

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

Bárbara Gonzaga Mundim

**VARIABILIDADE ESPACIAL DA DENSIDADE DE ESPOROS DE FUNGOS
MICORRÍZICOS ARBUSCULARES EM LATOSSOLO VERMELHO CULTIVADO**

**Monte Carmelo- MG
2017**

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

Bárbara Gonzaga Mundim

**VARIABILIDADE ESPACIAL DA DENSIDADE DE ESPOROS DE FUNGOS
MICORRÍZICOS ARBUSCULARES EM LATOSSOLO VERMELHO CULTIVADO**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao curso de Agronomia,
Campus Monte Carmelo, da Universidade
Federal de Uberlândia, como parte dos
requisitos necessários para obtenção do
título de Engenheiro Agrônomo.

Orientador: Prof. Dr. Ricardo Falqueto
Jorge

**Monte Carmelo- MG
2017**

Bárbara Gonzaga Mundim

**VARIABILIDADE ESPACIAL DA DENSIDADE DE ESPOROS DE FUNGOS
MICORRÍZICOS ARBUSCULARES EM LATOSSOLO VERMELHO CULTIVADO**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao curso de Agronomia,
Campus Monte Carmelo, da Universidade
Federal de Uberlândia, como parte dos
requisitos necessários para obtenção do
título de Engenheiro Agrônomo.

Orientador: Prof. Dr. Ricardo Falqueto
Jorge

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Ricardo Falqueto Jorge
Orientador

Prof. Dr. Edmar Isaias de Melo
Coorientador

Profa. Dra. Cinara Xavier de Almeida
Membro da banca

**Monte Carmelo- MG
2017**

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador Prof. Dr. Ricardo Falqueto e ao meu coorientador Prof. Dr. Edmar Isaías por me apoiarem, me aconselharem e me ajudarem sempre que precisei.

Aos membros da banca avaliadora, pela disponibilidade em estar presente, e principalmente pelos conselhos passados durante minha vida acadêmica.

A Deus e minha família por estarem comigo em todos os momentos da minha vida, por me apoiarem em todos os momentos e me fortalecer quando mais precisei.

Aos meus colegas de turma, que durante o período acadêmico que se tornaram pessoas especiais e, de certa forma, ajudaram na minha formação.

Aos meus professores que me ajudaram a tornar realidade um sonho, com seus ensinamentos. A eles minha eterna gratidão e amizade.

RESUMO

Os fungos micorrízicos arbusculares (FMAs), têm papel importante, beneficiando plantas com aumento de absorção de água e nutrientes. Vários estudos demonstram a importância de conhecer a comunidade de FMAs para determinar estratégias de melhor manejo, uso do solo e aumento da eficiência de fertilizantes. Desta forma o presente trabalho objetivou avaliar a variabilidade espacial e expressar os melhores modelos de ajuste para a correlação de esporos com o pH e condutividade elétrica (C.E) do solo após cultivo de plantas de cobertura de (feijão-guandú ,milheto ,sorgo ,crotalária. Foram coletadas 144 amostras de solo em pontos georreferenciados, com malha regular de 5 x 6 m, na camada de 0 a 0,1 m. Atributos relacionados a densidade de esporos de FMAs e suas relações com pH e C.E. do solo da área foram submetidos a análise variográfica realizada através dos semivariogramas. A C.E. e o pH do solo não apresentaram correlação entre si. Com relação à assimetria, foram encontrados baixos coeficientes de assimetria para pH e esporos, indicando tendência à distribuição simétrica. Os dados apresentam um grau de dependência espacial moderado para densidade de esporos.

Palavras- chave: fungos micorrízicos, plantas de cobertura, semivariogramas.

Sumário

1 INTRODUÇÃO	7
2 MATERIAL E MÉTODOS	10
2.1 Descrição das áreas de estudo e amostragem	10
2.2 Avaliação dos atributos químicos	12
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	13
4- CONCLUSÕES	18
5- REFERÊNCIAS	18
ANEXO A- TABELA DE COORDENADAS GEOGRÁFICAS	24

1 INTRODUÇÃO

O solo desempenha papel importante nas relações ambientais, tais como suporte para a vegetação, ciclagem de nutrientes, controle de temperatura, atuação nos mais importantes ciclos biogeoquímicos demonstrando seu grau de importância no ecossistema.

Destaca-se dentre as relações ecológicas a simbiose mutualista formada pela associação entre raízes de plantas e os fungos micorrízicos arbusculares (FMAs), uma das interações mais comuns na natureza. Esses fungos têm papel essencial nos ecossistemas, beneficiando as plantas pelo aumento da absorção de água e nutrientes e protegendo-as contra estresses químicos, físicos e biológicos (AUGÉ, 2001; BERBARA; SOUZA; FONSECA, 2006). Portanto, tem-se observado uma contribuição das micorrizas em várias culturas de interesse econômico. (BALOTA et al., 2010).

O interesse em estudos sobre a biologia, diversidade e atividade dos microorganismos do solo está cada vez maior, principalmente com os que cumprem função na ciclagem de nutrientes e/ou produtividade dos ecossistemas, como por exemplo, os FMAs (BERBARA; SOUZA; FONSECA, 2006). Levando em consideração a importância ecológica destes fungos, reconhecidos como um componente integral e fundamental na construção e estabilidade de ecossistemas de todo o planeta (VAN DERHEIJDEN; KUYPER, 2003), a estrutura da sua comunidade é um importante indicador de qualidade do solo (JEFFRIES; BAREA, 2001; CORKIDI ET AL., 2002).

Sabe-se, ainda, que em áreas nativas de solo de cerrado, a comunidade de fungos micorrízicos arbusculares é baixa e aumenta gradativamente com o cultivo de plantas (MIRANDA; MIRANDA, 2007a), com o preparo do solo (MIRANDA; MIRANDA, 2007b) e a aplicação de corretivos e fertilizantes (MIRANDA; MIRANDA, 2003).

Os efeitos benéficos dos FMAs têm sido demonstrados em variadas condições e espécies vegetais, estimulando o crescimento vegetal como consequência de seu efeito na nutrição mineral da planta (Russomanno et al., 2008).

Sabe-se que a diversidade da comunidade de FMAs está diretamente relacionada à diversidade da cobertura vegetal (VAN DER HEIJDEN et al., 1998; LOSS et al., 2009 a; MIRANDA; SILVA; SAGIN JUNIOR, 2010).

Aspectos da relação fungo-planta devem ser considerados para o estabelecimento da simbiose micorrízica, uma vez que efeitos da variação genotípica sobre a colonização têm sido relatados em amplo número de espécies de plantas (GIANINAZZI-PEARSON, 1996). A diversidade, a densidade e o potencial de infectividade dos propágulos de FMA no solo estão relacionados indiretamente com as condições ecológicas de cada ecossistema (MAIA e TRUFEM 1990) e diretamente com a fisiologia do fungo (MORTON, 1993), estando a colonização micorrízica ligada ao genótipo da planta e do fungo, assim como ao ambiente.

Vários estudos demonstram a importância de conhecer a comunidade de FMAs para determinar estratégias de melhor manejo e uso do solo, aumento da eficiência no uso de fertilizantes e sua recuperação no caso de áreas degradadas (VAN DER HEIDJEN et al., 1998; KLIRONOMOS et al., 2000; ALLEN et al., 2003).

Em comparação com áreas preservadas, a comunidade de fungos micorrízicos pode ser reduzida em solos sem vegetação sob pousio (THOMPSON, 1987), nos inundados (FELDMANN, 1994) e nos alterados pela agricultura (CORDEIRO et al., 2005).

Estes microrganismos ocupam um importante nicho ecológico na agricultura sustentável, pois são influenciados pelas práticas de manejo do solo como adubações, tendo, porém a incidência de algumas espécies de FMAs reduzidas pela monocultura extensiva e uso indiscriminado de agrotóxicos (SIQUEIRA; FRANCO, 1988). Isso adquire relevância no bioma Cerrado, que geralmente apresentam solos com níveis bastante críticos de macronutrientes, com elevada concentração de alumínio e também elevado nível de acidez, acarretando em baixos valores de pH (CORDEIRO et al., 2005; RESCK et al., 2008; LOSS, 2011).

O aumento do pH pode desestimular o estabelecimento e o funcionamento da micorríza (HAYMAN & TAVARES, 1985; RHEINHEIMER, 1991; RHEINHEIMER & KAMINSKI, 1994). Desta forma, a avaliação da variabilidade espacial destes atributos tem-se tornado importante ferramenta na determinação de estratégias de manejo do solo, que procuram aumentar a produtividade agrícola (TRANGMAR et al., 1985).

A análise dos atributos físicos do solo pode efetivar-se por meio da estatística descritiva. Esta ferramenta, entretanto, não considera a distribuição dos dados no espaço, ao contrário da geoestatística, que considera a dependência espacial entre as amostras e a sua localização geográfica (VIEIRA, 2000).

Tratando-se de um modelo probabilístico, a geoestatística explora a aparente aleatoriedade dos dados, para avaliar as medidas de correlação espacial dos mesmos, considerando uma determinada vizinhança (HUIJBREGTS, 1975). A geoestatística foi usada para avaliar a variabilidade espacial dos atributos estudados, segundo Vieira et al. (1983).

Para se fazer a análise geoestatística, foi necessário saber se havia dependência espacial ou não dos atributos estudados, o que pode ser verificado por meio do gráfico do semivariograma. (MACHADO et al., 2007)

Segundo Seidel e Oliveira (2013) semivariograma é a principal ferramenta utilizada para estudar a estrutura de dependência espacial em Geoestatística. É um gráfico que relaciona semivariâncias (γ) com distâncias (h).

Após a construção do semivariograma é necessário ajustar um modelo teórico que, de acordo com Carvalho, Silveira e Vieira (2002), permite visualizar a natureza da variação espacial das variáveis estudadas, explicando o comportamento da dependência espacial.

Os modelos mais utilizados na literatura são os modelos Esférico, Exponencial e Gaussiano. Esses modelos, na sua forma tradicional, possuem 4 parâmetros, que são o alcance, o patamar, o efeito pepita e a contribuição. (SEIDEL; OLIVEIRA, 2013)

O alcance (a) é compreendido como a distância dentro da qual as amostras apresentam-se correlacionadas espacialmente (SEIDEL; OLIVEIRA, 2013).

SEIDEL e OLIVEIRA (2013) definem o efeito pepita (C_0) como o valor que representa a descontinuidade do semivariograma, no sentido de que, à medida que h tende a zero, $\gamma(h)$ tende a um valor positivo C_0 . Wu et al. (2008) definem que o efeito pepita representa o erro experimental e a variação no espaço dentro de distâncias mínimas de amostragem..

A contribuição (C_1) é a diferença entre o patamar e o efeito pepita, sendo o segmento gráfico nesse intervalo que, praticamente, caracteriza a dependência espacial de processos estocásticos contínuos. (SEIDEL; OLIVEIRA, 2013)

Segundo Seidel e Oliveira (2013) a contribuição (C_1) é a diferença entre o patamar e o efeito pepita. A contribuição pode ser entendida como uma variância estruturada que é devida à estrutura espacial do fenômeno em estudo, o patamar ($C = C_0 + C_1$) é a soma da contribuição, que é a variância estrutural, com o efeito pepita, que é a variância ao acaso. Assim, tem-se que o patamar pode ser entendido como a variância total, que, como observado em Vieira (2000) e Abreu et al. (2003), é aproximadamente igual à variância dos dados.

Desta forma o presente trabalho objetivou avaliar a variabilidade espacial e expressar os melhores modelos de ajuste para a correlação de esporos com o pH e condutividade elétrica do solo após cultivo de plantas de cobertura.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Descrição das áreas de estudo e amostragem

O estudo foi desenvolvido na Área Experimental do Curso de Agronomia da Universidade Federal de Uberlândia, município de Monte Carmelo - MG, a 18°43'31"S de latitude e 47°31'21"W de longitude, com altitude média de 908 m e predominância do tipo climático Cwa classificação de koppen, clima quente, inverno seco, temperatura média acima de 22° C no mês mais quente e abaixo de 18° C no mês mais frio, além de menos de 30 mm de chuva no mês mais seco.

O solo da área experimental foi classificado, de acordo com os critérios do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA, 2013), como um LATOSSOLO VERMELHO, textura argilosa e relevo plano.

O local de estudo é uma área típica de cerrado, que foi cultivada com a cultura do cafeeiro nos últimos anos. As plantas de café foram removidas mecanicamente e a área foi preparada em sistema convencional com aração e gradagem.

O semeio das plantas de cobertura foi realizado em faixas no início de novembro de 2015 sendo elas: feijão-guandú (*Cajanus cajan*), milheto (*Pennisetum glaucum*), sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench), crotalária (*Crotalaria juncea*), Lab-Lab (*Dolichos lab lab*) e uma área mantida em pousio cultivadas em bloco com quatro repetições (Figura 1), após o processo de aração e gradagem do solo no período do início do verão em dezembro de 2016. Após quatro meses de crescimento as plantas foram roçadas e expostas aos processos climáticos para servirem de camada de adubação verde. Para a safra de 2016 foi realizado o plantio de soja e milho no início do período chuvoso, em sistema plantio direto e convencional sobre o material formado pela massa das plantas de cobertura antes estabelecidas na área.

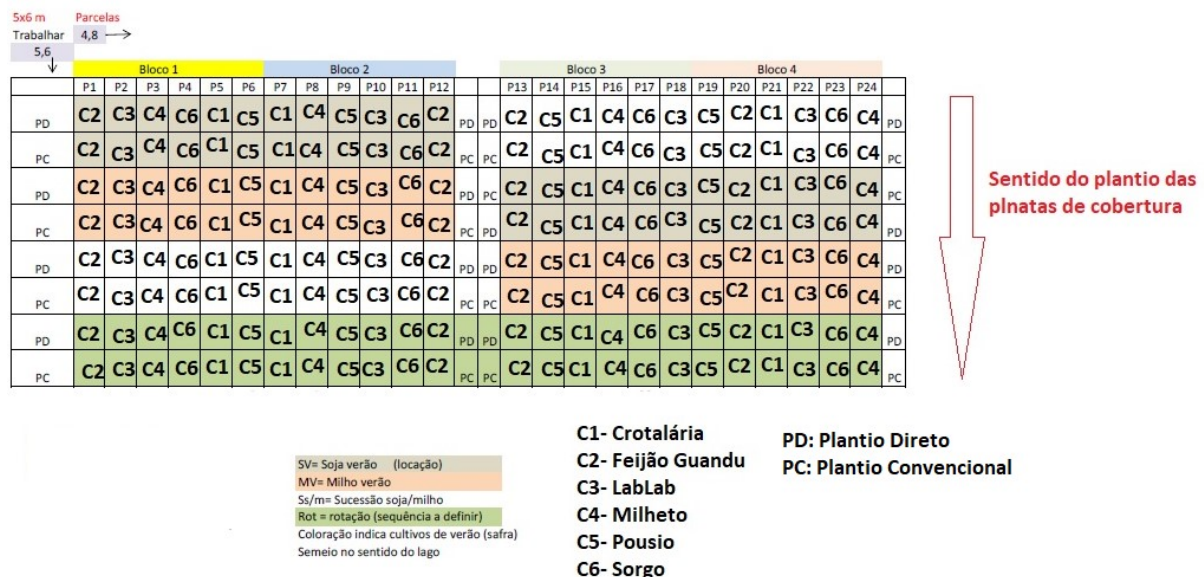


Figura 1: Disposição do plantio das plantas de cobertura na área experimental.

Foram coletadas amostras de solo na camada de 0 a 0,1 m na malha de 5x6 m (Figura 2), com cada ponto georreferenciado (Anexo A), foram coletadas em março de 2017 e levadas ao laboratório de Química da Universidade Federal de Uberlândia - Campus Monte Carmelo, unidade SESI, para ensaios laboratoriais.

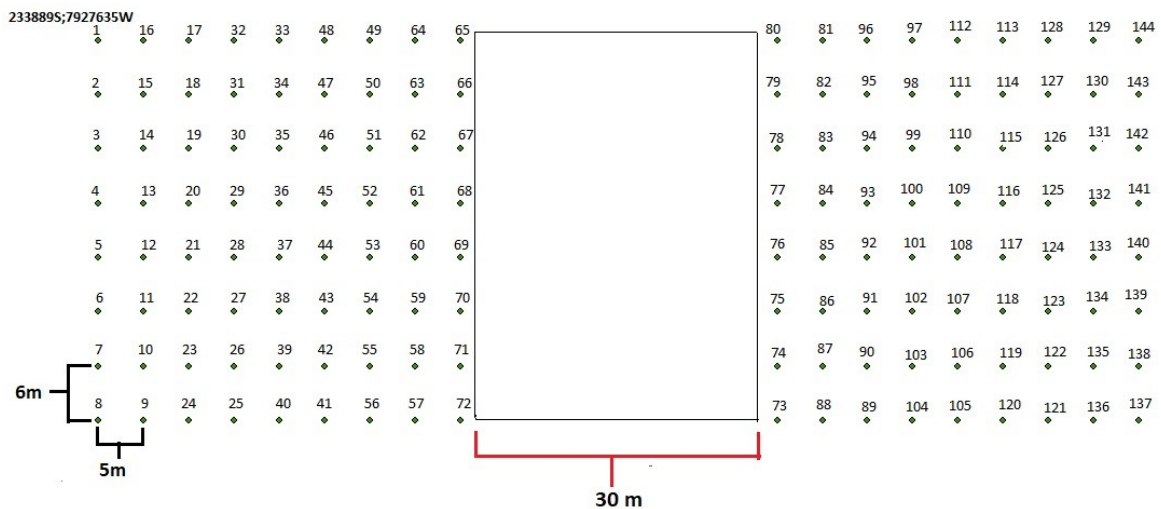


Figura 2: Malha de coordenadas que descrevem as parcelas de amostragem de solo.

2.2 Avaliação dos atributos químicos

2.2.1 Determinação de condutividade elétrica

A determinação da condutividade elétrica (CE) foi realizada em suspensão de solo disperso em água na proporção 1:2,5, conforme metodologia descrita pela EMBRAPA (2011). Para o preparo das dispersões foram pesados 10,0 g de solo e colocados 25,0 ml de água destilada. Homogeneizou-se a dispersão com um bastão de vidro durante 15s (com intervalo de 10min por duas vezes). Em seguida, a suspensão foi deixada em repouso por duas horas e após esse tempo foi realizada a medida da CE no sobrenadante, utilizando condutivímetro (Tecnocon, modelo mCA 150).

2.2.2 Determinação de pH em cloreto de cálcio (CaCl_2)

O pH em cloreto de cálcio (CaCl_2) foi avaliado pela medição de potencial eletronicamente por meio de eletrodo combinado imerso em suspensão solo:liquido na proporção (1:2,5). Um volume de 25,0 ml de solução de cloreto de cálcio 0,01 mol

L⁻¹, foi adicionado a 10,0g de TFSA. A suspensão solo/solução foi homogeneizada com um bastão de vidro e deixada em repouso por 1h. Após esse período a suspensão foi homogeneizada com um bastão de vidro e inseriu-se os eletrodos do medidor de pH (EMBRAPA, 2011).

2.3 Densidade de esporos

A extração de esporos seguiu metodologia descrita por (GERDEMANN & NICOLSON, 1963). Uma porção de 50 g proveniente do solo rizosférico em estudo foi lavada por três vezes com água corrente e peneirada em malhas de 0,84 mm e 0,053 mm. O material retido na peneira de malha 0,053 mm foi transferido com água destilada para tubo falcon de centrifuga e centrifugado durante 3 min a 1500G. O sobrenadante foi descartado e uma solução de sacarose a 80% foi acrescentada e o material sedimentado foi agitado com a finalidade de tornar os esporos suspensos na solução. Em seguida foi realizada a centrifugação por 2 min a 700G. O sobrenadante foi passado em peneira de 0,053 mm e o material retido foi transferido para placa canelada para verificação da quantidade de esporos.

2.4 Análises estatísticas

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).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A estatística descritiva do atributo do solo condutividade elétrica (CE), no extrato de saturação apresentou coeficiente de variação médio (Tabela 1), segundo os limites propostos por Warrick e Nielsen (1980). Com relação à assimetria, foram encontrados baixos coeficientes de assimetria para esse atributo químico indicando tendência à distribuição simétrica, entretanto a curtose apresentou valor médio o que confirma a variabilidade média do atributo em torno do valor médio.

Para os dados de pH pode-se perceber (Tabela 1), que apresentam coeficiente de variação inferior a 20%, o que indica que os dados são homogêneos (PIMENTEL GOMES, 2000). Isso indica que a média é um bom parâmetro estatístico para representar o conjunto de dados de pH, com valor médio de 6,07.

O maior coeficiente de variação (CV) foi encontrado para esporos, esse valor se deve à grande variação do número de esporos encontrados na área amostrada.

Tabela 1. Análise descritiva do pH, condutividade elétrica e esporos no Latossolo Vermelho cultivado com plantas de cobertura

Indicador	Média	Mediana	Mínimo	Máximo	CV	Assimetria	Curtose
pH	6,07	5,82	5,44	7,80	2,61	1,39	9,77
C.E	89,48	83,37	40,60	288,40	27,27	1,72	5,21
Esporos	7,95	5	0	39	50,26	0	0

CE = Condutividade elétrica ($\mu\text{S cm}^{-1}$); CV – coeficiente de variação em (%)

Com relação à assimetria, foram encontrados baixos coeficientes de assimetria para pH e esporos (Tabela 1), indicando tendência à distribuição simétrica, entretanto a curtose, com valor relativamente elevado, para pH, confirma a variabilidade média do atributo em torno do valor médio.

Os dados apresentam um grau de dependência espacial moderado para os valores de esporos (Tabela 2). Um menor grau de dependência espacial indica que as variações aleatórias foram mais importantes que a variação espacial da estrutura (GOOVAERTS, 1998 apud PONTELLI, 2006).

Tabela 2 - Parâmetros dos semivariogramas ajustados para os atributos relacionados à esporos e resultados da correlação linear

Parâmetros ¹							
Indicador	Modelo	Co	Co + C1	Co/(Co+C1) ²	a	r ²	Correlação Linear Simples
pH	Efeito pepita puro	0,07	0,07	100	-	-	0
CE	Efeito pepita puro	1258	1258	100	-	-	0
Esporos	Gaussiano	23,1	87,3	26,5	73,1	0,885	0

(1) Co = efeito pepita; Co+C1= patamar; (2) Grau de dependência espacial em percentagem, sendo classificado em: <25% = forte; entre 25 e 75 % = moderada e > 75% = fraca (Cambardella et al, 1994); a = alcance; Correlação linear simples entre pH , Condutividade elétrica e esporos.

A C.E. (Figura 3) e o pH (Figura 4), do solo apresentaram distribuição tendendo a normal com distribuição espacial aleatória, ou seja, efeito pepita puro (Tabela 2), sendo o mapeamento realizado por meio do inverso do quadrado da distância.

O efeito pepita puro ocorreu pela distribuição aleatória de C.E. e pH , ou pela obtenção de valores homogêneos para pH e CE para uma área considerada pequena.

O efeito pepita puro é importante e indica variabilidade não explicada, podendo ser decorrente de erros de medidas ou microvariações não detectadas, considerando a distância de amostragem utilizada (Cambardella et al., 1994; Paz et al., 1995; Salviano et al., 1998); é necessário, portanto, menor distância entre os pontos de amostragem para se detectar a dependência.

Trata-se de uma indicação clara de que esses atributos são espacialmente independentes, apresentam distribuição casual ou de que o espaçamento de amostragem usado é maior que o necessário para revelar a dependência espacial e de que a única estatística aplicável é a clássica (SILVA et al., 1989).

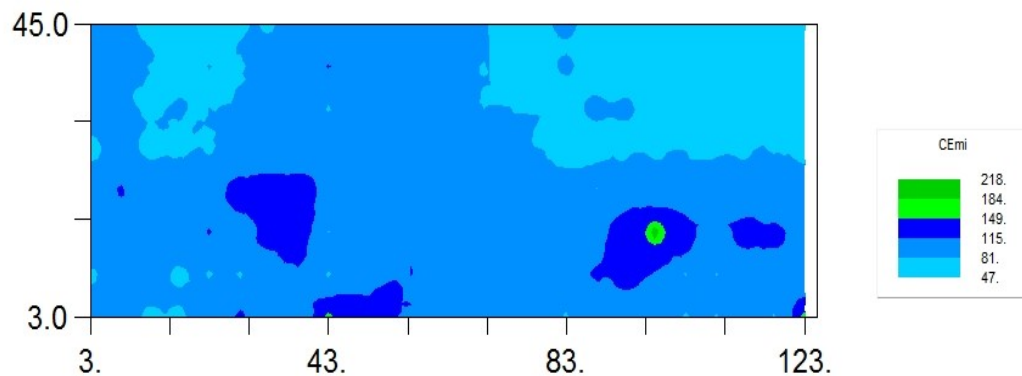


Figura 3: Condutividade elétrica do extrato de saturação (CEmi) do solo pós cultivo de plantas de cobertura

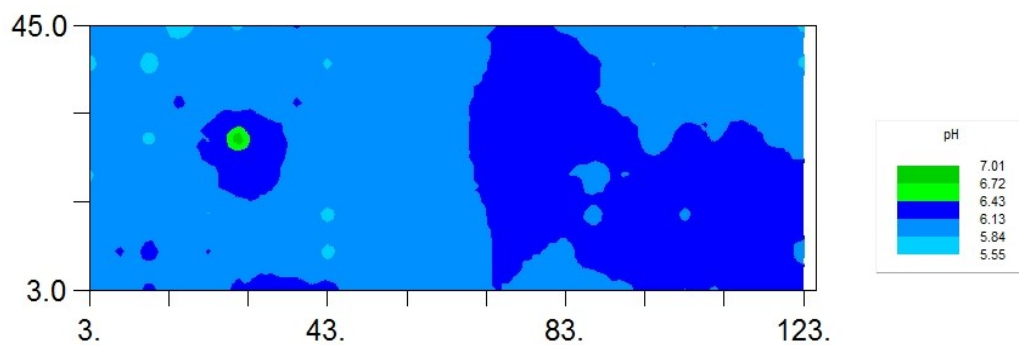


Figura 4: pH do solo em cloreto de cálcio do solo pós cultivo de plantas de cobertura

O mapeamento do atributo Esporo (Figura 5) presente no solo indicou locais com valores diferenciados que devem ser considerados, devido a grande importância dos fungos micorrízicos arbusculares para o auxílio na absorção de nutrientes pelas plantas.

Isso se dá devido a uma interação entre planta/fungo e pelo fato de as gramíneas possuírem alta eficiência fotossintética, mantendo o maior grau de infecção de todas as espécies de FMAs individualmente, além de terem sistema radicular ramificado e abundante, que diminui a competição entre espécies de FMAs por sítios de infecção (KLIRONOMOS et al., 2000).

Observou-se elevado número de esporos no milheto, embora não houve diferença estatística entre as espécies de plantas de cobertura.

Comparando o mapeamento de esporos (Figura 5) com o mapeamento de pH (Figura 4) pode se observar maiores valores de densidade de esporos de FMA's onde se tem menores valores de pH e se encontram as plantas de cobertura.

O fato de não ocorrer a correlação entre esporos, pH e C.E pode ser indicado pelo mapeamento nas figuras (Figura 3, Figura 4, Figura 5) de forma que maiores valores para cada parâmetro ocorrem em locais diferentes da área.

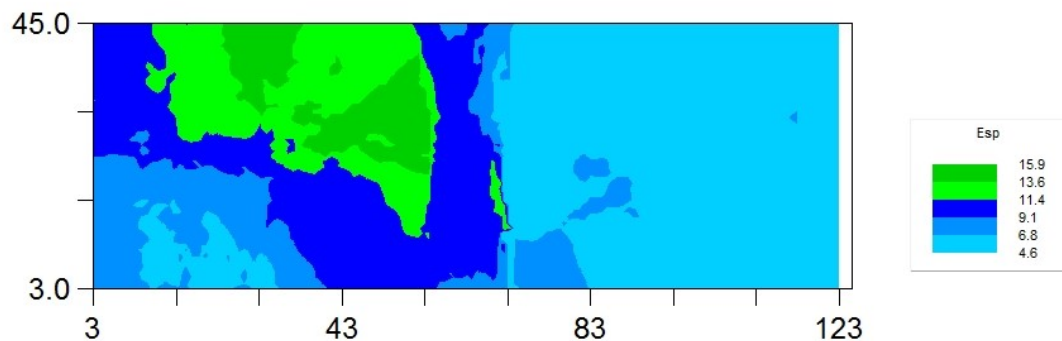


Figura 5: densidade de esporos no solo pós cultivo de plantas de cobertura

Segundo Collozzi-Filho e Balota (1994) o cultivo com leguminosas como Crotalária favorece a maior abundancia de esporos no solo. Como este grupo de plantas é capaz de produzir grande variedade de metabólitos secundários, como os aromáticos biologicamente ativos (SIQUEIRA et al., 1991), seu envolvimento nas relações ecológicas desses fungos merece considerações, uma vez que certos metabólitos, como os flavonóides, exercem efeitos diferenciados sobre tais fungos (BAPTISTA;SIQUEIRA, 1994; ROMERO ; SIQUEIRA, 1996).

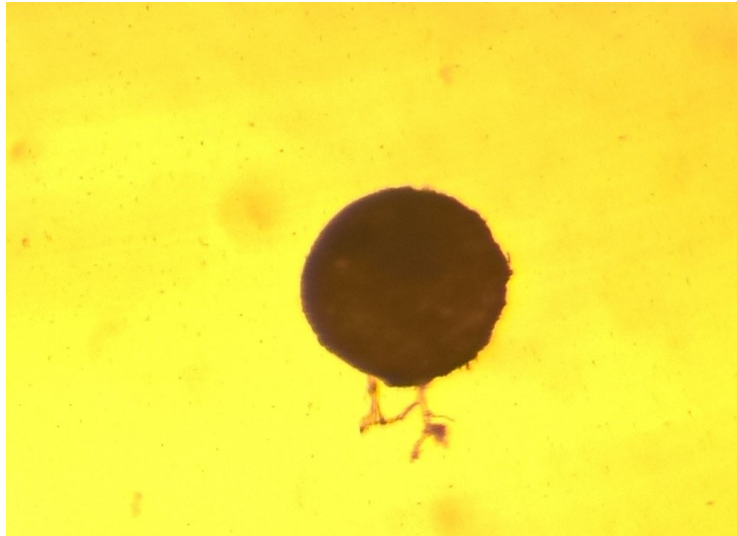


Figura 6: Exemplar de Esporo presente no solo

4- CONCLUSÕES

A densidade de Esporos apresentam moderada variabilidade demonstrando a interferência da área para espacialização dos fungos micorrizicos nas camadas iniciais do solo.

A não correlação com a Condutividade elétrica, o pH e Esporos indica a não relação entre esses atributos e a espacialização dos fungos micorrizicos em área de cultivo de plantas de cobertura.

5- REFERÊNCIAS

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

ALLEN, M.F.; SWENSON, W.; QUEREJETA, J.I.; EGERTONWARBURTON,

L.M. e TRESEDER, K.K. **Ecology of mycorrhizae: A conceptual framework for complex interactions among plants and fungi.** Ann. Rev. Phytopathol., 41:271-303, 2003.

AUGÉ, R. M.; STODOLA, A. J. W.; TIMS, J. E.; SAXTON, A. M. **Moisture retention properties of a mycorrhizal soil.** Plant and Soil, The Hague, v. 230, n. 1, p. 87-97, 2001.

BALOTA, E.L.; MACHINESKI, O.; TRUBER, P.V.; MILANI, K.L.; SCHERER, A.; HONDA, C.; LEITE, L.C. **Efeito dos fungos micorrízicos arbusculares em culturas oleaginosas.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA E I SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE OLEAGINOSAS ENERGÉTICAS, 4, 2010, João Pessoa, **Anais**...João Pessoa: Embrapa Algodão, 2010, p.680-684.

BAPTISTA, M. J. ; SIQUEIRA, J. O. **Efeito dos flavanóides na germinação de esporos e no crescimento assimbiótico do fungo micorrízico arbuscular *Gigaspora gigantea*.** Revista. Brasileira. Fisilogia Vegetal, Campinas, v. 6, p. 127-134, 1994.

BERBARA, R. L. L.; SOUZA, F. A. de; FONSECA, H.M. A. C. **Fungos Micorrízicos arbusculares: muito além da nutrição.** In: FERNANDES, M. S. (Ed.). Nutrição mineral de plantas. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006. p. 53-88.

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. Soc. Am. J., 58:1501-1511, 1994.

CARVALHO, J. R. P.; SILVEIRA, P. M.; VIEIRA, S. R. **Geoestatística na determinação da variabilidade espacial de características químicas do solo sob diferentes preparos.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, Rio de Janeiro, v. 37, n. 8, p. 1151-1159, 2002.

COLLOZZI-FILHO, A.; BALOTA, E. L. **Potencial de inóculo de fungos micorrízicos arbusculares em solo cultivado com cafeeiro e leguminosas de verão.** In: REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 5., 1994, Florianópolis. Resumos....Florianópolis, 1994. p. 17.

CORDEIRO, M. A. S.; CARNEIRO, M. A. C.; PAULINO, H. B.; SAGGIN JÚNIOR, O. J. **Colonização e densidade de esporos de fungos micorrízicos em dois solos de cerrado sob diferentes sistemas de manejo.** Pesquisa Agropecuária Tropical, Goiânia, v. 35, n. 3, p.147-153, 2005.

DONAGEMMA, G.K. et al. **Manual de métodos de análise de solos.** Embrapa Solos, Rio de Janeiro, 230 p. - (Documentos / Embrapa Solos, ISSN 1517-2627 ; 132), 2011.

FELDMANN, F. **Mycorrhizal situation of native trees in the Brazilian tropical ecosystems Varzea, Igapo, and Terra Firme.** In: LIEBEREI, R.; VOB, K. & BRÜGMANN, C., eds. Hamburg, Tropische Nutzpflanzen, 1994. p.70-77.

GERDEMANN, J. W. ; T. H. NICOLSON. **Spores of mycorrhizal Endogone extracted from soil by wet sieving and decanting.** Transactions of the British Mycological Society, 1963.

GIANINAZZI-PEARSON, V. **Plant cell response to arbuscular mycorrhizal fungi: getting to the roots of the symbiosis.** Plant Cell, Rockville, v. 8, p. 1871-1883, 1996.

GOMES, P. **Curso de estatística experimental.** 14. ed. Piracicaba: Livraria Nobel S/A, 477, p. 2000

HAYMAN, D.S., TAVARES, M. **Plant growth responses to vesicular arbuscular mycorrhiza.XV. Influence of soil pH on the symbiotic efficiency of diferentes endophytes.** New Phytol, v. 100, p 367-377, 1985

HUIJBREGTS, C.J. In: DAVIS, J.C.; MC CULLAGH, M. J. - **Regionalized variables and quantitative analysis of spatial data. (ed.) Display and analysis of spatial data.** John Wiley, p.38 – 53, 1975

LOSS, A. **Dinâmica da matéria orgânica, fertilidade e agregação do solo em áreas sob diferentes sistemas de uso no Cerrado goiano.** 2011. Tese (Doutorado em Agronomia - Ciência do Solo) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica.

LOSS, A.; ANGELINI, G. A. R.; PEREIRA, A. C. C.; LÃ, O. R.; MAGALHÃES, M. O. L.; SILVA, E. M. R.; SAGGIN JUNIOR, O. J. **Atributos químicos do solo e ocorrência de fungos micorrízicos sob áreas de pastagem e sistema agroflorestral, Brasil.** Acta Agronómica, Bogotá, v. 58, n. 2, p. 91-95, 2009a.

KLIRONOMOS, J.N.; McCUNE, J.; HART, M.; NEVILLE, J. **The influence of arbuscular mycorrhizae on the relationship between plant diversity and productivity.** Ecology Letters, 3:137-141, 2000.

MAIA, L. C.; TRUFEM, S.F.B.. **Fungos micorrízicos vesículo-arbusculares em solos cultivados no Estado de Pernambuco, Brasil.** Revista Brasileira de Botânica, 1990.

MACHADO, Leonardo de Oliveira et al. **VARIABILIDADE ESPACIAL DE ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO EM ÁREAS SOB SISTEMA PLANTIO CONVENCIONAL.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, Brasília, v. 31, p.591-599, 2007.

MIRANDA, E. M.; SILVA, E. M. R.; SAGGIN JUNIOR, O. J. **Comunidades de fungos micorrízicos arbusculares associados ao amendoim forrageiro em pastagens consorciadas no Estado do Acre, Brasil.** Acta Amazônica, Rio Branco, v. 40, n. 1, p. 13-22, 2010.

MIRANDA, J. C. C. de; MIRANDA, L. N. de. **Contribuição da micorriza arbuscular para a produtividade e sustentabilidade nos sistemas de produção com plantio direto no cerrado.** Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, (Embrapa Cerrados. Comunicado técnico, 134) 2007a.

MIRANDA, J. C. C. de; MIRANDA, L. N. de. **Contribuição da micorriza arbuscular na resposta das culturas à calagem e adubação fosfatada em solos de cerrado.** Planaltina, DF: EMBRAPA-CPAC,... (EMBRAPA-CPAC. Comunicado técnico, 89) 4p 2003.

MIRANDA, J. C. C. de; MIRANDA, L. N. de. **Impacto do sistema de plantio direto na diversidade de espécies de fungos micorrízicos arbusculares nativos em solo de cerrado.** Planaltina, DF: Embrapa Cerrados,. (Embrapa Cerrados. Comunicado técnico, 135) 2007b.

MORTON, J. B.. **Problems and solutions for the integration of glomalean taxonomy, systematic biology, and the study of endomycorrhizal phenomena.** Mycorrhiza, 1993.

PAZ, A.; TABOADA, M.T. & GOMEZ, M.J. **Spatial variability in topsoil micronutrient contents in a one-hectare cropland plot.** Comm. Soil Science. Plant Anal, 3:479-503, 1996.

PONTELLI, C.B. **Caracterização da variabilidade espacial das características químicas do solo e da produtividade das culturas utilizando as ferramentas de agricultura de precisão.** Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Maria (RS), 112p. 2006.

RESCK, D. V. S.; FERREIRA, E. A. B.; FIGUEIREDO, C. C.; ZINN, Y. L. Dinâmica da matéria orgânica no Cerrado. In: SANTOS, G. A.; SILVA, L. S.; CANELLAS, L. P.; CAMARGO, F. O. (Ed.). **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais.** 2. ed. Porto Alegre: Metrópole, p. 359-417. 2008.

RHEINHEIMER, D.S. **Comportamento de fungos micorrízicos vesicular-arbuscular nativos em pensacola com diferentes pH de solo.** Santa Maria, Dissertação (Mestrado em Agronomia)- Curso de Pós-graduação em Agronomia. Universidade Federal de Santa Maria, p 69. 1991.

RHEINHEIMER, D.S., KAMINSKI, J. **Intensidade de colonização do córtex radicular como parâmetro de avaliação de simbiose micorrízica.** Ciência Rural, v .25.n 1, p 223-228.1995

ROBERTSON, G. P. GS+. **Geostatistics for the environmental sciences - GS+ User's Guide.** Plainwell, Gamma Design Software, 1998. 152p.

ROMERO, A.G. F.; SIQUEIRA J.O. **Atividade de flavonóides sobre esporos do fungo micorrízico *Gigaspora gigantea* in vitro.** Pesquisa Agropecuária Brasileira Brasília, v. 37, n. 7. p. 517-522, 1996.

RUSSOMANNO OMR, KRUPPA PC, MINHONI MTA. **Influência de fungos micorrízicos arbusculares no desenvolvimento de plantas de alecrim e manjerição.** Arq Inst Biol. 2008;75:37-43.

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

SEIDEL, Enio Júnior; OLIVEIRA, Marcelo Silva de. **Proposta de uma generalização para os modelos de semivariogramas Exponencial e Gaussiano.** Semina: Ciências Exatas e Tecnológicas, . Universidade Estadual de Londrina. <http://dx.doi.org/10.5433/1679-0375> .Londrina, v. 34, n. 1, p.125-132, 2013

SILVA, A.P.; LIBARDI, P.L. & VIEIRA, S.R. **Variabilidade espacial da resistência a penetração de um Latossolo Vermelho-Escuro ao longo de uma transeção.** Revista Brasileira.de Ciência do Solo, 13:1-5, 1989.

SISVAR, **Sistema para análise de variância, para Windows versão 4.3.** Lavras, Universidade Federal de Lavras, 2000

SIQUEIRA, J. O.; FRANCO, A. A. **Biotecnologia do solo: fundamentos e perspectivas.** Brasília: MEC/ ABEAS/Lavras: ESAL/FAEPE, 1988. 236 p.

SIQUEIRA, J.O.; MOREIRA,F.M.S.;GRISI,B.M.;HUNGRIA,M.&ARAUJO,R.S. **Microrganismos e processos biológicos do solo: Perspectiva ambiental.** Brasília, Embrapa, 1994. p.142.

SIQUEIRA, J. O.; NAIR, M.G.; HAMMERSCHMIDT, R. SAFIR, G.R. **Significance of phenolic compounds in plant-soilmicrobial systems.** Crit. Rev. Plant Science., Boca Raton, v. 10 n. 1, p. 63-121, 1991.

THOMPSON, J.P. **Decline of vesicular-arbuscular mycorrhizae in long fallow disorder of field crops and its expression in phosphorus deficiency of sunflower.** Austr. J. Agric. Res.,38:847-867, 1987.

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

VAN DER HEIJDEN, M. G. A.; KLIRONOMOS, J. N.; URSIC, M.; MOUTOGLIS, P.;STREITWOLFENGEL, R.; BOLLER, T.; WIEMKEN, A.; SANDERS, I. R. **Mycorrhizal fungal diversity determines plant biodiversity, ecosystem variability and plant productivity.** Nature, London, v. 396, p. 69-72, 1998

VIEIRA, S. R. **Geoestatística em estudos de variabilidade espacial do solo.** Tópicos em ciência do solo, Viçosa, v. 1, p. 1-53, 2000.

VIEIRA, S.R.; NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., V.H ; SCHAEFER, C.E.G.R **Geoestatística em estudo de variabilidade espacial do solo: In. Tópicos em**

ciência do solo. Viçosa, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2000. v.1, p. 1-55.

VIEIRA, S.R.; HATFIELD, J.L.; NIELSEN, D.R.; BIGGAR, J.W. **Geostatistical theory and application to variability of some agronomical properties.** Hilgardia, 51:1-75, 1983.

WARRICK, A.W. & NIELSEN, D.R. **Spatial variability of soil physical properties in the field.** In: HILLEL, D., ed. Applications of soil physics. New York, Academic Press, 1980. New York, Academic Press, p.350, 1980.

WU, C.; WU, J.; LUO, Y.; ZHANG, H.; TENG, Y. **Statistical and geoestatistical characterization of heavy metal concentrations in a contaminated area taking into account soil map units.** Geoderma, Amsterdam, v. 144, p. 171-179, 2008.

ANEXO A- TABELA DE COORDENADAS GEOGRÁFICAS

Pontos	x	y
1	233889	7927635
2	233889	7927641
3	233889	7927647
4	233889	7927653
5	233889	7927659
6	233889	7927665
7	233889	7927671
8	233889	7927677
9	233894	7927677
10	233894	7927671
11	233894	7927665
12	233894	7927659
13	233894	7927653
14	233894	7927647
15	233894	7927641
16	233894	7927635
17	233899	7927635
18	233899	7927641
19	233899	7927647
20	233899	7927653
21	233899	7927659
22	233899	7927665
23	233899	7927671
24	233899	7927677
25	233904	7927677
26	233904	7927671
27	233904	7927665
28	233904	7927659
29	233904	7927653
30	233904	7927647
31	233904	7927641
32	233904	7927635
33	233909	7927635
34	233909	7927641
35	233909	7927647

36	233909	7927653
37	233909	7927659
38	233909	7927665
39	233909	7927671
40	233909	7927677
41	233914	7927677
42	233914	7927671
43	233914	7927665
44	233914	7927659
45	233914	7927653
46	233914	7927647
47	233914	7927641
48	233914	7927635
49	233919	7927635
50	233919	7927641
51	233919	7927647
52	233919	7927653
53	233919	7927659
54	233919	7927665
55	233919	7927671
56	233919	7927677
57	233924	7927677
58	233924	7927671
59	233924	7927665
60	233924	7927659
61	233924	7927653
62	233924	7927647
63	233924	7927641
64	233924	7927635
65	233929	7927635
66	233929	7927641
67	233929	7927647
68	233929	7927653
69	233929	7927659
70	233929	7927665
71	233929	7927671
72	233929	7927677
73	233959	7927635
74	233959	7927641
75	233959	7927647
76	233959	7927653
77	233959	7927659
78	233959	7927665
79	233959	7927671
80	233959	7927677

81	233964	7927635
82	233964	7927641
83	233964	7927647
84	233964	7927653
85	233964	7927659
86	233964	7927665
87	233964	7927671
88	233964	7927677
89	233969	7927677
90	233969	7927671
91	233969	7927665
92	233969	7927659
93	233969	7927653
94	233969	7927647
95	233969	7927641
96	233969	7927635
97	233974	7927635
98	233974	7927641
99	233974	7927647
100	233974	7927653
101	233974	7927659
102	233974	7927665
103	233974	7927671
104	233974	7927677
105	233979	7927677
106	233979	7927671
107	233979	7927665
108	233979	7927659
109	233979	7927653
110	233979	7927647
111	233979	7927641
112	233979	7927635
113	233984	7927635
114	233984	7927641
115	233984	7927647
116	233984	7927653
117	233984	7927659
118	233984	7927665
119	233984	7927671
120	233984	7927677
121	233989	7927677
122	233989	7927671
123	233989	7927665
124	233989	7927659
125	233989	7927653

126	233989	7927647
127	233989	7927641
128	233989	7927635
129	233994	7927635
130	233994	7927641
131	233994	7927647
132	233994	7927653
133	233994	7927659
134	233994	7927665
135	233994	7927671
136	233994	7927677
137	233999	7927677
138	233999	7927671
139	233999	7927665
140	233999	7927659
141	233999	7927653
142	233999	7927647
143	233999	7927641
144	233999	7927635