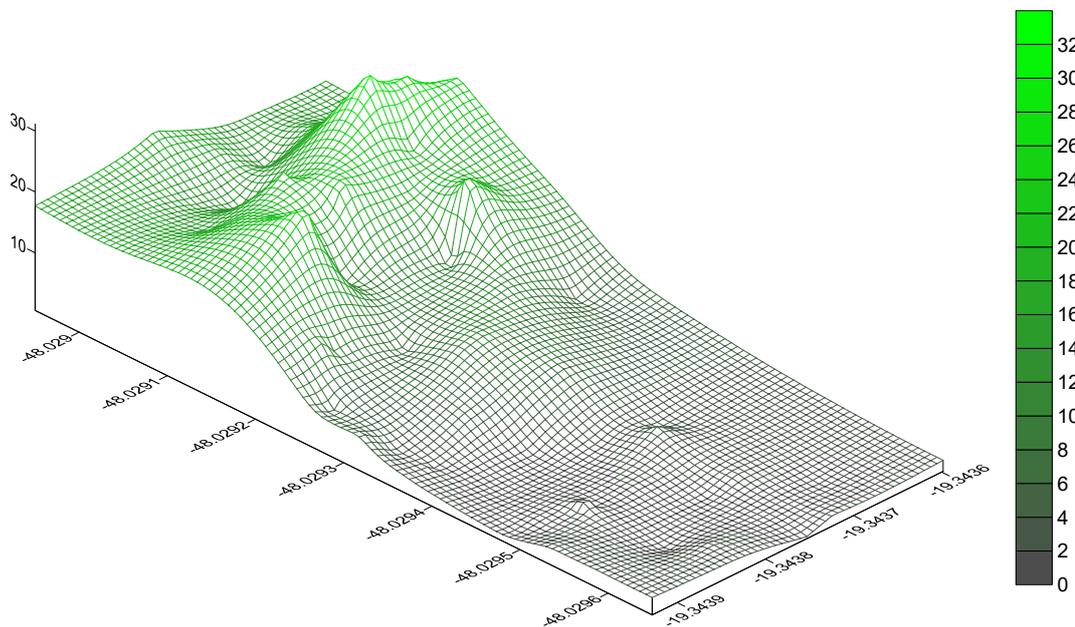


FIGURA 16 - Variação espacial de ácido húmico (g Kg^{-1})

4 DISCUSSÃO

Alguns elementos como o clima, o material de origem, a forma da vertente, os processos geomorfológicos e a infiltração de água, são responsáveis atuando de maneira conjunta na formação de solos diferenciados em uma mesma vertente. Nas últimas décadas, o estudo pedológico da vertente por meio de topossequências de solos tem apontado para influência de outros fatores de formação no desenvolvimento das características e propriedades dos solos (ROCHA; CARVALHO, 2003).

Na Tabela 1 são apresentadas as estimativas dos coeficientes de correlação de Pearson entre as variáveis: Densidade (DS), Microporos (MiP), umidade (U), macroporos (MaP), Porosidade total (PTOTAL), Matéria orgânica do solo (MOS), carbono orgânico total (COT), Nitrogênio (N), Emissão de dióxido de carbono (CO₂). Verificando correlações altamente dependentes e positivas para MOS com as variáveis C_{OT} (r=1,000) e N (r=1,000). Para as outras variáveis, constatou-se correlações positivas e negativas.

TABELA 1. Correlação de Pearson para as variáveis: DS, MiP, U, MaP, P_{TOTAL}, MOS, C_{OT}, N e CO₂.

	DS	MiP	U	MaP	P _{TOTAL}	MOS	C _{OT}	N	CO ₂
DS	-	-0,890*	-0,898*	0,021	-0,934*	-0,925*	-0,925*	-0,925*	-0,847*
MiP	-	-	0,814*	-0,125	0,911*	0,891*	0,891*	0,891*	0,863*
U	-	-	-	-0,003	0,863*	0,806*	0,806*	0,806*	0,758*
MaP	-	-	-	-	-0,062	-0,104	-0,104	-0,104	-0,185
P _{TOTAL}	-	-	-	-	-	0,895*	0,895*	0,895*	0,831*
MO	-	-	-	-	-	-	1,000*	1,000*	0,862*
C _{OT}	-	-	-	-	-	-	-	1,000*	0,862*
N	-	-	-	-	-	-	-	-	0,862*
CO ₂	-	-	-	-	-	-	-	-	-

* Variáveis consideradas significativas com $P < 0,01$.

Legenda: Densidade (DS), Microporos (MiP), umidade (U), macroporos (MaP), Porosidade total (P_{TOTAL}), Matéria orgânica do solo (MOS), carbono orgânico total (C_{OT}), Nitrogênio (N), Emissão de dióxido de carbono (CO₂).

Ao analisar a densidade do solo, constatou-se correlações negativas com as variáveis MiP (r=-0,890), U (r=-0,898), MaP (r=-0,898), MOS (r=-0,934), C_{OT} (r=-

0,925), N($r=-0,925$) e CO₂ ($r=-0,925$), ou seja, o aumento dos valores promoveram um redução na densidade do sol. Já a variável P_{TOTAL} ($r=-0,021$) não apresentou correlação.

Para os microporos descreveram-se correlações diretamente proporcionais para U ($r=0,814$), MOS ($r=0,911$), COT ($r=0,891$), N($r=0,891$) e CO₂ ($r=0,863$) e nenhuma relação com MaP

Para porosidade total, verificaram-se correlações positivas para MO ($r=0,895$), C_{OT} ($r=0,895$), N ($r=0,895$) e CO₂ ($r=0,831$).

Para macroporos não foram observadas correlações, sejam positivas, sejam negativas, para nenhuma variável.

Na parte do mapa em que predominou a vegetação de veredas, constatou-se uma maior concentração de microporosidade e, ao analisar as variáveis umidade e porosidade, constatou-se que a maior concentração de microporos está diretamente ligada a concentração de água no solo (**Erro! Fonte de referência não encontrada.**). Alguns autores, como Souza et al. (2010), relataram a importância dos microporos na relação solo-água-plantas, visto que estes poros são responsáveis pela armazenagem e retenção de água no solo.

Ao analisar o mapa de variação de densidade global (**Erro! Fonte de referência não encontrada.B**) e porosidade total (**Erro! Fonte de referência não encontrada.C**), constatou-se que estes são inversamente proporcionais, sendo que na porção médio inferior do mapa, área preparada para plantio via aração, a densidade foi maior e a porosidade total foi menor.

Na literatura, os valores ótimos de umidade do solo variam entre 25% e 40%, limitando a respiração do solo abaixo desses valores devido à seca, e limitando a emissão de CO₂ acima desses valores devido ao excesso de água e falta de O₂ no solo (VINCENT et al., 2006). Tais relatos não estão corroborados pelo resultado observado no presente trabalho, em que na área de veredas, terço superior, foi constatada uma maior concentração de umidade (**Erro! Fonte de referência não encontrada.A**) e de CO₂ (**Erro! Fonte de referência não encontrada.C**). No entanto, esses maiores valores podem estar associados à maior quantidade presente de matéria orgânica na área úmida.

A MOS é normalmente considerada um atributo chave no condicionamento e avaliação da qualidade do solo, sendo constituída por várias frações (NORTCLIFF, 2002; BASTIDA et al., 2008). No presente trabalho, notou-se que para a matéria orgânica do solo (MOS), sua concentração foi maior na área do terço médio superior do mapa,

relacionando ao tipo de vegetação vereda, que tem como característica solos férteis, hidromórficos e com acúmulo de restos vegetais. O solo na porção médio inferior foi preparado para plantio via aração, em que ocorre o revolvimento do solo, diminuindo assim a cobertura do solo e, conseqüentemente, a concentração de MOS.

Ao considerar as formas de uso e sistema de manejo, o uso do solo pode promover a alteração dos teores e da qualidade da MOS, com reflexos nos estoques e transformações sofridas por elementos associados a MOS, como o carbono e o nitrogênio (LIU et al., 2006). A substituição da cobertura vegetal natural por atividades agropastoris, associadas ao emprego de práticas de manejo inadequadas, pode causar a redução expressiva dos estoques de MOS e, conseqüentemente, levar a perdas consideráveis de C e N do solo (GUO; GIFFORD, 2002; MACHADO, 2005; WENDLING et al., 2011). Como demonstrado no presente trabalho, constatou-se uma tendência semelhante para C_{OT} e o N, em que na área de veredas, terço superior do mapa, ocorreu uma maior concentração dessas duas variáveis em relação a área preparada para plantio via aração, terço inferior do mapa.

A biomassa microbiana do solo (BMS) é a fração viva da matéria orgânica, responsável por processos bioquímicos e biológicos no solo e sensivelmente alterada pelas condições impostas pelo meio, sendo então influenciada pelo clima, pela aeração, pela disponibilidade de nutrientes minerais e pelo C orgânico do solo (BALOTA et al., 2003). Na porção superior, em que predominava a vegetação de veredas foi constatada menor concentração da BMS em relação à área em que há o cultivo de milho em sistema convencional, discordando de Cattelan & Vidor (1990), que demonstraram que, em situações com maior deposição de resíduos orgânicos no solo e com grande quantidade de raízes, há estímulo da biomassa microbiana, acarretando seu aumento populacional e de sua atividade; e de Rezende et al. (2004) que afirmaram que o acúmulo do Carbono orgânico no solo implicou aumento da matéria orgânica, com conseqüente estímulo à BMS.

A maior concentração de BMS na área preparada para plantio via aração pode estar relacionada à maior presença de raízes, o que promove a alta exsudação de compostos orgânicos (TISDALL; OADES, 1982); à respiração microbiana do solo, que é limitada pela difusão de O_2 , necessário para a respiração aeróbica, através dos poros quando o solo encontra-se muito úmido (ROSOLEM et al., 2002); e à ação do calcário no solo que

aumenta o pH, aumentando assim a atividade microbiana, visto que, com o ajuste de pH, os microrganismos podem se desenvolver melhor (MOREIRA; SIQUEIRA,2002).

Ao analisar a variação de CO₂ observou-se que na porção superior do mapa ocorreu uma maior concentração (**Erro! Fonte de referência não encontrada.C**). Nessa área encontra-se presente a vereda, podendo assim constatar que os fatores determinantes da emissão de CO₂ são os bióticos, como planta e microbiota (D'ANDRÉA et al., 2009), visto que na porção inferior do mapa em que ocorreu o cultivo convencional de milho essa concentração foi bem menor.

As substâncias húmicas são os principais responsáveis pelas propriedades coloidais da MOS, representando até 65% da MOS, e sendo fracionado, segundo as características de solubilidade de suas frações, em frações ácidos húmicos e ácidos fúlvicos (YAGI et al., 2005).

A qualidade da MOS é indicada pela distribuição relativa das frações no solo (obtidas por métodos físicos e químicos de fracionamento) e o seu conteúdo de C e N, refletindo também as mudanças no manejo e na qualidade ambiental (CUNHA et al., 2005). As frações húmicas da MOS têm servido como indicadores de qualidade de solo, em razão da forte interação das substâncias húmicas com o material mineral e o manejo do solo (FONTANA et al., 2001).

Ao analisar a área de veredas, porção superior do mapa, constatou-se que essa área possui uma concentração maior de ácidos fúlvicos e ácidos húmicos, corroborando com Sousa (2013), que observou que a fração de ácidos húmicos em áreas com vegetação de veredas a fração ácidos húmicos foi maior em vegetação de veredas em relação a áreas de cultivos agrícolas.

Outros autores, como Portugal et al. (2008), ao analisar amostras coletadas nas camadas de 0-10 e 10-20 cm na região sudeste do Brasil, verificaram teores significativamente menores de C nas frações húmicas (ácidos húmicos e fúlvicos) em áreas de pastagens degradadas, comparativamente a solos semelhantes cobertos por mata tropical secundária, com valores intermediários destes atributos tendo sido determinados em cultivos arbóreos permanentes (pomares cítricos e seringais). Cunha et al. (2005) constatou que em solos do bioma Cerrado, sob cultivo convencional para produção de grãos, o aumento de ácidos fúlvicos e diminuição de ácido húmico foi favorecido ao comparar com solos cobertos por vegetação nativa

5 CONCLUSÕES

Os teores de carbono orgânico total, nitrogênio, matéria orgânica, ácidos húmicos, ácidos fúlvicos, porosidade total, emissão de CO₂ e umidade volumétrica reduzem claramente no sentido contrário ao declive, passando de área de veredas para área de cultivo convencional dos mapas de distribuição espacial obtidos

Para a densidade global e biomassa microbiana do solo, seus valores elevam no sentido declive dos mapas de distribuição espacial obtidos.

6 REFERÊNCIAS

ADDISCOT, T. M. Entropy and sustainability. **European Journal of Soil Science**. Dordrechster, v. 46, p.161-168, 1992.

BALOTA, E.L.; COLOZZI-FILHO, A.; ANDRADE, D.S.; DICK, R.P. Microbial biomass in soils under different tillage and crop rotation systems. **Biology and Fertility of Soils**, Firenzi, v. 38, n. 1, p. 15-20, 2003.

BASTIDA, F.; KANDELER, E.; MORENO, J. L.; ROS, M.; GARCÍA, C.; HERNÁNDEZ, T. Application of fresh and composted organic wastes modifies structure, size and activity of soil microbial community under semiarid climate. **Applied Soil Ecology**, v. 40, n. 2, p. 318-329, 2008. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2008.05.007>

BENITES, V. M.; MADARI, B.; MACHADO, PLO de A. Extração e fracionamento quantitativo de substâncias húmicas do solo: um procedimento simplificado de baixo custo. **Embrapa Solos. Comunicado Técnico**, 2003.

BERTOL, I.; DE ALMEIDA, J. A.; DE ALMEIDA, E. X.; KURTZ, C. Propriedades físicas do solo relacionadas a diferentes níveis de oferta de forragem de capim-elefante-anão cv. Mott. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, n. 5, p. 1047-1054, 2000. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2000000500024>

BLACK, C.A.; EVANS, D. D.; DINAUER, Richard C. **Methods of soil analysis**. Madison, WI: American Society of Agronomy, 1965.

CAMARGO, L.A.; MARQUES JÚNIOR, J.; PEREIRA, G.T. Spatial variability of physical attributes of an Alfisol under different hillslope curvatures. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, 34:617- 630, 2010. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832010000300003>

CAMPOS, D.C. **Potencialidade do sistema de colheita sem queima da cana-de-açúcar par o sequestro de carbono**. 2003. Tese (Doutorado em Microbiologia Agrícola) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, São Paulo, 2003. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11138/tde-26112003-151547>. Acesso em: 18 de maio de 2016.

CARVALHO, M. P.; TAKEDA, E. Y.; FREDDI, O. S. Variabilidade espacial de atributos de um solo sob videira em Vitória Brasil (SP). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, p. 695-703, 2003. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832003000400014>

CASSEL, D. K.; WENDROTH, O.; NIELSEN, D. R. Assessing spatial variability in an agricultural experiment station field: opportunities arising from spatial dependence. **Agronomy Journal**, v. 92, n. 4, p. 706-714, 2000. <https://doi.org/10.2134/agronj2000.924706x>

CATTELAN, A.J.; VIDOR, C. Flutuações na biomassa, atividade e população microbiana do solo, em função de variações ambientais. **Revista Brasileira Ciências do Solo**, 14:133-142, 1990.

CORRÊA, J. C., BÜLL, L. T., CRUSCIOL, C. A. C., & MORAES, M. H. Alteração de atributos físicos em Latossolo com aplicação superficial de escória de aciaria, lama cal, lodos de esgoto e calcário. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, p. 263-272, 2009. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832009000200004>

CUNHA, P.; MARQUES JÚNIOR, J.; CURI, N., PEREIRA, G. T.; LEPSCH, I. F. Superfícies geomórficas e atributos de Latossolos em uma seqüência arenítico-basáltica da região de Jaboticabal (SP). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, p. 81-90, 2005. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832005000100009>

D'ANDRÉA, A. F.; SILVA, M. L. N.; CURI, N., FREITAS, D., ROSCOE, R.; GUIMARÃES, P. T. G. Variações de curto prazo nas emissões de CO₂ do solo em diferentes sistemas de manejo do cafeeiro. **Química Nova**, v. 32, p. 2314-2317, 2009. <https://doi.org/10.1590/S0100-40422009000900014>

DE ARAÚJO, E. A.; KER, J. C.; NEVES, J. C. L.; LANI, J. L. Qualidade do solo: conceitos, indicadores e avaliação. **Applied Research & Agrotechnology**, v. 5, n. 1, p. 187-206, 2012. <https://doi.org/10.5777/PAeT.V5.N1.12>

DENARDIN, J.E.; KOCHHANN, R.A. Requisitos para implantação e a manutenção do sistema plantio direto. In: EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Trigo (Passo Fundo, RS). **Plantio direto no Brasil**. Passo Fundo: Aldeia Norte, 1993. p.19-27.

DIGGLE, P. J.; RIBEIRO, P. J.; GEOSTATISTICS, Model-based. **Springer Series in Statistics**. Springer, 2007.

DORAN, J.W.; PARKIN, T.B. Defining and assessing soil quality. In: DORAN, J.W.; COLEMAN, D.C.; BEZDOCEK, D.F.; STEWART, B.A., eds. Defining soil quality for a sustainable environment. Madison, **Soil Science Society of America**, 1994. p.3-35. (Publication, 35) <https://doi.org/10.2136/sssaspecpub35.c1>

DORAN, J.W.; COLEMAN, D. C.; BEZDICEK, D. F.; STEWART, B. A. (Org.) **Defining soil quality for a sustainable environment**. Madison: SSSA, 1994. p. 37-51.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 3. ed. rev. ampl. – Brasília, DF: EMBRAPA Solos p. 353, 2013.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. Rev. Atual. Rio de Janeiro: EMBRAPA, p. 212, 1997.

FREITAS, L. A. **Atributos físicos e químicos do solo e desempenho agrônomo da cultura da soja submetido a sistemas de manejos e residual de gesso**. 2015.

FONTANA, A., PEREIRA, M. G., NASCIMENTO, G. D., ANJOS, L. D., & EBELING, A. G. Matéria orgânica em solos de tabuleiros na região Norte Fluminense-RJ. **Floresta e Ambiente**, v. 8, n. 1, p. 114-119, 2001.

GOMES, N. M., FARIA, M. D., SILVA, A. D., MELLO, C. D., VIOLA, M. R. Variabilidade espacial de atributos físicos do solo associados ao uso e ocupação da paisagem. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 11, n. 4, p. 427-435, 2007. <https://doi.org/10.1590/S1415-43662007000400013>

GOLDEN SOFTWARE. **Surfer for Windows version 8.0**. Colorado: Golden, 2002.

GUO, Lanbin B.; GIFFORD, R. M. Soil carbon stocks and land use change: a meta analysis. **Global change biology**, v. 8, n. 4, p. 345-360, 2002. <https://doi.org/10.1046/j.1354-1013.2002.00486.x>

HUPET, F.; VANCLOOSTER, M. Intraseasonal dynamics of soil moisture variability within a small agricultural maize cropped field. **Journal of Hydrology**, v. 261, n. 1, p. 86-101, 2002. [https://doi.org/10.1016/S0022-1694\(02\)00016-1](https://doi.org/10.1016/S0022-1694(02)00016-1)

ISLAM, K. R.; WEIL, R. R. A rapid microwave digestion method for colorimetric measurement of soil organic carbon. **Communications in Soil Science & Plant Analysis**, v. 29, n. 15-16, p. 2269-2284, 1998. <https://doi.org/10.1080/00103629809370110>

KARLEN, D.L.; STOTT, D. A framework for evaluating physical and chemical indicators. In: DORAN, J.W.; COLEMAN, D.C.; BEZDICEK, D.F.; STEWART, B.A. (Eds.). **Defining soil quality for a sustainable environment**. Madison, Wisconsin, USA: Soil Science Society American, 1994. Cap.4, p.53-72. (Special Publication, 35).

LARSON, W. E.; PIERCE, F. J. The dynamics of soil quality as a measure of sustainable management. In: DORAN, J.W.; COLEMAN, D. C.; BEZDICEK, D. F.; STEWART, B. A. (Org.) **Defining soil quality for a sustainable environment**. Madison: SSSA, 1994. p. 37-51.

LI, H.; LASCANO, R. J.; BOOKER, J.; WILSON, L. T.; BRONSON, K. F.; SEGARRA, E. State-space description of heterogeneity: water and nitrogen use in cotton. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 66, n. 2, p. 585-595, 2002.

LIU, P. W.; IVANOV, I. I.; FILLEUR, S.; GAN, Y.; REMANS, T.; FORDE, B. G. Review Nitrogen Regulation of Root Branching. **Annals of Botany**, London, v. 97, p. 875-881, 2006. <https://doi.org/10.1093/aob/mcj601>

MACHADO, P.L.O.A. Carbono do solo e a mitigação da mudança climática global. **Química Nova**, São Paulo, v. 28, n. 2, p. 329-334, 2005. <https://doi.org/10.1590/S0100-40422005000200026>

MARTÍNEZ-FERNÁNDEZ, J.; CEBALLOS, A. Temporal stability of soil moisture in a large-field experiment in Spain. **Soil Science Society of America Journal**, v. 67, n. 6, p. 1647-1656, 2003. <https://doi.org/10.2136/sssaj2003.1647>

MARQUELLI, R.P. O desenvolvimento sustentável da agricultura no cerrado brasileiro. **Brasília: ISAEFGV/ Ecobusiness School**, 2003.

MITTERMEIER, R. A.; MYERS, N.; GIL, P. R.; MITTERMEIER, C. G. **Hotspots: earth's biologically richest and Endangered terrestrial e correigions**. Mexico: CEMEX, 1999. 430 p.

MOREIRA, F. M.; SIQUEIRA, J.O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 625 p. 2002.

NORTCLIFF, S. Standardisation of soil quality attributes. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 88, n. 2, p. 161-168, 2002. [https://doi.org/10.1016/S0167-8809\(01\)00253-5](https://doi.org/10.1016/S0167-8809(01)00253-5)

PANOSSO, A. R.; PEREIRA, G. T. MARQUES JR., J.; LA SCALA JR., N. Variabilidade espacial da emissão de CO₂ em latossolos sob cultivo de cana-de-açúcar em dois sistemas de manejo. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 28, p. 227-236, 2008.

PORTUGAL, A. F.; JUCKSCH, I.; SCHAEFER, C. E. G.; WENDLING, B. Determinação de estoques totais de carbono e nitrogênio e suas frações em sistemas agrícolas implantados em Argissolo Vermelho-Amarelo. **Revista Brasileira de Ciências**

do Solo, v. 32, n. 5, p. 2091-2100, 2008. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832008000500030>

RATTER, J. A., RIBEIRO, J. F., BRIDGEWATER, S. The Brazilian cerrado vegetation and threats to its biodiversity. **Annals of botany**, v. 80, n. 3, p. 223-230, 1997. <https://doi.org/10.1006/anbo.1997.0469>

RESCK, D.V.S. Agricultural intensification systems and their impact on soil and water quality in the Cerrados of Brazil. In: LAL, R. (Ed.). **Soil quality and agricultural sustainability**. Chelsea: Ann Arbor Press, 1998. p.288-300.

REZENDE, L.A.; ASSIS, L.C. & NAHAS, E. Carbon, nitrogen and phosphorus mineralization in two soils amended with distillery yeast. **Biores. Technol.**, 94:159-167, 2004. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2003.12.004>

ROCHA, L.C.; CARVALHO, V.L.M. Gênese e evolução dos solos na bacia do Córrego do Quebra, Gouveia - MG. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, 10., Rio de Janeiro, 2003. **Anais**. Rio de Janeiro, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2003. CD-ROM

ROLIM, G. D. S.; CAMARGO, M. B. P. D.; LANIA, D. G.; MORAES, J. F. L. D. Classificação climática de Köppen e de Thornthwaite e sua aplicabilidade na determinação de zonas agroclimáticas para o estado de São Paulo. **Bragantia**, p. 711-720, 2007. <https://doi.org/10.1590/S0006-87052007000400022>

ROSOLEM, C. A.; FOLONI, J. S. S.; TIRITAN, C. S. Root growth and nutrient accumulation in cover crops as affected by soil compaction. **Soil and Tillage Research**, v. 65, n. 1, p. 109-115, 2002. [https://doi.org/10.1016/S0167-1987\(01\)00286-0](https://doi.org/10.1016/S0167-1987(01)00286-0)

ROSSETTO, R.; DIAS, F.L.F.; VITTI, A.C.; TAVARES, S. Potássio In: DINARDOMIRANDA, L.L.; VASCONCELOS, A.C.M. de; LANDELL, M.G. de A (ed.). **Cana de-açúcar**. Campinas, Instituto Agrônômico, p. 289-312, 2008.

SILVA, R. R. D.; SILVA, M. L. N.; CARDOSO, E. L.; MOREIRA, F. M. D. S.; CURI, N.; ALOVISI, A. M. T. Biomassa e atividade microbiana em solo sob diferentes sistemas de manejo na região fisiográfica Campos das Vertentes-MG. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.34, n.5, p. 1585-1592, 2010. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832010000500011>

SOUSA, R. F. **Frações da matéria orgânica e atributos biológicos do solo em veredas conservadas e antropizadas no bioma cerrado**. 2013.

SOUZA, F. R.; ROSA JUNIOR, E. J.; FIETZ, C. R.; BERGAMIN, A. C.; VENTUROSO, L. R.; ROSA, Y. B. C. J. Atributos físicos e desempenho agronômico da cultura da soja em um Latossolo Vermelho Distroférrico submetido a dois sistemas de manejos. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 34, n. 6, p. 1357-1364, 2010.

TISDALL, J.M.; OADES, J.M. Organic matter and waterstable aggregates in soil. **J. Soil Sci.**, 33:141-163, 1982. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2389.1982.tb01755.x>

VIEIRA, S. R. Geoestatística aplicada à agricultura de precisão. **Agricultura de precisão**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, p. 93-108, 2000.

VAN PELT, R. SCOTT; WIERENGA, PETER J. Temporal stability of spatially measured soil matric potential probability density function. **Soil Science Society of America Journal**, v. 65, n. 3, p. 668-677, 2001. <https://doi.org/10.2136/sssaj2001.653668x>

VANCE, E. D., P.C. BROOKES; D. S. JENKINSON. An extraction method for measuring soil microbial biomass-C. **Soil Biology & Biochemistry**, Oxford v. 19, n. 1, p. 703–707, 1987. [https://doi.org/10.1016/0038-0717\(87\)90052-6](https://doi.org/10.1016/0038-0717(87)90052-6)

VINCENT, G.; SHAHRIARI, A. R.; LUCOT, E.; BADOT, P. M.; EPRON, D. Spatial and seasonal variations in soil respiration in a temperate deciduous forest with fluctuating water table. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 38, n. 9, p. 2527-2535, 2006. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2006.03.009>

WARRICK, A. W.; NIELSEN, D. R. **Spatial variability of soil physical properties in the field**. 1980.

WENDLING, B.; JUCKSCH, I.; MENDONÇA, E.S.; VINHAL-FREITAS, I.C. Mudanças no carbono e nitrogênio em diferentes compartimentos da matéria orgânica sob sistema agrossilvipastoril. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 21, n. 4, p. 641-653, 2011. <https://doi.org/10.5902/198050984509>

YAGI, R.; FERREIRA, M. E.; CRUZ, M. C. P. D.; BARBOSA, J. C.; ARAÚJO, L. A. N. D. Soil organic matter as a function of nitrogen fertilization in crop successions. **Scientia Agricola**, v. 62, n. 4, p. 374-380, 2005. <https://doi.org/10.1590/S0103-90162005000400011>

YEOMANS, J.; BREMNER, J. M. A rapid and precise method four routine determination of organic carbon in soil. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**. New York, v. 19, n. 1, p. 1467–1476, 1988.