

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
PEDRO JOEL DOS SANTOS JUNIOR

VARIABILIDADE ESPACIAL DE COMPARTIMENTOS DA MATÉRIA
ORGÂNICA EM CLASSES DE AGREGADOS DE UM LATOSSOLO
VERMELHO SOB CAFEIEIRO

Monte Carmelo
2019

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
PEDRO JOEL DOS SANTOS JUNIOR

VARIABILIDADE ESPACIAL DE COMPARTIMENTOS DA MATÉRIA
ORGÂNICA EM CLASSES DE AGREGADOS DE UM LATOSSOLO
VERMELHO SOB CAFEIEIRO

Trabalho de Conclusão apresentado ao curso de Agronomia da Universidade Federal de Uberlândia, Campus Monte Carmelo, como requisito necessário para a obtenção do grau de Engenheiro Agrônomo.

Orientada: Profa. Dra. Cinara Xavier de Almeida

Coorientador: Prof. Dr. Edmar Isaias de Melo

Monte Carmelo
2019

PEDRO JOEL DOS SANTOS JUNIOR

VARIABILIDADE ESPACIAL DE COMPARTIMENTOS DA MATÉRIA
ORGÂNICA EM CLASSES DE AGREGADOS DE UM LATOSSOLO
VERMELHO SOB CAFEIEIRO

Trabalho de Conclusão apresentado ao curso de
Agronomia da Universidade Federal de
Uberlândia, Campus Monte Carmelo, como
requisito necessário para a obtenção do grau de
Engenheiro Agrônomo.

Monte Carmelo, 21 de novembro de 2019

Banca Examinadora

Profª. Dra. Cinara Xavier de Almeida
Orientador (a)

Prof. Dr. Edmar Isaías de Melo
Membro da Banca

Prof. Dr. Ricardo Falqueto Jorge
Membro da Banca

Monte Carmelo
2019

SUMÁRIO

RESUMO	6
1 INTRODUÇÃO	7
2 JUSTIFICATIVA	8
3 OBJETIVOS	9
4 REVISÃO DE LITERATURA	9
5 MATERIAL E MÉTODOS	14
6 RESULTADO E DISCUSSÃO	17
7 CONCLUSÕES	26
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	27

AGRADECIMENTOS

À Deus, por todas oportunidades e conquistas de minha vida.

Sou grato a Universidade Federal de Uberlândia, em especial ao Campus Monte Carmelo por me dar a oportunidade de um curso de alta qualidade, a todos funcionários e corpo docente pelo ensinamos e conselhos que levarei para vida toda.

Aos meus pais Pedro Joel e Geruza Fátima e também aos meus irmãos Franck Stanley, Francis Ender e Loren Géssica, pelo amor, carinho, companheirismo e incentivos que me fizeram chegar até aqui.

À minha namorada Amanda Nunes e aos seus familiares, pela ajuda, suporte, amor e cumplicidade oferecido a mim.

À minha orientadora Profa. Dra. Cinara Xavier de Almeida, pela compreensão, dedicação, auxílio e pelos conhecimentos a mim repassados.

Carinhosamente ao Prof. Dr. Edmar Isaias de Melo pela amizade construída ao longo destes cinco anos, pelo apoio e por todos conhecimentos a mim repassados.

Aos membros da banca examinadora, pela revisão, críticas e contribuições fundamentais para a finalização do trabalho.

A todos companheiros de graduação por grandes amizades construída ao longo do curso, pelo companheirismo e noites de estudos.

A todos que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho.

RESUMO

A cafeicultura tem muita importância socioeconômica para o Brasil, sendo o maior produtor e exportador de café no mundo, sendo o café quinto produto na pauta de exportação brasileira no ano de 2017. A estabilidade dos agregados está diretamente associada ao teor de carbono orgânico presente no solo e à formação das três principais frações húmicas (ácido húmico, ácido fúlvico e humina) que são substâncias derivadas da decomposição da matéria orgânica, contribuindo com a composição de complexos organominerais. Por outro lado, o conhecimento da variabilidade espacial de variáveis químicas e físicas do solo permite a visualização da área de uma forma heterogênea, o que possibilita o emprego da agricultura de precisão. Desse modo, a agricultura de precisão na cafeicultura pode proporcionar um aumento de eficiência no manejo, no uso de insumos agrícolas, planejamento e tomadas de decisões. Dessa forma, objetivou-se com este estudo avaliar a variabilidade espacial dos compartimentos da matéria orgânica e a influência desses na agregação de um Latossolo Vermelho argiloso, como indicadores de qualidade do solo sob cafeicultura na região do Cerrado Mineiro. O experimento foi realizado na Fazenda Juliana, município de Monte Carmelo MG, em uma área de aproximadamente 14 hectares cultivada com café (*Coffea arabica* L.). A amostragem do solo foi realizada em uma malha amostral com 61 pontos distanciadas entre 50 x 50m. As amostras foram analisadas em laboratório e quantificadas os teores de carbonos orgânicos na fração ácido húmico e ácido fúlvico nas quatro classes de agregados analisadas e foi verificado que o carbono orgânico na fração ácido húmico apresenta maiores teores nos agregados de diâmetro médio maior. Foi possível caracterizar a distribuição espacial dos carbonos orgânicos na fração ácido húmico e ácido fúlvico através da geoestatística onde as variáveis avaliadas apresentaram grau de dependência forte. Há correlação positiva entre as variáveis diâmetro médio de agregados e teores de carbono orgânico tanto na fração ácido húmico quanto na fração ácido fúlvico. Foi possível observar que os teores de carbono orgânico na fração ácido húmico se elevam de forma linear à medida que se aumenta o diâmetro médio de agregado.

Palavras-chave: agricultura de precisão, *Coffea arabica* L., substâncias húmicas, geoestatística

1. INTRODUÇÃO

O Brasil destaca-se como o maior produtor e exportador de café e segundo maior consumidor da bebida no mundo. Assim, a cultura do cafeeiro é uma importante fonte de receita para centenas de municípios brasileiros além da cadeia produtiva de café ser responsável pela geração de mais de oito milhões de empregos no território nacional (MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO - MAPA, 2017).

A variabilidade espacial das propriedades do solo pode ser influenciada por fatores intrínsecos como material de origem, relevo, clima, organismos, tempo; e por fatores extrínsecos, normalmente devido às práticas de manejo do solo (CARVALHO; TAKEDA; FREDDI, 2003). Sendo assim, o estudo da variabilidade espacial de propriedades do solo tem grande importância para aumentar a eficiência do uso de insumos e o manejo nas lavouras.

Dessa forma, a agricultura de precisão é uma ferramenta para aplicações de procedimentos que expõe a variabilidade no espaço e no tempo, podendo auxiliar nas tomadas de decisões para fazer o uso de práticas de manejo (ALMEIDA; GUIMARÃES, 2017).

Para que aconteça um adequado desenvolvimento vegetal é de suma importância a qualidade física do solo, que pode ser expressa pela sua estrutura e agregados estáveis em água. O volume poroso proporcionado pelos agregados irá determinar a capacidade de armazenamento de água no solo (WHITE, 2009). A estabilidade dos agregados do solo está associada à quantidade e à presença dos seguintes elementos no solo: carbono orgânico total, nitrogênio total, ácidos fúlvicos, ácidos húmicos, humina, carbono microbiano e matéria orgânica leve (PORTUGAL et al., 2010).

As substâncias húmicas podem ser fragmentadas em outras três categorias (ácido húmicos, ácidos fúlvicos e humina), que são substâncias derivadas da decomposição da matéria orgânica, contribuindo com a composição de complexos organominerais (AMENDOLA, 2017).

O ácido húmico é o resultado de um processo oxidativo na existência de cálcio (Ca), potássio (K), fósforo (P) e dentre outros micronutrientes, resultando em um material com valores consideráveis desses elementos adicionado ao nitrogênio (N) fixado do ar, ocorrendo no húmus em quantidade superior do que no material vegetal original. Apresentam solubilidade em meio básico e insolubilidade em meio ácido, e são estabelecidos como elementos de tonalidade escura (PRIMAVESI, 2017).

Os ácidos fúlvicos são sintetizados, principalmente, pela associação de pequenas moléculas hidrofílicas que apresentam grupos funcionais ácidos, os quais mantêm seus constituintes solúveis em qualquer faixa de pH (ASSUNÇÃO et al., 2013).

Já a humina corresponde à fração remanescente da extração dos ácidos húmicos e fúlvicos, composta de materiais complexos e insolúveis tanto em meios ácidos como alcalinos (CARON; GRAÇAS; CASTRO., 2015).

A distribuição do carbono de compostos orgânicos nas três principais frações húmicas depende de condições edafoclimáticas da área, do uso e de diferentes sistemas de manejo do solo (FERRAZ et al., 2017). As substâncias húmicas podem se ligar a fração mineral por meio dos cátions polivalentes. Resultando no aumento de agregação das partículas do solo (PRIMO; MENEZES; SILVA, 2011). Os teores de matéria orgânica possuem uma correlação com a estabilidade de agregados do solo e apresentam distribuição espacial semelhante (SOUZA; MARQUES JÚNIOR; PEREIRA, 2004).

2. JUSTIFICATIVA

O conhecimento da variabilidade dos compartimentos da matéria orgânica no solo é muito importante, uma vez que esses elementos determinam a qualidade físico-química do solo o que vai implicar diretamente na produtividade das culturas. Além disso, o estudo dos compartimentos da matéria orgânica permite avaliar a importância de cada componente no processo de agregação e estabilidade dos agregados.

Desse modo, o uso da geoestatística pode ser uma ferramenta importante para mapear diferentes áreas relacionadas à qualidade do solo, o que permite um manejo com melhor eficiência na cultura do café, justificando-se, assim, a importância deste estudo.

3. OBJETIVOS

Objetivou-se com este estudo avaliar a variabilidade espacial dos compartimentos da matéria orgânica e a influência desses na agregação de um Latossolo Vermelho argiloso, sob cafeeiro na região do Cerrado Mineiro.

4. REVISÃO DE LITERATURA

4.1. CAFEICULTURA

A cafeicultura é uma atividade de notável relevância para setor agropecuário brasileiro, apresentando grande importância para o desenvolvimento socioeconômico, promovendo a geração de empregos, tributos e contribuição considerável na formação da receita cambial brasileira (FASSIO; SILVA, 2007).

O Brasil destaca-se como o maior produtor e exportador de café e segundo maior consumidor da bebida no mundo. A exportação do café é o quinto produto na pauta de exportação brasileira, movimentando US\$ 5,2 bilhões no ano de 2017 (MAPA, 2017).

O café é uma importante fonte de receita para centenas de municípios brasileiros além da cadeia produtiva do café ser responsável pela geração de mais de oito milhões de empregos no território nacional (MAPA, 2017).

Segundo Fernandes et al. (2012), a cafeicultura do cerrado brasileiro é uma das mais promissoras no país, devido ao clima favorável, mecanização e modernas práticas de manejo, o que proporciona altas produtividades com excelente qualidade.

O boletim de setembro de 2019 elaborado pela COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB, estima uma área total de café em produção no Brasil na safra de 2019 em torno de 2,13 milhões de hectares e 319,17 mil hectares para área de café em formação, resultando em um montante de 2,16 milhões de hectares. O café arábica corresponde

a uma área de 1,73 milhão de hectares representando 81% da área total cultivada (CONAB, 2019).

4.2.AGRICULTURA DE PRECISÃO

Para Gebbers e Adamchuk (2010), a agricultura de precisão pode ser definida como uma importante ferramenta para práticas agrícolas com o emprego da tecnologia de informação para o tratamento da variabilidade espacial. Segundo Flores e Alba (2014), Bassoi et al. (2014), Bernardi et al. (2015), a agricultura de precisão pode ser definida como uma ferramenta para aplicações de procedimentos e equipamentos que expõe a variabilidade no espaço e no tempo, podendo auxiliar nas tomadas de decisões para fazer o uso ou não de práticas de manejo.

Mesmo em áreas de solos vistas como homogêneas, as características do solo podem apresentar amplas variações de valores, uma vez que o solo é produto da ação de diversos fatores de formação e varia continuamente na superfície (GONÇALVES; FOLEGATTI; MATA, 2001).

As variabilidades espaciais das propriedades do solo podem ser influenciadas por fatores intrínsecos como material de origem, relevo, clima, organismos, tempo e por fatores extrínsecos, normalmente devido as práticas de manejo do solo (CARVALHO; TAKEDA; FREDDI, 2003).

As análises dos mapas de distribuição espacial possibilitam constatar variações em diferentes pontos no campo, o que possibilita um manejo específico e localizado de acordo com suas necessidades, promovendo maior eficiência no uso de insumos. (COELHO, 2003)

Além disso, de acordo com Ferraz et al. (2017) o uso dos mapas de distribuição espacial é de fundamental importância para a cafeicultura de precisão uma vez que auxilia no acompanhamento do desenvolvimento da cultura.

Segundo Cruz et al. (2010), a geoestatística permite confecção de mapas de distribuição espacial de carbono orgânico, permitindo assim, a definição de zonas de manejo, sendo portanto, ferramenta importante para tomadas de decisões, quando não há um conhecimento da distribuição espacial o manejo da área será menos eficiente, em razão do produtor desconhecer a distribuição espacial do nutriente na sua área, podendo superestimar ou subestimar o aporte de insumos em determinados pontos.

Os variogramas determinam a dependência espacial, entre amostras e o alcance dessa dependência (VIEIRA; NIELSEN; BIGGAR, 1981). São gráficos que reproduzem a dependência espacial de uma determinada variável, que comumente é representado pelo gráfico $\gamma(h)$ versus h . A curva é iniciada no valor denominado de variância pepita (C_0) e aumentando de acordo com a semivariância, até uma distância conhecida como alcance (a), onde atinge o patamar ($C_0 + C_1$) (ZANETTI, 2013). É possível definir classes distintas de aleatoriedade das variáveis do solo, através da razão entre o efeito pepita (C_0) e o patamar (C_0+C_1) conforme classificação proposta por Cambardella et al. (1994), sendo elas: $C_0/(C_0+C_1) \leq 25\%$, variável apresenta forte dependência espacial; $C_0/(C_0+C_1)$ entre 25% e 75% , variável apresenta moderada dependência espacial; $C_0/(C_0+C_1) > 75\%$, variável apresenta fraca dependência espacial.

A estimativa de valores em pontos não amostrados é realizada através da krigagem, que efetua interpolações com valores de pontos vizinhos com variáveis conhecidas. A construção de mapas de distribuição espacial através das estimativas realizadas pela krigagem podem ser de grande importância no planejamento agrícola, na visualização e interpretação do comportamento de distribuição espacial dos atributos do solo avaliados (ZANETTI, 2013).

4.3. AGREGAÇÃO DO SOLO

De acordo com White (2009), para que aconteça um bom desenvolvimento vegetal é de suma importância a estruturação do solo e a existência de agregados estáveis em água. Dentre outras propriedades relacionadas à qualidade do solo, o volume poroso existente nos agregados irá determinar a capacidade de armazenamento de água no solo.

O revolvimento do solo pode desfavorecer a agregação do solo, diminuindo a sua qualidade física. O cultivo pode criar temporariamente, uma condição de solo mais solto e com maior porosidade, o que favorece um melhor desenvolvimento do sistema radicular e a emergência de plântulas, no entanto, em longo prazo, o preparo do solo acelera a perda por oxidação da matéria orgânica dos horizontes mais superficiais, enfraquecendo seus agregados (BRADY; WEIL, 2012). Mesmo que a forma e o tamanho das unidades estruturais não se alterem, uma simples mudança na sua disposição, com conseqüente alteração do espaço poroso,

determinará novo comportamento dos processos que ocorrem dentro do solo (FERREIRA, 2010).

De acordo com Silva e Mielniczuk (1998) os diferentes sistemas de cultivo e características dos solos possuem influência na agregação do solo.

Corrêa (2002) complementa ainda que sistemas produtivos em que não são realizadas práticas de revolvimento do solo e onde há um maior aporte de palhada sobre a superfície do solo apresentam maior preservação da qualidade estrutural do solo. Segundo Argenton et al. (2005) o cultivo de plantas de cobertura pode ser uma prática favorável uma vez que há uma maior produção de matéria orgânica o que promove a melhoria de propriedades relacionadas à estrutura física do solo.

Salton et al. (2008) afirmam que a estabilidade dos macroagregados do solo está associada ao teor de carbono orgânico presentes no solo. Albuquerque, Cassol e Reinert, (2000) afirmam que solos que apresentam elevada estabilidade de agregados possuem uma maior resistência à desagregação pelo impacto das gotas de chuva, o que colabora com a menor taxa de erosão dos mesmos. Ainda, de acordo com Portugal et al. (2010), a estabilidade dos agregados do solo está associada à quantidade e à presença de substâncias no solo: carbono orgânico total, nitrogênio total, ácidos fúlvicos, ácidos húmicos, humina, carbono microbiano e matéria orgânica leve.

4.4.DIFERENTES COMPARTIMENTOS DA MATERIA ORGÂNICA DO SOLO

De acordo com Brady e Weil (2012) a matéria orgânica do solo não contribui apenas como fonte de nutrientes para as plantas, mas também para viabilizar a diversidade biológica, auxilia no controle de doenças das plantas, estabilidade de agregados e a quelação de metais, sequestro de carbono, aumento de retenção de água, adsorção de cátions trocáveis, imobilização de pesticidas e a desintoxicação por metais pesados.

A matéria orgânica de solos minerais é constituída aproximadamente de 65 a 80% de substâncias húmicas, que são representadas pelas frações de ácido fúlvicos, ácido húmico e humina. Podendo ser fracionadas quimicamente e fisicamente, sendo o fracionamento químico o mais utilizado (MENDONÇA; MATOS, 2017). De acordo com Amendola (2017), as

substâncias húmicas podem ser fragmentadas em outras três categorias (ácido húmico, ácido fúlvico e húmica), que são substâncias derivadas da decomposição da matéria orgânica, contribuindo com a composição de complexos organominerais.

Conforme Parfitt (1997) a matéria orgânica associada aos minerais é composta especialmente por substâncias húmicas, que interagem com minerais por meio de seus diversos grupos funcionais, produzindo complexos organominerais.

Dick et al. (2009) certificam que a composição da distribuição do carbono de composto orgânicos nas três principais frações húmicas depende de condições edafoclimáticas da área, do uso e dos diferentes sistemas de manejo do solo. Contudo, Rossi et al. (2011) destacam que o fracionamento químico dos compostos da matéria orgânica do solo pode ser uma ferramenta de grande utilidade para a identificar alterações nas propriedades físicas do solo provenientes das práticas e sistemas agrícolas. Assim, Andrade et al. (2013) constatam que áreas sob cultivo agrícola apresentam teores de carbono orgânico inferiores quando comparadas a áreas sob vegetação natural, evidenciando que o uso agrícola leva à diminuições da concentrações de carbono do solo.

4.4.1. ÁCIDOS HÚMICOS

De acordo com Primavesi (2017), os ácidos húmicos podem ser formados a partir de um processo oxidativo na existência de micronutrientes e Cálcio (Ca), Potássio (K), Fósforo (P) e outros, resultando em um material com valores consideráveis dos elementos carbono adicionado ao N fixado do ar, acontecendo no húmus em teores superiores quando comparados ao material vegetal original.

Conforme Primo, Menezes e Silva (2011), os ácidos húmicos apresentam solubilidade em meio alcalino e são insolúveis em meio ácido. Estabelecidos como materiais de tonalidade escura, constituída por macromoléculas de massa molecular relativamente elevada, formados através de reações de síntese secundárias, por meio da utilização de substâncias residuais de plantas, animais e microorganismos.

4.4.2. ACIDOS FÚLVICOS

De acordo com Assunção et al. (2013) os ácidos fúlvicos são formados principalmente, pela associação de pequenas moléculas hidrofílicas que apresentam grupos funcionais ácidos, os quais mantêm seus constituintes solúveis em qualquer faixa de pH.

Caron, Graças e Castro (2015) afirmam que os ácidos fúlvicos apresentam uma semelhança estrutural aos ácidos húmicos e que denotam características diferentes quanto ao peso molecular, quantidade de compostos fenólicos, de grupos carboxílicos e menor abundância de estruturas aromáticas. Os ácidos fúlvicos possuem solubilidade em água, em meios ácidos e alcalinos.

5. MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido na Fazenda Juliana, município de Monte Carmelo-MG, próximas as coordenadas geográficas: 18°42'28,9" de latitude sul e 47°33'27,0" de longitude oeste. A área de experimento, aproximadamente 14 hectares, que vem sendo cultivada com cafeeiro (*Coffea arabica* L.), renovado no ano de 2012, em um LATOSSOLO VERMELHO argiloso (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA, 2013). O clima predominante da região é do tipo Aw segundo a classificação climática de Köppen (1931).

A malha amostral foi caracterizada por 61 pontos distanciados de 50x50 m. As análises físicas do solo foram realizadas no Laboratório de Física do Solo (LAFIS), enquanto que as concentrações de ácidos húmicos e fúlvicos foram realizadas no laboratório de química da Universidade Federal de Uberlândia.

Para a coleta das coordenadas foi utilizado dois receptores GNSS (*Global Navigation Satellite System*) de dupla frequência L1/L2. Sendo um dos receptores utilizados para servir de

suporte para realizar um posicionamento relativo estático. Posteriormente os dados foram processados no software *Topcon Tools 8.2.3*, foram tomadas como estações de referência para pós processamento as estações de Uberlândia e Rio Paranaíba, da Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo (RBMC).

A amostragem do solo foi realizada na camada de 0 a 0,1m, sendo uma amostra por ponto da malha.

Nessas amostras foram determinadas a estabilidade de agregados do solo conforme metodologia proposta pela Embrapa (2011). O tamisamento à úmido foi realizado em um recipiente cilíndrico onde foram colocados quatro jogos de peneiras. Cada conjunto no tamisador foi constituído por peneiras com malhas de 2,0 - 1,0 - 0,5 e 0,25 mm de abertura. Foi quantificado o solo retido em cada peneira, obtendo-se, assim, quatro classes de agregados, cujos diâmetros médios foram, respectivamente, 3,0 (C3,0); 1,5 (C1,5); 0,75 (C0,75) e 0,375 (C0,375) mm. As amostras de solo foram preparadas com peneira de 4 mm de abertura de malha. Em cada classe de agregados foi realizado o fracionamento da matéria orgânica do solo, em que foi utilizada a técnica de solubilidade diferencial adaptada de Benites, Madari e Machado (2003).

Foi realizada uma análise de variância para avaliar a influência dos diferentes compartimentos da matéria orgânica na agregação do solo.

Os dados foram submetidos à análises estatística para determinação da média, mediana, mínimo, máximo, curtose, coeficiente de variação e determinação do coeficiente de correlação de Pearson, utilizando o software estatístico R (R. CORE TEAM, 2016).

Para cada variável obtida foi realizado um estudo estatístico, através da estatística clássica, visando caracterizar a distribuição probabilística e verificar a variabilidade dos dados. Os momentos estatísticos que foram utilizados nessa metodologia são:

Média (μ): Eq. (1)

$$\mu = \Sigma Z_i/n$$

Variância (σ^2): Eq. (2)

$$\sigma^2 = \Sigma (Z_i - \mu)^2 / (n-1)$$

Coeficiente de assimetria (g_1): Eq. (3)

$$g_1 = M_3 / (\sigma^2)^{1.5}$$

em que:

$$M_3 = \Sigma((Z_i)^3/n) - 3\mu \Sigma((Z_i)^2/n) + 2\mu^3$$

Coefficiente de curtose (g₂):

Eq. (4)

$$g_2 = M_4/(\sigma^2)^2$$

em que:

$$M_4 = \Sigma((Z_i)^4/n) - 4\mu \Sigma((Z_i)^3/n) + 6\mu^2 \Sigma((Z_i)^2/n) - 3\mu^4$$

Também foram analisados os valores mínimos, máximo e amplitude dos dados observados.

A metodologia geoestatística foi utilizada com o objetivo de definir o modelo de variabilidade espacial das substâncias húmicas envolvidos neste estudo.

A análise variográfica foi realizada através dos semivariogramas. Para cada variável foram realizados os cálculos das semivariâncias. Em seguida foi elaborado um gráfico da semivariância $\gamma(h)$ versus distância (h); este gráfico foi utilizado para definir o modelo de semivariograma que foi ajustado aos dados experimentais. O cálculo das semivariâncias e a escolha do modelo de semivariograma foi feita através do software de geoestatística GS⁺ (ROBERTSON, 1998).

Após a definição do modelo de semivariograma foi realizada uma interpolação usando o método de krigagem. A estimativa por krigagem segue a seguinte equação:

$$Z^*(x) = \Sigma \lambda_i Z(x_i); \quad \text{Eq. (5)}$$

em que:

λ são os pesos de cada valor medido, Z é valor medido e Z^* é o valor estimado através do método de krigagem.

Os pesos λ que são obtidos através do método de multiplicadores de Lagrange, associados a equação de estimação e a exigência do método de que a esperança dos erros seja igual a zero e variância de estimação seja mínima, faz com que a variância de krigagem seja a menor variância entre todos os processos de interpolação.

Para obtenção dos mapas tridimensionais de relevo e dos atributos estudados foi utilizado o programa GS⁺ e os dados foram interpolados por meio da técnica da krigagem, a qual utiliza os parâmetros de semivariograma.

Utilizou-se teste de correlação de Pearson para verificar possíveis relações entre os teores de carbonos orgânicos na fração ácido húmico e ácido fúlvico e diferentes diâmetros médio das classes de agregado

Foi utilizado ainda, o semivariograma cruzado para permitir a verificação da correlação espacial entre os atributos avaliados.

Para o ajuste dos modelos matemáticos aos semivariogramas foi utilizado o método de validação “*Jack-knifing*”, no qual foram analisados os valores de média e variância dos erros reduzidos (SOUZA; COGO; VIEIRA, 1997), os quais foram considerados os modelos: esférico e gaussiano.

6. RESULTADO E DISCUSSÃO

Os valores de média e mediana apresentadas foram semelhantes, o que indica que o ponto central dos valores é similar à média aritmética das variáveis estudadas, não havendo discrepâncias acentuadas para as mesmas (Tabela 1).

A curtose é uma medida de dispersão que determinam a curva da função de distribuição. Se a curtose for igual a três é caracterizado como curtose de distribuição normal, se a curtose for superior a três é caracterizado como curtose platicúrtica e inferior a três é caracterizado como curtose leptocúrtica (FANG; LAI, 1997). Todas as variáveis analisadas apresentaram coeficiente de curtose inferior a três caracterizadas como curtose leptocúrtica.

Tabela 1. Análise descritiva dos teores de carbono orgânico nas frações ácido húmico e ácido fúlvico em diferentes classes de agregados da camada de 0-0,10 m de um Latossolo Vermelho argiloso cultivado com *Coffea arabica*, localizado na Fazenda Juliana, Monte Carmelo – MG

	Classes de agregados (mm)	Média (mg g ⁻¹)	Mediana (mg g ⁻¹)	Desvio Padrão	Min (mg g ⁻¹)	Max (mg g ⁻¹)	Var	Assimetria	Curtose
Ácido Húmico	C3,0	3,03	2,83	1,25	0,91	6,8	1,56	0,53	0,04
	C1,5	2,73	2,52	1,19	0,67	5,4	1,42	0,50	-0,52
	C0,75	2,52	2,43	1,21	0,77	6,0	1,46	0,72	-0,12
	C0,375	2,29	2,18	1,09	0,78	5,5	1,18	0,68	-0,24
Ácido Fúlvico	C3,0	7,75	7,79	4,07	0,87	14,05	16,60	-0,06	-1,33
	C1,5	7,42	7,95	4,08	0,89	14,41	16,68	-0,03	-1,37
	C0,75	7,15	7,04	4,00	0,86	13,31	16,00	0,01	-1,41
	C0,375	7,14	7,06	3,67	1,01	13,05	13,53	-0,02	-1,34

C3,0 = Diâmetro médio de agregado 3,0mm; C1,5 = Diâmetro médio de agregado 1,5mm; C0,75 = Diâmetro médio de agregado 0,75mm; C0,375 Diâmetro médio de ponderado de agregados 0,375mm; Min = Mínimo; Max = Máximo; Var = Variância

Os teores de carbono orgânico na fração ácido húmico variaram de 0,67 a 6,8 mg g⁻¹, enquanto carbono orgânico na fração ácido fúlvico variaram de 0,86 a 14,41 mg g⁻¹.

As classes de agregados menores apresentaram médias inferiores, tanto para carbono orgânico na fração ácido húmico quanto para carbono orgânico na fração ácido fúlvico. Menores teores de substâncias húmicas foram relatados por Leite et al. (2015) em estudo realizado com amostras da camada de 0- 0,05 m em um solo classificado como Argiloso Vermelho-Amarelo, no município de Gilbués – PI, onde foram observados teores máximos de carbono orgânico na fração ácido húmico de 5,7 mg g⁻¹ e 3,3 mg g⁻¹ de carbono orgânico na fração ácido fúlvico.

Ebeling et al. (2011) verificaram em diferentes tipos de solos que o comportamento da matéria orgânica altera de acordo com o ambiente de formação, material de origem, clima e composição granulométrica, também foi inferido que em solo com textura argilosa a muito argilosa apresentou teores mais elevados de carbonos orgânicos, especialmente na forma de carbono orgânico na fração ácido fúlvico. De acordo com Canellas et al. (2002), a razão carbono orgânico na fração ácido húmico/carbono orgânico na fração ácido fúlvico abaixo de um em solos tropicais é comum em função da menor intensidade do processo de humificação, condensação e síntese, atribuídas a intensa mineralização dos resíduos, restrições edáficas e baixo conteúdo de bases trocáveis à atividade biológica nos solos mais intemperizados.

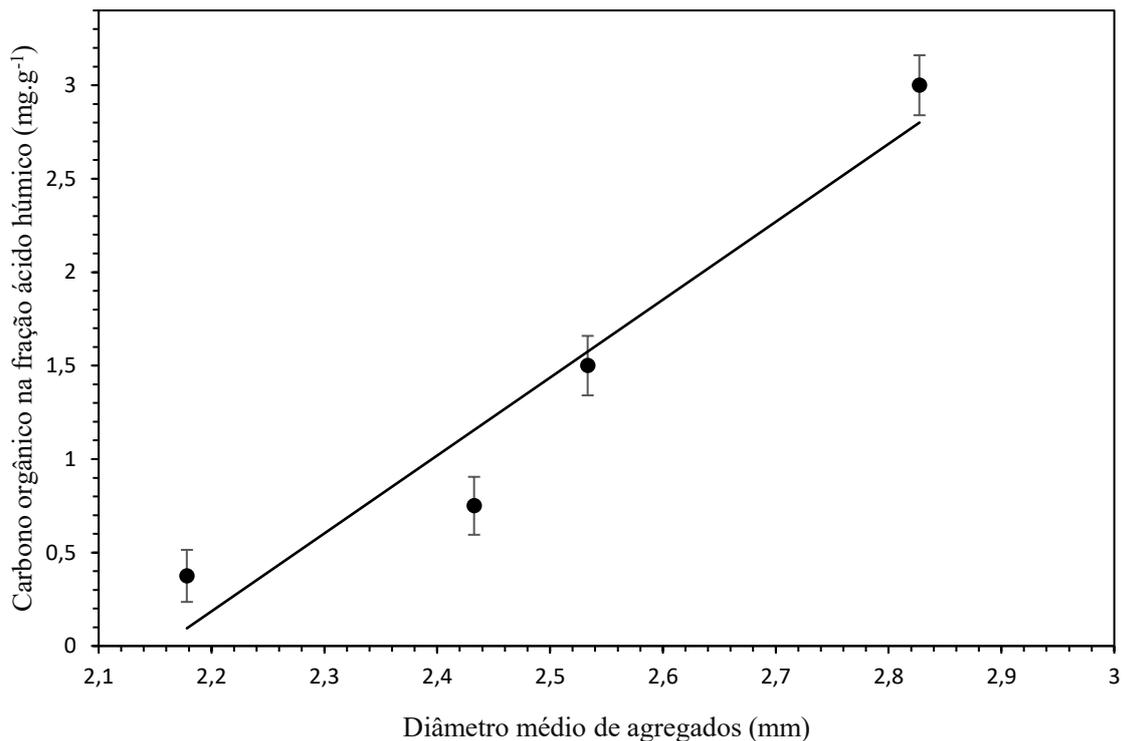


Figura 1. Teor de carbono orgânico na fração ácido húmico em função de diâmetro médio de agregados em diferentes classes de agregados, da camada de 0-0,1 m de um Latossolo Vermelho Argiloso cultivado com *Coffea arabica*, Fazenda Juliana - Monte Carmelo – MG

Através da Figura 1, é possível observar que os teores de carbono orgânico na fração ácido húmico se elevam de forma linear à medida que se aumenta o diâmetro médio de agregado. Desta forma, quanto maior o diâmetro médio de agregado maior o teor de carbono orgânico na fração ácido húmico. Este comportamento era esperado, uma vez que substâncias húmicas fazem parte do processo de agregação e estabilidade dos agregados. Em estudo conduzido por Borges et al. (2015) em um Latossolo Vermelho Distrófico em quatro diferentes biomas, foi observado que agregados de tamanhos maiores apresentam maiores teores de substâncias húmicas. Os estudos conduzidos por Amendola (2017) e Portugal et al. (2010) corroboram que a presença de matéria orgânica é um dos fatores que determinam a estabilidade dos agregados. De acordo com Golchin et al. (1997), a relação entre a matéria orgânica e o material mineral do solo é capaz de formar agregados estáveis que preservam a própria matéria orgânica da decomposição e a estabilidade de agregados, reduzindo níveis de erosão.

Tabela 3. Correlação entre os teores de carbono orgânico na fração ácido húmico (C-FAH) e ácido fúlvico (C-FAF) e classes de agregados em um Latossolo Vermelho argiloso sob cultivo de *Coffea arabica* localizado na Fazenda Juliana, Monte Carmelo - MG

Variáveis	n	Correlação	Valor-p
C-FAH	241	0,217	0,0006
C-FAF	241	0,062	0,3271

Correlação de Pearson a 5% de significância.

O teste de correlação de Pearson ($p > 0,05$) evidenciou que existe uma correlação significativa, da ordem de $r = 0,217$ entre o diâmetro médio de agregados e os teores de carbono orgânico na fração ácido húmico. Enquanto que o diâmetro médio dos agregados e os teores de carbono orgânico na fração ácido fúlvico não apresentaram correlação significativa. Evidenciando que os teores de carbono orgânico na fração ácido húmico apresentam efeito positivo na agregação das partículas. Corroborando com estudo conduzido por Silva et al. (2008) que foi verificado correlações positivas entre teores de matéria orgânica e agregados estáveis. Confirmando a importância da matéria orgânica na manutenção da estrutura do solo.

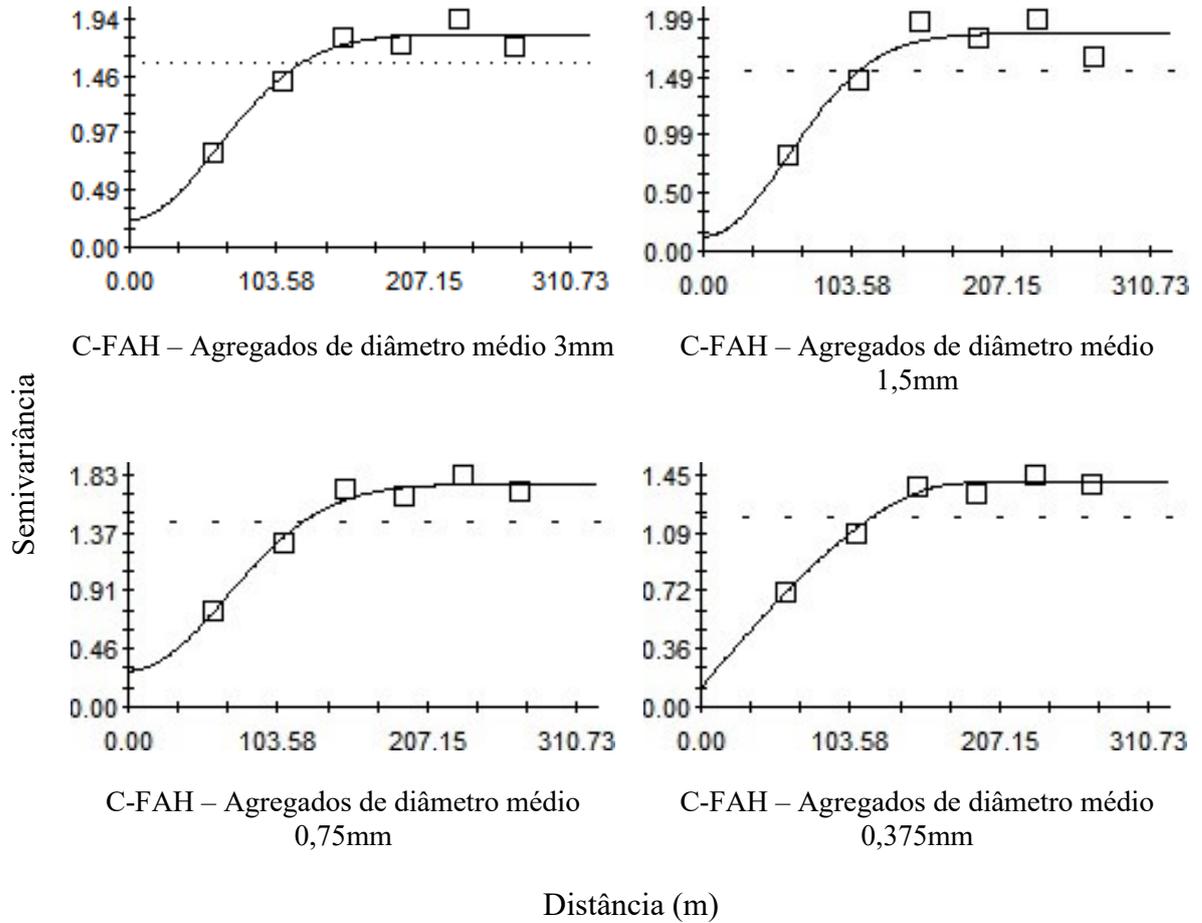


Figura 2. Semivariograma para carbono orgânico da fração ácido húmico (C-FAH) em diferentes classes de agregados de um Latossolo Vermelho argiloso cultivado com *Coffea arabica*, localizado na Fazenda Juliana, Monte Carmelo – MG.

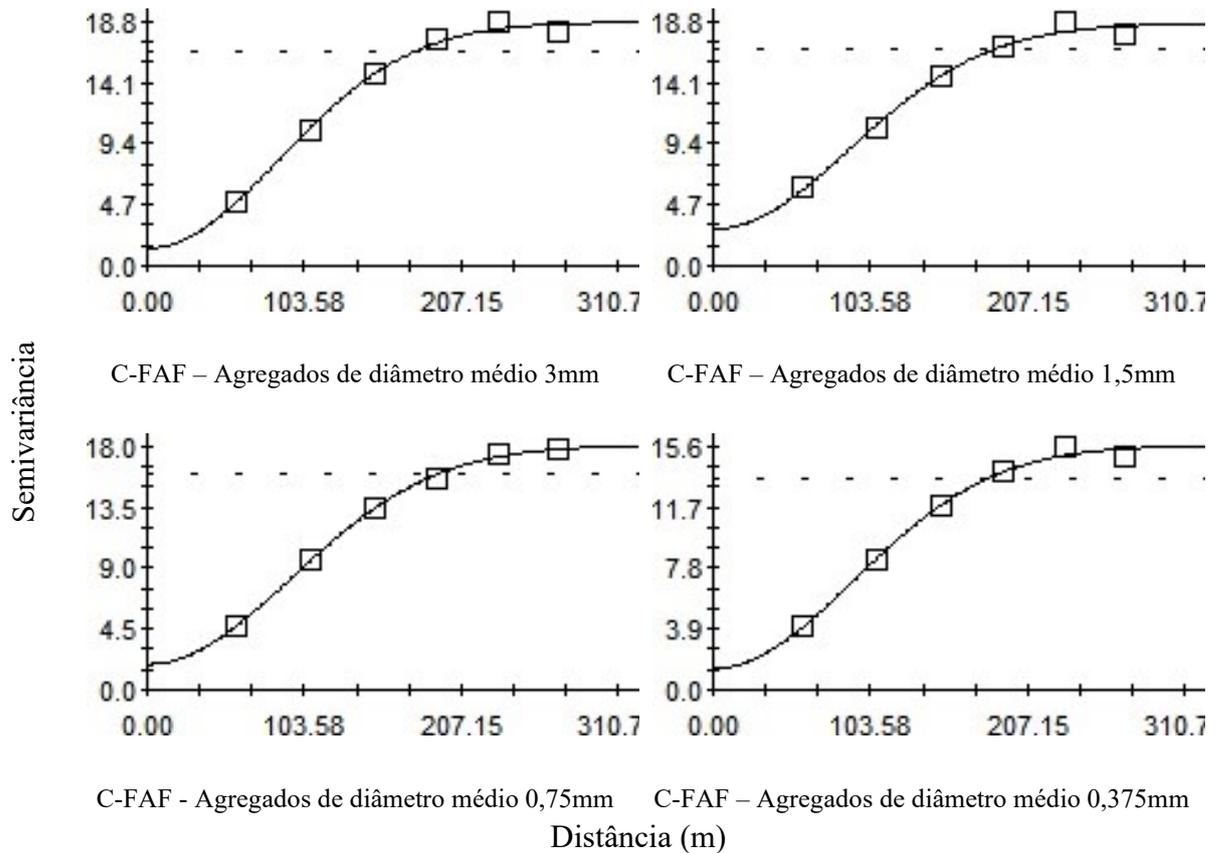


Figura 3. Semivariograma para carbono orgânico da fração ácido fúlvico (C-FAF) em diferentes classes de agregados de um Latossolo Vermelho argiloso cultivado com *Coffea arabica*, localizado na Fazenda Juliana, Monte Carmelo – MG.

As variáveis se ajustaram ao semivariograma de modelo Gaussiano, com exceção aos dados dos agregados de diâmetro médio 0,375mm do carbono orgânico na fração ácido húmico que se ajustou ao modelo esférico (Tabela 4). Todos modelos dos semivariogramas apresentaram forte grau de dependência através da razão entre o efeito pepita (C_0) e o patamar (C_0+C_1) de acordo com classificação proposta por Cambardella et al. (1994). O alcance prático dos teores de carbono orgânico na fração ácido húmico das classes de agregados variou de 141,33 a 183,70 m e para carbono orgânico na fração ácido fúlvico 213,21 a 232,44 m. O alcance é uma variável de grande importância na modelagem dos semivariogramas, é um indicativo da distância máxima que uma variável se correlaciona espacialmente (SOARES, 2006).

Tabela 4. Semivariogramas ajustados para os teores de carbono orgânico das frações ácido húmico e ácido fúlvico em diferentes classes de agregados, da camada de 0-0,1 m, de um Latossolo Vermelho Argiloso cultivado com *Coffea arabica*, localizado na Fazenda Juliana, Monte Carmelo - MG

Substância	DMA (mm)	Modelo	C	Co	Alcance Prático (m)	Co/(Co+C)	GD
Ácido Húmico	3	Gaussiano	1,572	0,236	153,29	0,135	Forte
	1,5	Gaussiano	1,743	0,150	141,33	0,134	Forte
	0,75	Gaussiano	1,472	0,285	165,93	0,162	Forte
	0,375	Esférico	1,272	0,124	183,70	0,089	Forte
Ácido Fúlvico	3	Gaussiano	17,430	1,360	213,21	0,072	Forte
	1,5	Gaussiano	15,770	2,830	221,18	0,152	Forte
	0,75	Gaussiano	16,220	1,900	232,44	0,104	Forte
	0,375	Gaussiano	14,300	1,370	225,51	0,087	Forte

DMA = Diâmetro médio dos agregados; Co = Efeito pepita; C = Contribuição; GD = Grau de dependência.

Através de uma análise visual é possível observar que, através dos mapas de distribuição espacial gerados para os teores de carbono orgânico da fração ácido húmico (Figura 4), nas quatro classes de agregados apresentaram distribuições espaciais semelhantes, com maiores teores nas extremidades da área, e observa-se uma faixa central com menores teores de carbono orgânico na fração ácido húmico.

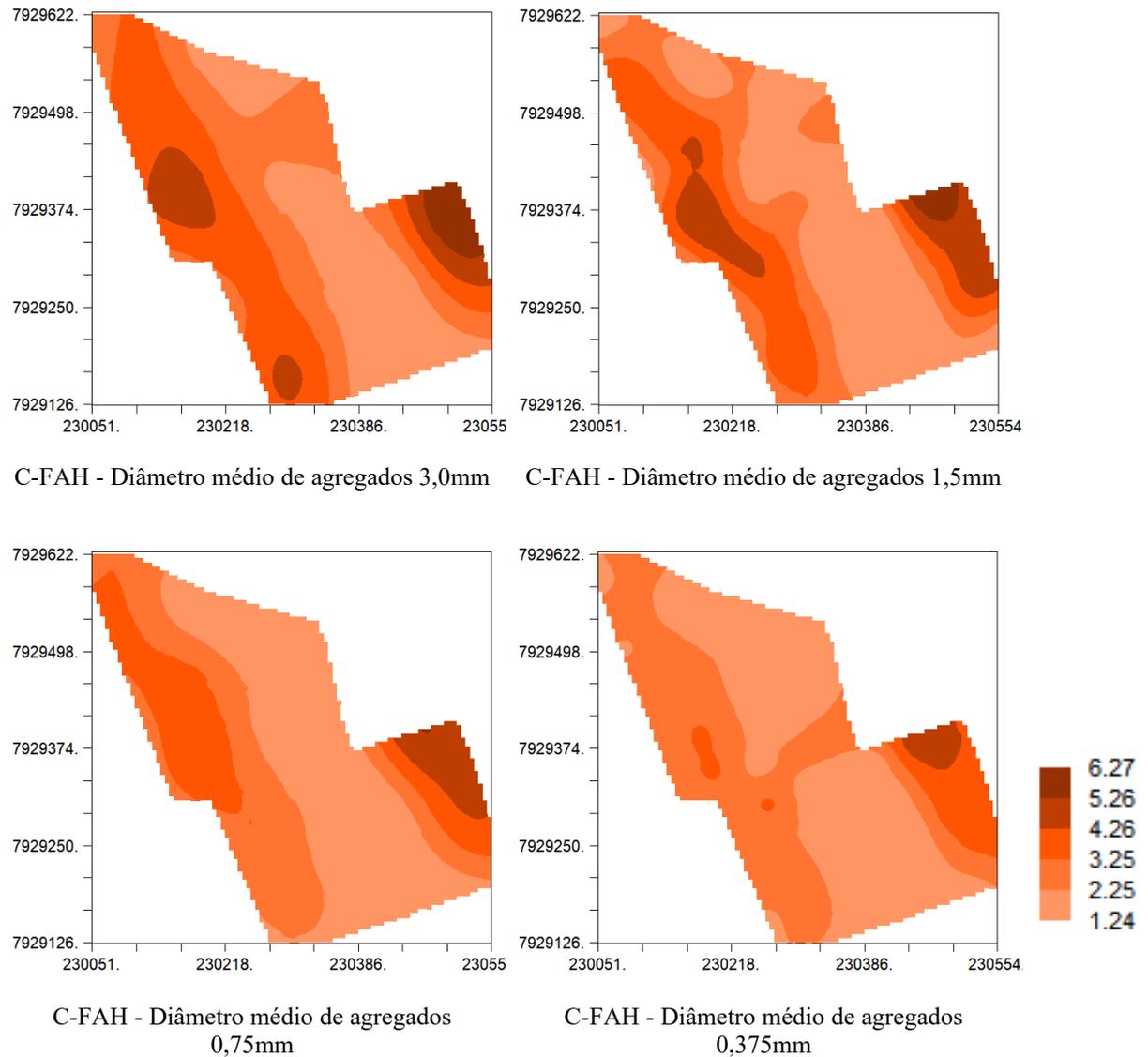


Figura 4. Distribuição espacial para carbono orgânico na fração ácido húmico (C-FAH, mg g^{-1}) em diferentes classes de agregados, da camada de 0-0,1 m, de um Latossolo Vermelho Argiloso cultivado com *Coffea arabica*, localizado na Fazenda Juliana, Monte Carmelo.

Através de uma análise visual é possível observar que, através dos mapas de distribuição espacial gerados para os teores de carbono orgânico na fração ácido fúlvico (Figura 5), nas quatro classes de agregados analisadas, apresentaram distribuições espaciais semelhantes, com menores teores ao lado esquerdo da área e à direita da área observa-se maiores teores de carbono orgânico na fração ácido fúlvico.

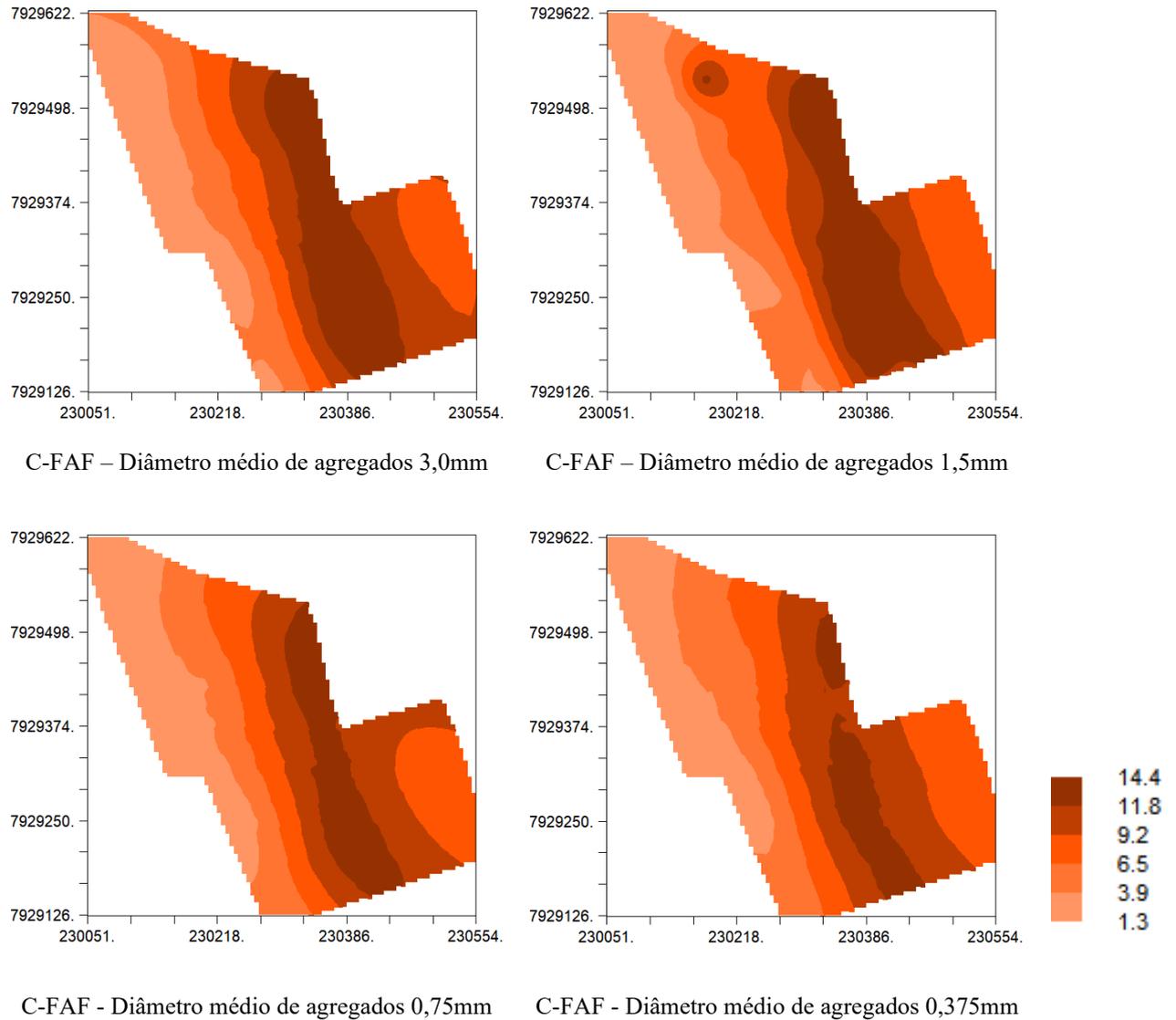


Figura 5. Distribuição espacial para carbono orgânico na fração ácido fúlvico (C-FAF, em mg g^{-1}) em diferentes classes de agregados, da camada de 0-0,1 m, de um Latossolo Vermelho argiloso cultivado com *Coffea arabica*, localizado na Fazenda Juliana, Monte Carmelo – MG.

Em estudo conduzido por Leite et al. (2015) com amostras de solo nas camadas de 0,05-0,1 e 0,1-0,2 m, em um Argiloso Vermelho-Amarelo, as substâncias húmicas apresentaram dependência espacial para o carbono orgânico na fração ácido húmico e ácido fúlvico sendo os modelos ajustados o Gaussiano e Esférico, apresentou-se forte grau de dependência espacial.

7. CONCLUSÕES

Há correlação positiva entre as variáveis diâmetro médio de agregados e teores de carbono orgânico tanto na fração ácido húmico quanto na fração ácido fúlvico.

Foi possível observar que os teores de carbono orgânico na fração ácido húmico se elevam de forma linear à medida que se aumenta o diâmetro médio de agregado.

As variáveis possuem grau de dependência forte, comprovando que a área estudada, não apresenta comportamento de distribuição aleatória. Desta forma o uso da geoestatística pode ser uma ferramenta importante para auxílio nas tomadas de decisões relacionadas ao manejo das substâncias húmicas na cafeicultura.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACOMPANHAMENTO DA SAFRA BRASILEIRA. café: safra 2019, terceiro levantamento. Brasília, CONAB, v. 5, n. 3, set. 2019. Disponível em:< <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/cafe>>. Acesso em 14 de novembro de 2019.

ALBUQUERQUE, J. A.; CASSOL, E. A.; REINERT, D. J. Relação entre a erodibilidade em entressulcos e estabilidade dos agregados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 24, n.1, p. 141-151, 2000.

ALMEIDA, L. S.; GUIMARÃES, E. C. Geoestatística para determinação e modelagem da variabilidade espacial de micronutrientes no solo cultivado com cafeeiro no município de Araguari–M. **Cultura Agrônômica**, Ilha Solteira, v. 26, n.2, p. 158-173, 2017.

AMENDOLA, D. F. **Caracterização da matéria orgânica do solo e sua influência nas propriedades físico-químicas no sistema Latossolo-Gleissolo**. 2017. Dissertação (Dissertação em Geociências e meio ambiente) – Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2017.

ANDRADE, A. P.; MAFRA A. L.; RAUBER, L. P.; FRIEDERICHS, A.; CORRÊA J. C. Carbono orgânico e substâncias húmicas de um Nitossolo Vermelho com aplicação de esterco em sistemas de produção. *In*: ENCONTRO BRASILEIRO DE SUBSTÂNCIAS HÚMICAS, 10., 2013 Santo Antônio de Goiás. **Anais [...]**. Brasília: EMBRAPA, 2013, p. 201-204.

ARGENTON, J.; ALBUQUERQUE, J. A.; BAYER, C.; WILDNER, L. P. Comportamento de atributos relacionados com a forma da estrutura de Latossolo Vermelho sob sistemas de preparo e plantas de cobertura. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 29, n. 3, p. 425-535, 2005.

ASSUNÇÃO, A.W.A.; SOUZA, B. P.; CUNHA-SANTINO, M. B.; BIANCHINI JUNIOR, I. Formação de substâncias húmicas a partir da decomposição de *oxycaryum cubense* em condições aeróbia e anaeróbia. *In*: ENCONTRO BRASILEIRO DE SUBSTÂNCIAS HÚMICAS, 10., 2013 Santo Antônio de Goiás. **Anais [...]**. Brasília: EMBRAPA, 2013, p. 58-61.

BASSOI, L. H.; MIELE, A.; REISSER JUNIOR, C.; GEBLER, L.; FLORES, C. A.; ALBA, J. M. F. A.; GREGO, C. R.; TERRA, V. S. S.; TIMM, L. C.; NASCIMENTO, P. dos S. Agricultura de precisão em fruticultura. *In*: BERNARDI, A. C. de C.; NAIME, J. de M.; RESENDE, A. V.; BASSOI, L. H.; INAMASU, R. Y. (ed.) **Agricultura de precisão: resultados de um novo olhar**. Brasília: Embrapa, 2014, p. 36-47.

BENITES, V. M.; MADARI, B.; MACHADO, P. L. O. de A. **Extração e fracionamento quantitativo de substâncias húmicas do solo: um procedimento simplificado de baixo custo**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2003. 7 p. (Embrapa Solos. Comunicado técnico, 16).

Disponível em:

https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPS/11578/1/comtec16_2003_extracao.pdf
. Acesso em: 10 dez. 2019.

BERNARDI, A. C. C.; BETTIOL, G. M. B.; 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 & Tecnologia**. Brasília, v. 32, n. 1/2, p. 211-227, 2015.

BORGES, C. S.; RIBEIRO, B. T.; WENDLING, B.; CABRAL, D. A. Agregação do solo, carbono orgânico e emissão de CO₂ em áreas sob diferentes usos no Cerrado, região do Triângulo Mineiro. **Revista Ambiente e Água**, Taubaté, v. 10, p. 660-675, 2015.

BRADY, N. C.; WEIL, R. R. **Elementos da natureza e propriedades dos solos**. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2012, p. 704.

BRASIL. Ministério da agricultura, pecuária e abastecimento. **Café no Brasil**. Brasília, DF, 18 set 2018. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/assuntos/politica-agricola/cafe/cafeicultura-brasileira>>. Acesso em: 14 de novembro 2019.

CAMBARDELLA, C.A.; MOORMAN, T.B.; NOVAK, J.M.; PARKIN, T.B.; KARLEN, D.L.; TURCO, R.F.; KONOPKA, A.E. Field-scale variability of soil properties *In*: Central Iowa Soils. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v.58, n.5, p.1501-1511, 1994.

CANELLAS, L. P.; VELLOSO, A. C. X.; RUMJANEK, V. M.; GURIDI, F.; OLIVARES, F. L.; SANTOS, G. A.; BRAZ FILHO, R. Distribution of the humic ed fractions and characteristics of the humic acids of an ultisol under cultivation of Eucalyptus and sugar cane. **Terra Latinoamericana, Chapingo**, v. 20, n. 4, p. 371-381, 2002.

CARON, V.C.; GRAÇAS, J.P.; CASTRO, P.R.C. Condicionadores do solo: ácidos húmicos e fúlvicos. **Série Produtor Rural**, Piracicaba, n. 58, p. 46, 2015.

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**, Viçosa, v. 27, n.4, p. 695-703, 2003.

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

CORRÊA, J.C. Efeito de sistemas de cultivo na estabilidade de agregados de um Latossolo Vermelho-Amarelo em Querência, MT. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 2, p. 203-209, 2002.

CRUZ, J. S.; ASSIS JUNIOR, R N.; MATIAS, S. S. R.; CAMACHO-TAMAYO, J. H.; TAVARES, R. C. Análise espacial de atributos físicos e carbono orgânico em Argissolo Vermelho-Amarelo cultivado com cana-de-açúcar. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 34, n. 2, p. 271-278, 2010.

DICK, D. P.; NOVOTNY, E. H.; DIECKOW, J.; BAYER, C. Química da matéria orgânica do solo. *In*: MELO, V. F.; ALLEONI, L. R. F. (ed.) Química e Mineralogia do solo. Viçosa, **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, 2019, p. 1-69.

EBELING, A. G.; ANJOS, L. H. C.; PEREIRA, M. G.; PINHEIRO, E. F. M.; VALLADARES, G. S. Substâncias húmicas e relação com atributos edáficos. **Bragantia**, Campinas, v. 70, n. 1, p. 157-165, 2011.

FANG, H.; LAI, T. Co-curtosis and Capital Asset Pricing. **The financial Review**, v. 32, n. 2, p. 293-307, 1997.

FASSIO, L. H.; SILVA, A. E. S. Importância econômica e social do café conilon. *In*: FERRÃO, R. G.; FONSECA, A. F. A. da.; BRAGANÇA, S. M.; FERRÃO, M. A. G.; DE MUNER, L. H. (ed.) **Café conilon**. Incaper, p. 34-49, 2007.

FERNANDES, A. L. T.; PARTELLI, F. L.; BONOMO, R.; GOLYNSKI, A. A moderna cafeicultura dos cerrados brasileiros. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 42, n. 2, p. 231-240, 2012.

FERRAZ, G.A.E. S.; SILVA, F.M. DA.; OLIVEIRA, M.S. DE.; PAIVA, A.A; FERRAZ, P.F.P. Variabilidade espacial dos atributos da planta de uma lavoura cafeeira. **Revista Ciência Agronômica**, v. 48, p. 81-91, 2017.

FERREIRA, M. M. Caracterização física do solo. *In*: JONG VAN LIER, Quirijn de (ed.). **Física do Solo**. Viçosa, MG. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2016. P. 1-27.

FLORES, C. A.; ALBA, J. M. F. A. Pedologia e a Agricultura de Precisão. *In*: BERNARDI, A. C. de C.; NAIME, J. de M.; RESENDE, A. V. de; BASSOI, L. H.; INAMASU, R. Y. (ed.) **Agricultura de precisão: resultados de um novo olhar**. Brasília, DF: Embrapa, 2014.

GEBBERS, R.; ADAMCHUK, V. I. Precision agriculture and food security. **Science**, v. 327, p. 828-31, 2010.

GOLCHIN, A.; BALCOK, J. A.; CLARKE, P.; HIGASHI, T.; OADES, J. M. The effects of vegetation and burning on the chemical composition of soil organic matter in a volcanic ash soil. I. Whole soil and humic fraction. **Geoderma**, v. 76. p. 155-174. 1997.

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

KÖPPEN, W. **Gundriss der Klimakunde**: outline of climate Science. Berlin: Walter de Gruyter. 1931, p. 388,

LEITE, L.F.C.; FERREIRA, J.S.; VELOSO, M.E.C.; MOUSINHO, F.E.P.; ROCHA JUNIOR, A.F. Variabilidade espacial das frações da matéria orgânica do solo em área degradada sob recuperação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, v. 19, n. 4, p. 394-401, 2015.

Manual de métodos de análise de solo. **Documentos**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2. Ed., n. 132, dez. 2011. ISSN 1517-2627. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/990374/manual-de-metodos-de-analise-de-solo>>. Acesso em: dez. 2019.

MENDONÇA, E. D; MATOS, E. S. Matéria orgânica do solo: métodos de análises. 2. ed. **Revista atual**. Viçosa, p. 30-21, 2017.

PARFITT, R.L.; THENG, B.K.G.; WHITTON, J.S.; SHEPHERD, T.G. Effects of clay minerals and land use on organic matter pools. **Geoderma**, Palmerston North, v. 75, p. 1-12, 1997.

PORTUGAL, A. F.; JUNCKSH I.; SCHAEFER, C. E. R. G.; NEVES, J. C. L. Estabilidade de agregados em Argissolo sob diferentes usos, comparado com mata. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 57, n.4, p. 545-547, 2010.

PRIMAVESI, A. **Manejo ecológico do solo: a agricultura em regiões tropicais**. São Paulo: Nobel, 2017, p. 115-116.

PRIMO, D. C.; MENEZES, R. S. C.; SILVA, T. O. Substâncias húmicas da matéria orgânica do solo: uma revisão de técnicas analíticas e estudos no nordeste brasileiro. **Scientia Plena**, São Cristóvão, v. 7, n. 5, p. 1-13, 2011.

ROBERTSON, G. P. **GS+**: Geostatistics for the environmental sciences: GS+ user's Guide. Plainwell: Gamma Design Software, 1998.

ROSSI, C. Q.; PEREIRA, M. G.; GIÁCOMO, S. G.; BETTA, M.; POLIDORO, J. C. Frações húmicas da matéria orgânica do solo cultivado com soja sobre palhada de braquiária e sorgo. **Bragantia**, Campinas, v. 70, n. 3, p. 622-630, 2011

SANTOS, H. G. dos et al. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3. ed. Brasília, DF: EMBRAPA, 2013.

SALTON, J. C.; MIELNICZUK, J; BAYER, C.; BOENI, M.; CONCEIÇÃO, P. C.; CARVALHO, A. F.; MACEDO, M. C. M. M.; BROCH, D. L. Agregação e estabilidade de agregados do solo em sistemas agropecuários em Mato Grosso do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, n. 32, p. 11-21, 2008.

SILVA, I.F.; MIELNICZUK, J. Sistemas de cultivo e características do solo afetando a estabilidade de agregados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 22, p. 311-317, 1998.

SILVA, R. F.; BORGES, C. D.; GARIB, D. M.; MERCANTE, F. M. Atributos físicos e teor de matéria orgânica na camada superficial de um Argissolo Vermelho cultivado com mandioca sob diferentes manejos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, p. 2435-2441, 2008.

SOARES, A. **Geoestatística para ciências da terra e do ambiente**. 2. ed. Lisboa: IST Press, 2006, p. 2014.

SOUZA, L. S.; COGO, N. P.; VIEIRA, S. R. Variabilidade de propriedades físicas e químicas do solo em um pomar cítrico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 21, p. 367-372, 1997.

SOUZA, Z. M.; MARQUES JÚNIOR, J.; PEREIRA, G. T. Variabilidade espacial da estabilidade de agregados e matéria orgânica em solos de relevos diferentes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 39, n. 5, p. 491- 499, 2004.

THE R DEVELOPMENT CORE TEAM. **A Language and Environment for Statistical Computing**. R Foundation for Statistical Computing. Vienna: Austria, 2016.

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

WHITE, R. E. **Princípios e práticas da ciência do solo: o solo como um recurso natural**. 4. ed. São Paulo: Andrei, 2009. p. 104.