

ATRIBUTOS FÍSICOS E QUÍMICOS DE SOLOS SOB CULTIVO DE CANA-DE-AÇÚCAR PRÓXIMO A FRAGMENTOS FLORESTAIS NATIVOS

ATRIBUTOS FÍSICOS Y QUÍMICOS DE LOS SUELOS BAJO CULTIVO DE CAÑA DE AZÚCAR CERCA DE FRAGMENTOS DEL BOSQUE NATIVO

ATTRIBUTES PHYSICAL AND CHEMICAL OF SOILS UNDER CULTIVATION OF SUGARCANE NEAR THE FOREST FRAGMENTS NATIVE

Ludmila de Freitas*
ludmila.freitas@ifro.edu.br

José Carlos Casagrande**
bighouse@ufscar.br

Ivanildo Amorim de Oliveira*
ivanildo.oliveira@ifro.edu.br

Herisson Ferreira dos Santos*
herisson.santos@ifro.edu.br

Milton César Costa Campos***
mcesarsolos@gmail.com

Witoria Araújo de Oliveira***
witoriaoli1234@gmail.com

Marcos Vieira de Oliveira*
oliveiramarcosvieira398@gmail.com

Carlos Daniel Teixeira Silva*
carlosdaniel6if@gmail.com

*Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia, Ariquemes /RO, Brasil

**Universidade Federal de São Carlos, Araras/SP, Brasil

***Universidade Federal da Paraíba, Areia/PB, Brasil

Resumo

No Brasil, o cultivo da cana-de-açúcar destaca-se como uma das mais antigas atividades agroeconômicas, sendo as produções de açúcar e álcool as principais finalidades de sua exploração. As vantagens da presença de floresta em áreas agrícolas são raramente discutidas, como, por exemplo, qual é o potencial que a floresta possui de fertilizar o solo ao seu redor. O objetivo do trabalho foi caracterizar os parâmetros físicos e químicos para explicar a influência de fragmentos florestais nativos sobre a qualidade do solo cultivado com cana-de-açúcar próximo aos fragmentos. O estudo foi realizado nos municípios de Araras, Santa Ernestina e Guariba no estado de São Paulo. As amostras de solo foram coletadas na profundidade de 0,0-0,20 m para análises químicas e físicas, em intervalos de 5 m, até a distância de 50m da borda florestal em direção à área agrícola e até 15 m para o interior da mata. Os resultados mostraram solos com maiores teores de argila tendem a ter, nos primeiros 35 metros da borda para o interior do canal, melhor qualidade, com toda a probabilidade de ser resultado do efeito da presença da mata sobre os parâmetros químicos e físicos dos solos estudados, fato este não observado em solos com texturas mais arenosas. Assim, salienta-se a importância da presença de fragmentos florestais em áreas agrícolas, principalmente em solos com maiores teores de argila.

PALAVRAS CHAVE: Efeito de borda. Mata nativa. Matéria orgânica do solo.

Resumen

En Brasil, el cultivo de la caña de azúcar se destaca como una de las actividades agroeconómicas más antiguas, siendo la producción de azúcar y alcohol los principales fines de su explotación. Pocas veces se discuten las ventajas de la presencia del bosque en las zonas agrícolas, como por ejemplo, el potencial que tiene el bosque para fertilizar el suelo que lo rodea. El objetivo de este trabajo fue caracterizar los parámetros físicos y químicos para explicar la influencia de los fragmentos de bosque nativo en la calidad del suelo cultivado con caña de azúcar cercano a los fragmentos. El estudio fue realizado en los municipios de Araras, Santa Ernestina y Guariba en el estado de São Paulo. Se recolectaron muestras de suelo a una profundidad de 0,0-0,20 m para análisis químico y físico, a intervalos de 5 m, hasta una distancia de 50 m desde el borde del bosque hacia el área agrícola y hasta 15 m tierra adentro. Los resultados mostraron que los suelos con mayor contenido de arcilla tienden a tener, en los primeros 35 metros desde el borde hacia el interior del cañaveral, mejor calidad, con toda probabilidad de ser resultado del efecto de la presencia del bosque sobre el suelo. parámetros químicos y físicos de los suelos estudiados, hecho que no se observó en suelos con texturas más arenosas. Así, se destaca la importancia de la presencia de fragmentos de bosque en áreas agrícolas, especialmente en suelos con mayor contenido de arcilla.

PALABRAS CLAVE: Efecto borde. Bosque nativo. Materia orgánica del suelo.

Abstract

In Brazil, the cultivation of sugar cane stands out as one of the oldest agrieconomics activities, and the production of sugar and alcohol are the main aims of its operation. The advantages of the presence of forest to agricultural land are rarely discussed, for example, what is the potential of the forest to fertilize the soil around them. The aim of this study was to characterize the physical and chemical parameters to explain the influence of forest fragments natives on the quality of the soil cultivated with sugar cane next to fragments. The study was carried out in the municipalities of Araras, Santa Ernestina and Guariba in state of São Paulo. Samples were collected with deepness of 0,0-0,20 m for chemical, physical at intervals of 5m to 50 m away from the forest edge towards the agricultural area and up to 15 meters into the forest. The results showed that soils with higher clay content tend to have the first 35 meters from the edge into the cane field better soil quality, with almost sure that this result is because of the effect of the presence of forest on the chemical and physical soil parameters, which is not observed in soils with sandier textures. Thus, we stress the importance of the presence of forest fragments in agricultural areas, especially in soils with higher clay.

KEYWORDS: Edge effects. Native forest. Soil organic matter of soil.

1. Introdução

No Brasil, o cultivo da cana-de-açúcar destaca-se como uma das mais antigas atividades agroeconômicas, sendo as produções de açúcar e álcool as principais finalidades de sua exploração. Atualmente, é considerada a cultura com o maior percentual de crescimento de área cultivada e com perspectivas de maior crescimento nas próximas safras (ANDREOLI; SOUZA, 2006) devido à demanda mundial por combustíveis ambientalmente corretos.

No cenário atual, o meio rural é dominado pelas grandes áreas intensamente cultivadas com monoculturas, solos descobertos sofrendo intenso processo erosivo, zonas ripárias sem vegetação e

pequenos fragmentos florestais isolados e perturbados pelas atividades humanas. Esse modelo mostra-se hoje insustentável, com consequências ambientais graves e muitas vezes irreversíveis.

Em áreas com cultivos agrícolas, em razão de processos que levam ao empobrecimento de suas características físicas, químicas e biológicas, provoca degradação do solo (SILVA et al., 2005). O conhecimento das alterações nos atributos do solo, causado pelo cultivo contínuo, fornece subsídios para a adoção de práticas de manejo que permitam incrementar o rendimento das culturas, a contínua sustentabilidade e conservação dos ecossistemas (OLIVEIRA et al., 2015).

As vantagens da presença de floresta em áreas agrícolas são raramente discutidas, como, por exemplo, qual é o potencial que a floresta possui em fertilizar (inclui interações físicas, químicas e biológicas) o solo ao seu redor e, assim, funcionar dentro dos limites do ecossistema para sustentar a produtividade biológica, manter a qualidade ambiental e promover a saúde das plantas e dos animais (FREITAS, 2011), além de ser responsável pela ciclagem de nutrientes.

As ações antrópicas têm gerado grandes impactos nas paisagens através do intenso processo de substituição das áreas de vegetação nativa por diversos tipos de uso do solo e da fragmentação das áreas com cobertura florestal (MATSUSHITA et al., 2006). Segundo Mendoza et al. (2011), diversos fatores estão diretamente ligados a este processo, podendo influenciar a disponibilidade e a qualidade dos recursos naturais, além de afetar a biodiversidade em grandes áreas do planeta. Uma dessas causas é a expansão de cultivos com cana-de-açúcar em larga escala que ocupou grandes áreas, principalmente no sistema de cultivo convencional. No estado de São Paulo, áreas cobertas por floresta natural foram gradativamente substituídas por canaviais e mantidas por períodos superiores a 60 anos (FREITAS, 2011), causando alterações nos atributos do solo e na sua qualidade.

Há, portanto, a possibilidade de viabilizar o plantio de espécies florestais em aléias, por exemplo, junto ao cultivo de cana, sendo importante ressaltar que, como o Estado de São Paulo tem cerca de 4,4 milhões de ha de cana-de-açúcar, grande quantidade de árvores que poderia ser plantada nesse sistema, com impacto positivo no balanço de CO₂, na paisagem e conseqüentemente na biodiversidade (FREITAS et al., 2011). O mesmo autor salienta que especialistas afirmam que a maneira mais eficiente de diminuir o efeito estufa ainda é através do plantio de árvores, visto que sequestram o carbono em sua biomassa, além de várias outras vantagens, como o efeito das condições climáticas, condições do solo (aumento da matéria orgânica e conseqüentemente a CTC) e componentes biológicos do solo.

Dentro desse contexto, com a técnica da análise multivariada é possível explicar o máximo de correlação entre as variáveis e descobrir quais delas contribuem mais para a caracterização e, ou, alteração do solo. Diversas pesquisas têm aplicado a técnica multivariada para análise de dados de solos (LOSS et al., 2009; KUMMER et al., 2010; PRAGANA et al., 2012; FREITAS et al., 2014).

Assim, o objetivo deste trabalho foi caracterizar parâmetros físicos e químicos com a finalidade de explicar a influência de fragmentos florestais nativos sobre a produção e qualidade da cana-de-açúcar cultivada próximo aos fragmentos, com o uso da análise multivariada.

2. Materiais e Métodos

O estudo foi realizado em quatro áreas localizadas no interior do estado de São Paulo (Figura 1), sendo avaliados os atributos químicos e físicos das áreas cultivadas com cana-de-açúcar e com matas nativas adjacentes.

A área 1, está localizada no Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de São Carlos, no Município de Araras - São Paulo, nas coordenadas de latitude 22°18'31"S e longitude 47°23'13"O, numa altitude 670 m. A segunda área está localizada em Santa Ernestina, a terceira área e a quarta área no município de Guariba sendo a área 2 situada nas coordenadas 21° 31' 42"S e 48° 34' 31"O e altitude média de 600 m, a área 3 situada nas coordenadas 21° 31' 31"S e 48° 19' 25"O com altitude média de 680 m e a área quatro, com coordenadas de 21° 29' 55" S e 48° 25' 23"O com altitude de 660 m.

O solo da área 1, foi classificado como Latossolo Vermelho, apresentando textura argilosa (contendo 52% de argila, 35% de areia e 13% de silte) e no ano de coleta a área se encontrava no terceiro corte e a variedade plantada era a RB92-5345, sendo a área plantada de 17 ha. Contígua à área cultivada com cana-de-açúcar, a área de mata nativa representa cerca de 10 ha e se constitui em floresta Estacional. Do ponto de vista geológico, a área está situada na Bacia do Paraná, compostas por rochas sedimentares com material de origem de argilitos da Formação Irati ou Corumbataí, Grupo Passa Dois. De acordo com a classificação de Thornthwaite, o clima desse município é B1rB'4^a, clima úmido, sem ou com pouca deficiência hídrica, com evapotranspiração anual média entre 997 e 1140 mm.

Na área 2 o solo foi classificado como Latossolo Amarelo, com textura franco-arenoso (contendo 22% de argila, 62% de areia e 16% de silte) com área de cultivo de 11,4 ha, sendo a variedade predominante produzida a RB92-5345, e no ano de coleta a área se encontrava no terceiro corte. A área 3, o solo foi classificado como Latossolo Vermelho, com textura franco-argilo arenoso (contendo 35% de argila, 62% de areia e 13% de silte) e área de cultivo de 27,3 ha, sendo a variedade predominante produzida a SP83-2847 e no ano de coleta a área se encontrava no terceiro corte. A área 4, o solo foi classificado como Latossolo amarelo, com textura arenosa, (contendo 14% de argila, 69% de areia e 27% de silte) e área de cultivo de 17 ha, sendo a variedade predominante produzida a SP83-2847 e no ano de coleta a área se encontrava no terceiro corte. Contígua as três áreas, a área de mata nativa representa cerca de 11 ha para a área 2, cerca de 25 ha para área 3 e 5 ha para a área 4 e constituem em floresta Estacional, sendo que a mata da área encontra-se degradada e com efeitos de borda acentuados.

As áreas 2, 3 e 4 estão inseridas no Planalto Ocidental Paulista, próxima ao limite das Cuestas Basálticas, no divisor litoestratigráfico arenito basáltico. O material de origem está relacionado à transição Basalto do Grupo São Bento Formação Serra Geral, Depósito Colúvio-Eluvionar e Depósito Aluvionar. Segundo a classificação de Thornthwaite, o clima local pode ser definido como B1rB'4a', Tipo Mesotérmico Úmido, com pequena deficiência hídrica, sendo a evapotranspiração de verão menor que 70 % da evapotranspiração anual.

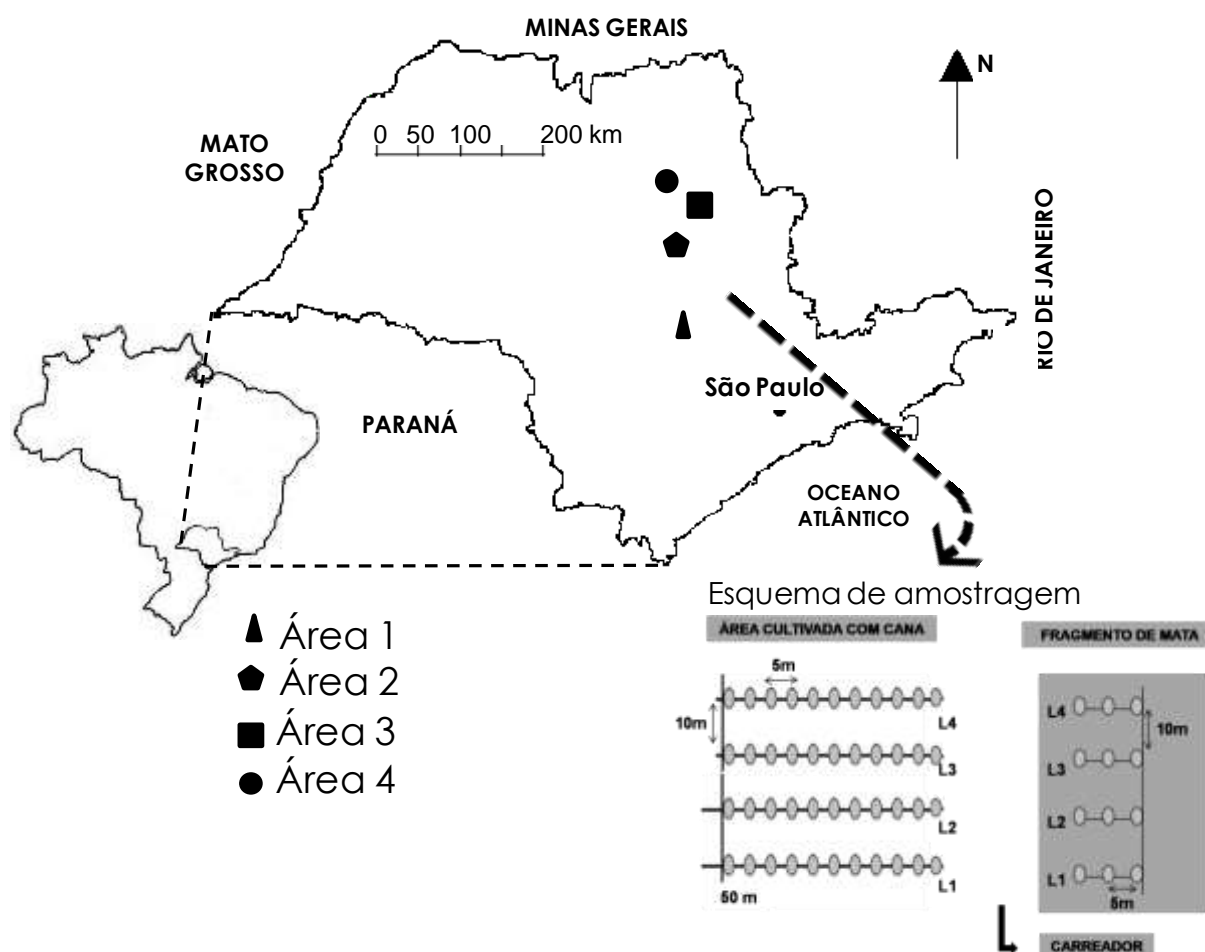


Figura 1. Localização das áreas no Estado de São Paulo e esquema de amostragem de solo.

Durante cerca de 40 anos, as áreas foram cultivadas com cana-de-açúcar e, pelo menos nos últimos 10 anos, foram adubadas no primeiro e no segundo corte com somente adubação de cobertura com torta de filtro. Nesses três ciclos de produção, a colheita foi realizada como cana crua, ou seja, sem queima ou despalha.

A magnitude do efeito positivo dos fragmentos florestais sobre os solos cultivados com cana-de-açúcar foi verificada pela comparação dos pontos de amostragens mais próximos e mais distantes dos respectivos fragmentos. Para isso, foi elaborado um gradiente para cada parâmetro estudado a cada 5 m, até uma distância de 50 m do fragmento florestal. O solo do fragmento florestal foi a referência dos parâmetros mais adequados.

Foram realizadas 4 repetições em cada área estudada (L1, L2, L3 e L4) nos dois ambientes, e a cada 5 m coletou-se uma amostra (P1 a P11 na cana e P0 na mata, visto que neste ambiente os pontos não diferiram estatisticamente, assim tem-se um valor médio para cada linha). O solo foi coletado na profundidade de 0,0 – 0,20 m por meio de mini trincheiras na borda da floresta e a cada 5 m, até 50 m de distância, adentrando a área cultivada com cana, e 10 m no interior da mata. Na floresta, a cada 5 m, foram coletadas quatro sub-amostras para compor uma amostra, conforme apresentado na Figura 1.

De acordo com os métodos propostos por Donagema et al. (2011), os atributos químicos do solo foram determinados: pH (CaCl_2), matéria orgânica do solo, K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , disponibilidade de p resina, a acidez potencial (H^+Al), S, Al^{3+} , B, S, Fe, Mn e Zn. Com base nos resultados das análises químicas, foi calculada a somas de bases (SB), a capacidade de troca catiônica (CTC), a saturação por bases (V%) e a acidez potencial (m%).

Os indicadores físicos quantificados foram determinados em amostras indeformadas na forma de anel cilíndrico, coletadas nas minitrincheiras. No laboratório, esses anéis foram saturados por meio da elevação gradual de uma lâmina de água até atingir cerca de 2/3 da altura do anel, para determinação da porosidade total (Pt) obtida pela diferença entre a massa do solo saturado e a massa do solo seco em estufa a 105° C durante 24 h (DONAGEMA et al., 2011). A microporosidade do solo foi determinada pelo método da mesa de tensão, segundo metodologia proposta por Donagema et al. (2011). A porosidade total (Pt) foi obtida pela diferença entre a massa do solo saturado e a massa do solo seco em estufa a 105 °C durante 24 h (DONAGEMA et al., 2011). Pela diferença entre a porosidade total e a microporosidade, obteve-se a macroporosidade. A densidade do solo (Ds) foi calculada pela relação entre a massa seca a 105 °C durante 24 h da amostra de solo do cilindro volumétrico e o volume do mesmo cilindro (DONAGEMA et al., 2011).

Considerando-se a estrutura multivariada contida nos dados, realizou-se a média de cada atributo por uso do solo, à análise estatística multivariadas, com as técnicas de análise de agrupamento hierárquica, distâncias generalizadas de Mahalonobis e análise de discriminante canônica. Segundo Campos et al. (2007), o uso de técnicas estatísticas multivariadas associadas aos conceitos de solos permitem observar variação dos atributos do solo, constituindo assim uma tentativa de reduzir o erro e de entender as sequências de processos pedogenéticos, além de elucidar a participação e ordem de importância das variáveis do solo.

A análise de agrupamento por método hierárquico (Cluster) foi realizada usando a distância euclidiana como medida de semelhança entre os registros e o método de Ward como estratégia de agrupamento. Para reduzir os erros, devidos às escalas e às unidades das variáveis, os dados foram padronizados com média zero e variância 1. O dendrograma obtido pela análise de agrupamento apresenta, no eixo vertical, o nível de similaridade e, no eixo horizontal, as áreas, formando as classes homogêneas. À medida que o nível de fusão aumenta, o nível de similaridade decresce. Então, traçar uma linha horizontal no dendrograma significa traçar a Linha Fenon, como é chamada, o que delimitará o número de grupos a se formarem. Além de buscar o menor nível de distorção que o processo aglomerativo possa trazer, é preciso ter conhecimento pelo pesquisador de seu objeto de pesquisa ao decidir o ponto a ser efetuado o 'corte'.

O efeito da distância do fragmento de mata sobre a composição do solo cultivado com cana-de-açúcar foi medido através das distâncias generalizadas de Mahalonobis. Tais distâncias são multivariadas e de fácil interpretação: pequenos valores de D^2 entre dois pontos significam que estes pontos são similares entre si, considerando as 22 variáveis conjuntamente; grandes valores de D^2 informam que dois pontos apresentam composições de solos distintas. Pelo fato destas distâncias serem estatísticas estão associadas ao um valor de p , o que permite determinar se as distâncias entre dois pontos são ou não estatisticamente semelhantes.

A fim de se comparar os perfis das diferentes áreas utilizando todas as variáveis conjuntamente, foi realizada uma análise discriminante canônica. A partir desta análise é possível definir o quão distintas são as áreas estudadas, sendo estas representadas em um gráfico (scatterplot canônico) onde é possível verificar a separação entre elas. Os eixos deste gráfico representam as variáveis canônicas, que são novas variáveis multivariadas criadas a partir do conjunto original de variáveis. A partir da análise dos coeficientes canônicos é possível definir a natureza da diferença entre os grupos e desta forma justificar o grau de separação obtido.

3. Resultados e Discussão

Na Figura 2, pode ser observado o dendrograma, obtido a partir da matriz de dados padronizados, pela análise de agrupamento objetivando avaliar a semelhança das áreas de estudo. Nesta análise, as áreas foram agrupadas com base no seu grau de semelhança, com o objetivo de classificá-las em grupos mais ou menos homogêneos, conforme Silva et al. (2010).

Cada vez que se obtém variação expressiva nos valores de distância euclidiana entre os acessos, para o conjunto de variáveis consideradas, é possível fazer uma divisão de grupos. Nesta análise, as áreas foram agrupadas com base no seu grau de semelhança, com o objetivo de classificá-las em grupos mais ou menos homogêneos. Pela disposição no gráfico, ambientes pouco distanciados são mais semelhantes do que os amplamente distanciados.

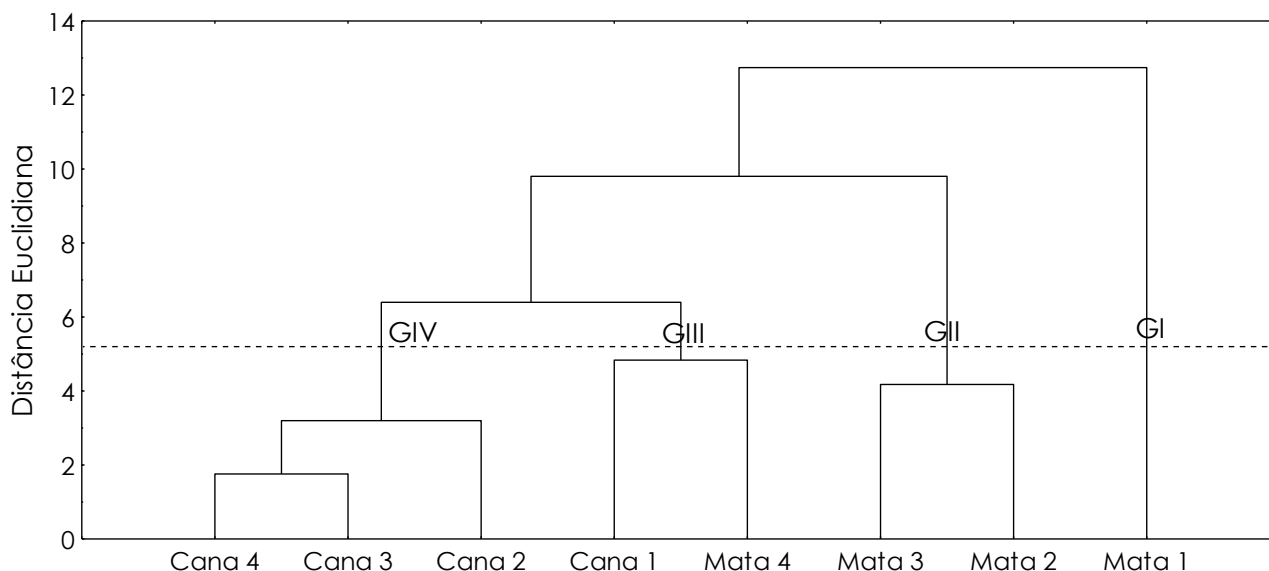


Figura 2. Dendrograma resultante da análise hierárquica de agrupamentos mostrando a formação de grupos segundo as variáveis analisadas.

Na Figura 2, foi admitido um corte na distância euclidiana de 5,2, o que favoreceu uma divisão de grupos, indicando que com o uso conjunto dos atributos químicos e físicos, é possível ordenar os dados em quatro grupos: o GI, englobando os dados formados somente pela mata da área 1, o GII formado pelas áreas de mata 2 e 3, o GIII, formado pelas áreas da área 1 com cana-de-açúcar e a área de mata nativa da área 4, e o GIV formado pelas demais áreas (áreas 2, 3 e 4 cultivadas com cana-de-açúcar).

O grupo GI, formado somente pela mata nativa da área 1, deve-se ao fato dessa área possuir características físicas e químicas diferentes das demais, considerando esta área ser a mais argilosa e com a mata nativa mais preservada, sem interferência antrópica, sem efeito de borda evidente, como foi observado em campo (Figura 2). Os grupos formados por mais de uma área, o GII (mata 2 e 3) provavelmente, se deve a fato de apresentarem atributos químicos e físicos similares, mesma classe textural, material de origem e clima iguais ou semelhantes, haja vista a formação de um único agrupamento. Esta informação está de acordo com a afirmativa de Yemefack et al. (2005) e Freitas et al. 2014 de que esta técnica permite agrupar variáveis com características semelhantes entre si e com aumento de variabilidade entre os agrupamentos formados.

O grupo GIII apresentou similaridade entre as áreas de mata nativa 4 e a área de cana-de-açúcar da área 1 (Figura 2). Esta similaridade entre essas áreas indica que a mata nativa da área 4 é uma área degradada com forte influência do efeito de borda devido as queimadas existentes no local e se aproximou mais da área cultivada com cana-de-açúcar da área argilosa, pois segundo Meyer e Harmon (1984), solos mais arenosos geralmente têm maior taxa de desagregação que solos argilosos, sendo a agregação de suas partículas muito menor do que em solos mais argilosos. Esses mesmos autores salientam o fato que em solos argilosos as partículas de argila agem como agente cimentante, proporcionando uma maior estabilidade dos agregados. Outro fato importante é que solos com maiores teores de argila possuem elevados teores de MO (GENU et al., 2013).

O grupo GIV, apresentou as mesmas características do grupo GII, porém somente com as demais áreas cultivadas (Figura 2). A diferenciação dos grupos foi marcante, apresentando maior similaridade entre eles, mostrando as particularidades de cada ambiente, pois as características dos atributos de um mesmo grupo são semelhantes e diferentes do comportamento de outros agrupamentos (VALLADARES et al., 2008).

Os agrupamentos formados pela análise de cluster confirmam a diferença de ambientes, visto que os ambientes estudados estão nitidamente separados, o ambiente cultivado e o ambiente com mata nativa, a exceção da área 1 cultivada e a área 4 com mata nativa, mais similares (Figura 2). Em seu trabalho Pragrana et al. (2012), avaliaram o efeito do plantio direto na alteração das características físicas de Latossolos Amarelos cultivados com soja, onde os autores ao submeter os dados a análise de agrupamento, foi possível observar que os tratamentos com solos sob plantio direto formaram grupos distintos do campo natural o que demonstra a alteração dos atributos físicos do solo em relação a mata nativa. De acordo com Freitas et al. (2014) avaliaram manejos diferentes pela análise de cluster e observaram que a mata nativa foi o ambiente que se diferenciou dos demais.

Conforme o pressuposto de haver efeito positivo dos fragmentos florestais sobre o solo cultivado com cana-de-açúcar, esperava-se encontrar gradientes nas condições físicas e químicas do solo, em relação ao distanciamento da mata nativa para a área adjacente de cana, para o seu interior, seguindo as distâncias amostradas (0, 5 e 10 m na mata e 0, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50 m na cana). Para este propósito procedeu-se a análise de correlação através das distâncias generalizadas de Mahalanobis e respectivos valores de p para comparação entre os pontos amostrados (Tabelas 1, 2, 3 e 4 e Figura 3)). Esta análise permite verificar a possível existência de um gradiente, conjugando os dados de todos os elementos analisados.

Como se trata de uma área cultivada, não se pode esquecer que a avaliação do solo representa o momento da coleta da amostra, podendo sofrer variações ao longo do ciclo da cultura da cana-de-açúcar em função do manejo cultural empregado (aplicação de fertilizantes e colheita, principalmente).

Tabela 1. Distâncias generalizadas de Mahalanobis e respectivos valores de p para comparação entre os pontos amostrados, encontrados na Área 1

Pontos	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
0		189,41	192,79	196,19	200,66	204,08	213,84	217,18	225,23	220,17	211,46	232,59
1	<0,0001		0,11	0,19	0,01	0,01	0,01	<0,0001	0,001	0,01	0,05	0,01
2	<0,0001	0,11		0,99	0,64	0,39	0,31	0,01	0,08	0,01	0,26	0,01
3	<0,0001	0,19	0,99		0,68	0,45	0,22	0,01	0,01	0,01	0,17	0,01
4	<0,0001	0,01	0,64	0,68		0,92	0,69	0,13	0,05	0,05	0,08	0,01
5	<0,0001	0,01	0,39	0,45	0,92			0,41	0,29	0,06	0,31	0,1
6	<0,0001	0,01	0,31	0,22	0,69	0,96		0,95	0,74	0,37	0,23	0,07
7	<0,0001	<0,0001	0,01	0,05	0,13	0,41	0,95		0,95	0,6	0,48	0,22
8	<0,0001	0,001	0,08	0,01	0,02	0,29	0,74	0,95		0,92	0,87	0,5
9	<0,0001	0,01	0,01	<0,0001	0,01	0,06	0,37	0,6	0,92		0,25	0,41
10	<0,0001	0,05	0,26	0,17	0,01	0,31	0,23	0,48	0,87	0,25		0,59
11	<0,0001	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,05	0,22	0,50	0,41	0,59	

Todos os valores são significativos para $p < 0,0001$. Fonte: os autores.

A análise de correlação da área 1, o solo mais argiloso, de cana-de-açúcar e mata nativa revelaram a existência de um significativo gradiente positivo entre as distâncias da mata para o interior da área cultivada com cana, considerando a mata como o referencial (ponto zero) para as análises. Analisando a Tabela 1 e Figura 3, pode-se observar que na borda da cana-de-açúcar (distância 0 m) houve uma diferença de ambiente de 189,41 comparando-se com a mata; na distância de 5 m, uma diferença de 192,79; em 10 m, 196,19; em 15 m 200,66 em 20 m, 204,08; 25 m 213,84; em 30 m 217,18 e em 35 m 225,23.

A partir desta distância, pode-se perceber que os pontos tendem a não ser mais tão significativos. Pode-se afirmar que quanto menor for a distância, menor será a diferença entre os dois ambientes estudados. Assim, há uma propensão, nos primeiros 35 metros da borda para o interior da cana, de melhor qualidade do solo nesta área, com toda a probabilidade de ser resultado do efeito da presença da mata sobre os parâmetros químicos e físicos do solo estudado (Tabela 1 e Figura 3).

Além disso, foi possível verificar que, apesar da relação entre os ambientes variar com a distância, houve uma clara distinção entre o ambiente de vegetação nativa e o cultivado. A distância mais próxima, isto é, a que mais se assemelhou com a mata foi de 189,41, uma distância relativamente baixa, se comparada com as áreas 3 e 4, como veremos a seguir (Tabela 1). Para Lima et al., (2009) a alteração de ecossistemas naturais, por meio da retirada da cobertura vegetal para fins de implantação de culturas, tem promovido o rompimento do equilíbrio entre o solo e o meio, modificando seus atributos químicos, físicos e biológicos, limitando sua utilização sustentável nos processos produtivos.

Observa-se que os dados obtidos nos pontos da área de cana-de-açúcar deferiram pouco entre si, medidos pela distância generalizada (Tabela 1 e Figura 3): a maior diferença foi de 18,56%, indicando pequena variação dos dados na linha de 50 m. No entanto, considerando a mata como distância generalizada “zero”, o ponto de menor distância da cana-de-açúcar foi de 189,41 e o maior de 232,59, demonstrando diferença significativa entre os ambientes.

No caso da área 2, observando a Tabela 2 e Figura 3, pode-se notar que não existe um gradiente positivo entre as distâncias da mata para o interior da área cultivada com cana, o que pode ser explicado pelo tipo de textura do solo. Na Tabela 2, pode-se verificar que o ponto mais próximo da mata é o mais diferente.

Esses resultados indicam que provavelmente os processos de mecanização ultrapassaram os limites do carreador, o que intensificou o efeito de borda nessa área, tornando-a distante dos valores tidos como referência de qualidade do solo. Observa-se ainda que a partir da distância de 10 m, os pontos tendem à uniformidade, variando entre si 17,6% em média. Porém, a distância mais próxima, isto é, a que mais se assemelhou com a mata, é de 118,25, com uma variação dos pontos da cana com 43,39%, indicando a área com maior variação dos dados.

Tabela 2. Distâncias generalizadas de Mahalanobis e respectivos valores de p para comparação entre os pontos amostrados, encontrados na Área 2.

Pontos	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
0		220,61	155,71	125,57	140,05	143,51	137,47	122,89	134,87	137,91	118,25	119,3
1	<0,0001		<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
2	<0,0001	<0,0001		0,62	0,01	0,07	<0,0001	0,01	0,01	0,1	0,01	0,01
3	<0,0001	<0,0001	0,62		0,05	0,19	0,01	0,58	0,02	0,25	0,10	0,01
4	<0,0001	<0,0001	0,001	0,05		0,50	0,21	0,43	0,01	0,52	0,03	0,01
5	<0,0001	<0,0001	0,07	0,19	0,50		0,01	0,28	0,005	0,36	0,02	0,1
6	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,001	0,21	0,01		0,17	0,38	0,05	0,01	0,001
7	<0,0001	<0,0001	0,01	0,58	0,43	0,28	0,17		0,46	0,36	0,52	0,20
8	<0,0001	<0,0001	0,001	0,02	0,01	0,05	0,38	0,46		0,17	0,01	0,1
9	<0,0001	<0,0001	0,01	0,25	0,52	0,36	0,05	0,36	0,17		0,11	0,45
10	<0,0001	<0,0001	0,01	0,10	0,05	0,5	0,01	0,52	0,01	0,11		0,49
11	<0,0001	<0,0001	0,01	0,10	0,01	0,01	0,01	0,20	0,01	0,45	0,49	

Todos os valores são significativos pra $p < 0,0001$. Fonte: Os autores (2016)

Solos arenosos tendem a ter menor quantidade de M.O, possuem menor capacidade de retenção de cátions e assim, perdem facilmente os nutrientes por lixiviação. Além da classe de solo, as condições climáticas, os sistemas de culturas utilizados, o tempo de uso dos diferentes sistemas de manejo e a condição de umidade do solo em que são realizadas as operações de campo determinam a magnitude dos efeitos do manejo sobre as propriedades físicas do solo, que costumam ter menor impacto em solos

arenosos. Embora os ambientes não tenham variado com as distâncias estabelecidas nesta área, no solo com 22% de argila, como pode ser verificado na Tabela 2 e Figura 3 há uma distinção entre o ambiente de vegetação nativa e o cultivado. Por outro lado, a intensa degradação ocorrida na mata nativa desta área pode ter contribuído decisivamente para que os atributos químicos e físicos da área com mata e com cana sejam parecidos.

Na área 3, com solo contendo 35% de argila, a análise de correlação da área de cana e mata revelou a existência de um significativo gradiente positivo praticamente contínuo entre as distâncias da mata para o interior da área cultivada com cana, como observado na área 1, Tabela 3 e e Figura 3.

Tabela 3. Distâncias generalizadas de Mahalanobis e respectivos valores de p para comparação entre os pontos amostrados encontrados na Área 3.

Pontos	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
0		828,55	841,45	847,05	850,68	849,80	859,41	875,19	874,09	876,8	868,07	912,43
1	<0,0001		0,16	0,01	0,04	0,001	0,04	0,01	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
2	<0,0001	0,16		0,65	0,08	0,69	0,70	0,28	0,01	0,01	<0,0001	0,0001
3	<0,0001	0,01	0,65		0,01	0,95	0,07	0,59	0,01	0,01	<0,0001	0,05
4	<0,0001	0,4	0,08	0,01		0,02	0,13	0,01	0,01	0,01	<0,0001	<0,0001
5	<0,0001	0,01	0,69	0,95	0,02		0,09	0,65	0,01	0,01	<0,0001	0,01
6	<0,0001	0,4	0,71	0,07	0,13	0,09		0,15	0,01	0,05	<0,0001	0,01
7	<0,0001	0,01	0,2	0,59	0,01	0,65	0,15		0,14	0,16	0,01	0,32
8	<0,0001	<0,0001	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,14		0,86	0,90	0,37
9	<0,0001	<0,0001	0,01	0,01	0,01	0,01	0,05	0,16	0,86		0,66	0,39
10	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,01	0,9	0,66		0,22
11	<0,0001	<0,0001	0,01	0,05	<0,0001	0,01	0,01	0,32	0,37	0,39	0,22	

Todos os valores são significativos pra $p < 0.0001$. Fonte: Os autores (2016).

Isto demonstra que solos com textura mais argilosa mantêm o gradiente positivo da área de mata para o interior da área cultivada com cana-de-açúcar, com toda a probabilidade de ser resultado da presença de maior quantidade de M.O, maior CTC, maior capacidade de reter nutrientes e água e, assim, evitar a perda destes por lixiviação ou por processos erosivos, mantendo as propriedades do solo mais próximas da floresta nativa (Tabela 2).

É possível verificar na Tabela 3, que há uma nítida distinção entre o ambiente de vegetação nativa e o cultivado. A distância mais próxima, isto é, a que mais se assemelhou com a vegetação nativa foi de 828,55, uma distância alta se comparadas com as áreas 1 e 2. Este alto valor de diferença de ambiente deve ser devido às alterações sofridas pela área cultivada em relação à vegetação nativa, demonstrando que a introdução de sistemas agrícolas causa um desequilíbrio no ecossistema, modificando as propriedades do solo.

Os dados obtidos nos pontos da área com cana-de-açúcar deferiram pouco entre si, fato este também observado na área 1, medido pela distância generalizada (Tabela 3): a maior diferença entre os pontos foi de 9,19% indicando pequena variação dos dados na linha de 50m.

É possível verificar, na área 4, observando a Tabela 4 e Figura 3, que não existe um gradiente positivo entre as distâncias da mata para o interior da área cultivada com cana, como verificado na área 2, o que pode ser explicado pelo tipo de textura do solo, visto que esses dois tipos de solo possuem menores teores de argila. Nota-se que o ponto mais próximo da mata (0 metros) é o que possui maior diferença de ambiente (812,15). No entanto, a partir da distância de 5 m até a de 25 m, os pontos mantêm um gradiente positivo. A partir dos 30 m não é possível mais verificar esse efeito positivo.

Estes resultados indicam que solos arenosos tendem a sofrer menores variações. Como este solo tem apenas 20% de argila, provavelmente o acúmulo de matéria orgânica seja mais difícil de ocorrer pelo ambiente mais favorável à sua oxidação, o que confere aos solos mais arenosos menores teores de

matéria orgânica, reduzindo sua capacidade de reter água e nutrientes, além de possuírem, geralmente, menor microporosidade. Considerando a intensa degradação ocorrida na mata nativa desta área, esta deve ter contribuído decisivamente para que os atributos químicos e físicos da área com cana-de-açúcar não tenham resultado no gradiente esperado.

Tabela 4. Distâncias generalizadas de Mahalanobis e respectivos valores de p para comparação entre os pontos amostrados, encontrados na Área 4.

Pontos	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
0		812,15	711,42	741,50	754,07	764,32	795,03	707,10	675,53	654,41	707,75	747,53
1	<0,0001		0,01	0,04	0,02	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,01
2	<0,0001	0,01		0,19	0,15	<0,0001	0,01	0,01	0,05	0,01	0,15	0,07
3	<0,0001	0,05	0,19		0,12	<0,0001	0,05	0,01	0,05	0,01	0,01	0,05
4	<0,0001	0,05	0,15	0,12		<0,0001	0,06	<0,0001	0,01	0,001	0,05	0,57
5	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001		<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
6	<0,0001	<0,0001	0,01	0,05	0,06	<0,0001		0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
7	<0,0001	<0,0001	0,01	0,01	<0,0001	<0,0001	0,01		0,27	0,28	0,02	0,01
8	<0,0001	<0,0001	0,05	0,05	0,01	<0,0001	0,01	0,27		0,30	0,07	0,05
9	<0,0001	<0,0001	0,01	0,01	0,01	<0,0001	0,01	0,28	0,30		0,33	0,01
10	<0,0001	<0,0001	0,15	0,01	0,05	<0,0001	0,01	0,05	0,07	0,3		0,13
11	<0,0001	0,01	0,07	0,05	0,57	<0,0001	0,01	0,01	0,05	0,01	0,13	

Todos os valores são significativos pra $p < 0,0001$. Fonte: Os autores (2016)

Por outro lado, apesar de não ser possível verificar o gradiente positivo na linha dos 50 metros como um todo, no solo com 20% de argila, pode-se verificar uma distinção entre o ambiente de vegetação nativa e o cultivado. A distância mais próxima, isto é, a que mais se assemelhou com a mata, é de 654,41, e a maior diferença foi de 812,15 com uma média de variação dos pontos de 19,42%, nos 50 m (Tabela 4 e Figura 3). Novamente, como já discutido, este alto valor de diferença de ambiente, provavelmente seja devido às alterações sofridas pela área cultivada em relação à vegetação nativa.

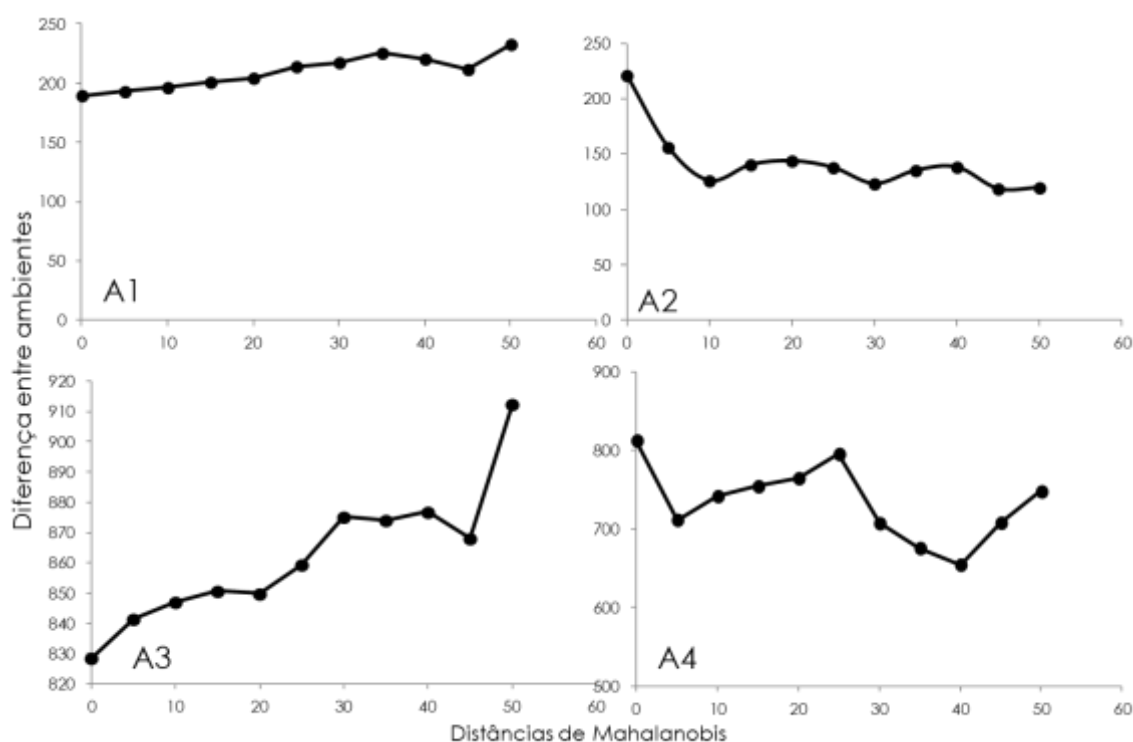


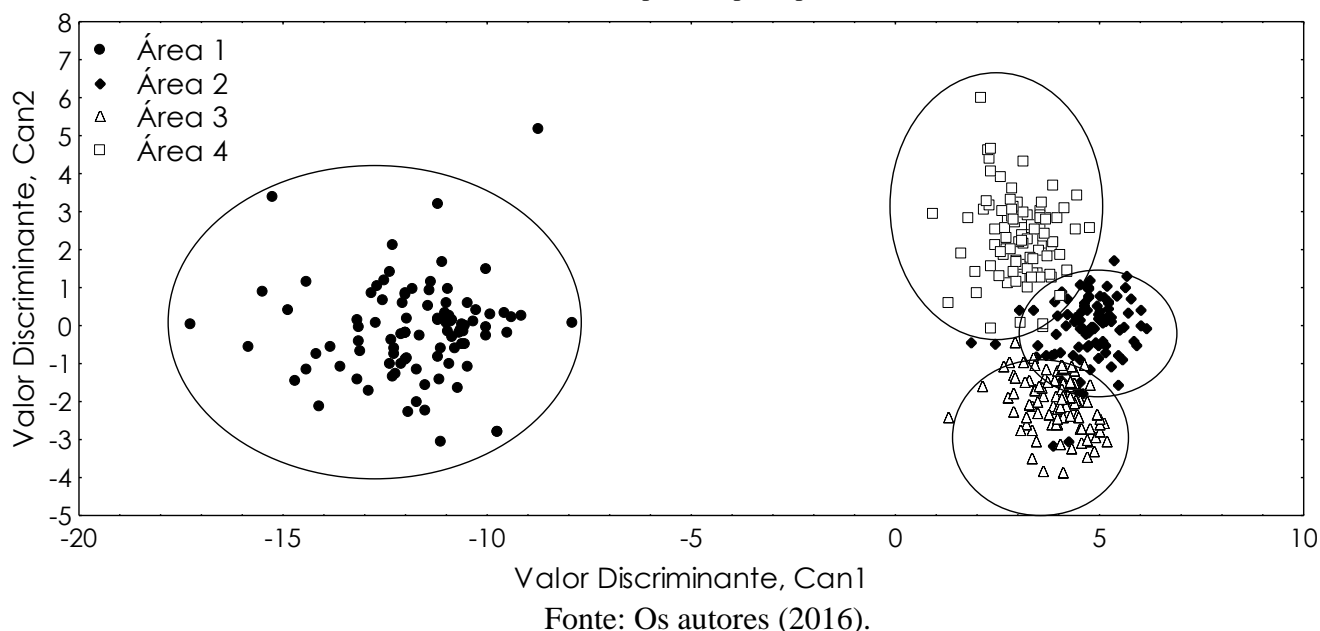
Figura 3: Comparação das distâncias dos pontos amostrados nas quatro áreas, conforme resultado das Distâncias generalizadas de Mahalanobis. Fonte: Os autores (2016).

Em seu estudo, Cunha et al. (2003) avaliaram o efeito da proximidade de florestas na fertilidade do solo (M.O, Ca, K, P, pH) com o mesmo gradiente em áreas contendo milho e trigo com diferentes texturas de solo, de acordo com a intensidade do intemperismo, sendo eles: Latossolo Vermelho Distroférico, Nitossolo Vermelho Distroférico e Neossolo Litólico. Verificou-se que a presença do fragmento florestal exerceu influência na M.O do solo até dez metros de distância da borda (Tabela 4). Após 10 m o manejo agrícola esteve mais evidenciado, fato este diferente do observado em nosso estudo, que mostra que o gradiente positivo influenciado pela mata nativa está relacionado com a textura do solo, presença de argila e M.O do solo.

Assim, a fim de complementar de maneira mais eficiente a caracterização das áreas, utilizou-se o uso de análise discriminante canônica com o objetivo de verificar as associações existentes entre os grupos de características químicas e físicas. As áreas possuem características diferentes e ao mesmo tempo similares, de acordo com algumas variáveis analisadas. Como os solos possuem texturas diferentes para as diferentes áreas estudadas parece que o conteúdo de argila foi o fator que mais influenciou na caracterização dos atributos de cada área. Além disso, a intensa degradação ocorrida na mata nativa nas áreas 2 e 4 pode ter contribuído decisivamente para que os atributos destas áreas com mata e com cana sejam parecidos.

Pela análise discriminante, 90,83% da variabilidade das relações estudadas foi explicada nas duas primeiras raízes. A primeira raiz canônica (Can 1) apresentou 86,96%, e a segunda raiz canônica (Can 2) 3,04% (Figura 4). Em seu trabalho, Freitas (2014), encontrou valores semelhantes na mesma área de estudo.

Figura 4. Agrupamento das áreas pela Análise Discriminante Canônica 1 e 2 (Can 1 e Can 2) das variáveis selecionadas na análise de componente principal.



Na Figura 4, é possível melhor visualizar o efeito de borda da mata para cada área, e assim, concluir que apesar da relação entre os ambientes variar com a distância, houve clara distinção entre o ambiente de vegetação nativa e o cultivado, lembrando que a mata nativa é o referencial, ou seja, a distância zero (0). É importante ressaltar, que as alterações nas condições físicas e químicas do solo, causada pelo cultivo agrícola da cana-de-açúcar, revelou a existência de um significativo gradiente

positivo nos primeiros 35 metros, entre as distâncias da mata para o interior da área cultivada, para as áreas com maiores teores de argila (áreas 1 e 3).

Nota-se que a área 1 é totalmente diferente das demais se analisarmos o eixo da Can 1. Isto demonstra que a Can 1 é responsável pela separação da área 1 das outras áreas, sendo este solo, com 52% de argila, o mais distante dos demais e o que possui uma maior influência positiva nas características do solo. Os atributos com maior poder na discriminação das áreas são M.O, Ca, H+Al, CTC, Cu, densidade do solo, porosidade total e microporosidade (Tabela 5). Estes resultados demonstram que esses atributos são os que mais contribuem para a separação das áreas. Nas mesmas condições da área em estudo, Freitas (2014) encontrou a MO das áreas avaliadas com maior poder discriminatório entre os atributos e encontrou densidade e microporosidade total com as variáveis com maior poder discriminatório nas mesmas condições do estudo.

Tabela 5. Valores resultantes da análise discriminante canônica, evidenciando o peso de cada variável.

Atributos	Can 1	Can 2
P Resina	0,002372	0,028166
M.O	-0,151811*	-0,087630
pH	0,019783	-0,055032
K	0,004502	0,040517
Ca	-0,106381*	-0,010353
Mg	-0,055882	-0,061672
H+Al	-0,116273*	0,011342
Al	-0,013392	-0,016014
SB	-0,092272	-0,021354
CTC	-0,269570*	-0,013516
V	0,007076	-0,052586
S	-0,010191	0,026354
B	-0,009606	-0,016720
Cu	-0,622962*	-0,140494*
Fe	-0,002593	-0,000747
Mn	-0,090125	0,059118
Zn	-0,007788	0,030595
m%	0,012461	0,005038
Densidade	0,107059*	0,111879*
Porosidade	-0,144674*	-0,056884
Microporosidade	-0,391390*	-0,321337*
Macroporosidade	0,003596	0,080178

* Caracterização principal das relações canônicas. Fonte: Os autores (2016).

Porém é possível observar que apesar de próximas, a área 1 é a que mais se diferencia das demais espacialmente. Este comportamento pode ser um indicativo que a textura, material de origem e clima sejam os principais fatores que causam tal separação e de sua influência com atributos avaliados, visto que as áreas 2 e 3 são as áreas com texturas, clima e material de origem semelhantes, e a área 1, por possuir textura mais argilosa, clima e material de origem diferente das demais áreas, uma vez que a área 1 está situada sob material de origem de argilitos da formação Iratí, enquanto que as áreas 2, 3 e 4 estão situadas sob material origem de arenitos da formação Serra Geral. Assim, por meio das técnicas multivariadas foi possível identificar quais as variáveis que melhor se relacionaram com cada área, quais as que provocaram maior efeito na alteração das características do solo, bem como o efeito do uso do solo na sua degradação.

Isto demonstra que as áreas aqui estudadas se comportaram de forma a ser relacionadas com a quantidade de argila presentes em cada solo. O solo com maior teor de argila, presente na área 1, é o mais fértil pois está mais relacionado com a M.O possuindo maiores quantidades da mesma, maior

disponibilidade de Cu e microporosidade, devido à presença abundante de M.O neste solo, sendo essas variáveis as que mais influenciam tal característica. As áreas 2 e 3, estão mais próximas e se sobrepõem no gráfico, tanto na Can1, como na Can2, o que demonstra que essas áreas são mais semelhantes (solos com 22 e 35% de argila, respectivamente), que a 1 e a 4.

Logo, pode-se afirmar, com base nas análises de dados, que houve a separação das quatro áreas, resultantes das diferenças do teor de argila entre as áreas, o que determinou a forte influência da textura na caracterização das áreas.

4. Conclusão

As alterações nas condições físicas e químicas do solo, causada pelo cultivo agrícola da cana-de-açúcar, revelou a existência de um significativo gradiente positivo nos primeiros 35 metros, entre as distâncias da mata para o interior da área cultivada, para as áreas com maiores teores de argila.

A presença de fragmentos florestais nativos em áreas agrícolas mostrou-se favorável em melhorar as propriedades químicas e físicas de solos com teores mais elevados de argila.

Deve ser estimulada a plantação de espécies nativas junto às áreas agrícolas em solos com teores mais argilosos.

Referências

- ANDREOLI, C.; SOUZA S. P. Cana-de-açúcar: A melhor alternativa para conversão da energia solar e fóssil em etanol. **Economia & Energia**, v.2, p.27-33, 2006. Disponível em: <https://ecen.com/para_imprimir/eee59p.pdf>. Acesso em: 12 de setembro de 2022.
- CAMPOS, M. C. C.; MARQUES JÚNIOR, J.; PEREIRA, G. T.; MONTANARI, R.; CAMARGO, L. A. Relações solo-paisagem em uma litossequência arenito-basalto na região de Pereira Barreto, SP. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, p.519-529, 2007. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/rbcs/a/GMYyCkft9hvJW8fRkpckLWm/?format=pdf&lang=pt>>. Acesso em: 12 de setembro de 2022.
- CUNHA, M. E. T. DA; RODRIGUES, E.; YABE, M. J. S. Fertilidade de solos agrícolas próximo a fragmentos florestais nativos. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 24, p. 225-234, 2003.
- DONAGEMA, G. K.; CAMPOS, D. D. B. DE; CALDERANO, S. B.; TEIXEIRA, W. G.; VIANA, J. H. M. **Manual de métodos de análise de solos**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos-Documents, 2011. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/990374/1/ManualdeMtodosdeAnilisedeSolo.pdf>>. Acesso em: 12 de setembro de 2022.
- FREITAS, L.; CASAGRANDE, J. C.; DESUÓ, I. C. Atributos químicos e físicos de solo cultivado com cana-de-açúcar próximo a fragmento florestal nativo. **Holos Environment**, v. 11, p. 137-147, 2011. Disponível em: <<https://www.cea-unesp.org.br/holos/article/view/5626>>. Acesso em: 12 de setembro de 2022.
- FREITAS, L.; CASAGRANDE, J. C.; OLIVEIRA, I. A.; CAMPOS, M. C. C. Análise multivariada na avaliação de atributos de solos com diferentes texturas cultivados com cana-de-açúcar. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 57, p. 224-233, 2014.
- FREITAS, L. **Qualidade e erodibilidade de Latossolos sob mata e cultivo de cana-de-açúcar**. 2014. (Tese de Doutorado). Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, Brasil. 2014.

FREITAS, L. **Influência de fragmentos florestais nativos sobre os parâmetros químicos, físicos e microbiológicos de solos cultivados com cana-de-açúcar**. 2011 (Dissertação Mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, Brasil. 2011.

GENU, A. M.; DEMATTÊ, J. A. M.; NANNI, M. R. Caracterização e comparação do comportamento espectral de atributos do solo obtidos por sensores orbitais (ASTER e TM) e terrestre (IRIS). **Ambiência**, v. 9, p. 279-288, 2013.

KUMMER, L.; MELO, V. F.; BARROS, Y. J.; AZEVEDO, J. C. R. Uso da análise de componentes principais para agrupamento de amostras de solos com base na granulometria e em características químicas e mineralógicas. **Scientia Agrária**, v. 11, p. 469-480, 2010.

LIMA, J. S. S.; SATTLER, M. A.; PASSOS, R. R.; OLIVEIRA, P. C.; SOUZA, G. S. Variabilidade espacial de atributos físicos de um Argissolo vermelho-amarelo sob pastagem e vegetação secundária em regeneração natural. **Engenharia Agrícola**, v. 29, p. 185-195, 2009. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/eagri/a/p4psDxM5vqdCyJM3HzK6WRM/?format=pdf&lang=pt>>. Acesso em: 12 de setembro de 2022.

LOSS, A.; PEREIRA, M. G.; SCHULTZ, N.; ANJOS, L. H. C.; SILVA, E. M. R. Atributos químicos e físicos de um Argissolo Vermelho-Amarelo em sistema integrado de produção agroecológica. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, p. 68-75, 2009. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/pab/a/ykYsyjL6p7ZtNyfwyW3nfsJ/?format=pdf&lang=pt>>. Acesso em: 12 de setembro de 2022.

MATSUSHITA, B.; XU, M.; FUKUSHIMA, T. Characterizing the changes in landscape structure in the Lake Kasumigaura, Japan using a high-quality GIS dataset. **Landscape and Urban Planning**, v. 78, p. 241-250, 2006.

MENDOZA, M. E.; GRANADOS, E. L.; GENELETTI, D.; PÉREZ-SALICRUP, D. R.; SALINAS, V. Analysing land cover and land use change process at watershed level: A multitemporal study in the Lake Cuitzeo Watershed, Mexico (1975-2003). **Applied Geography**, v. 31, p. 237-350, 2011.

MEYER, L. D.; HARMON, W. C. Susceptibility of agricultural soils to interrill erosion. **Soil Science Society of American Journal**, v. 48, p. 1152- 1157, 1984.

OLIVEIRA, I. A.; CAMPOS, M. C. C.; FREITAS, L.; SOARES, M. D. R. Caracterização de solos sob diferentes usos na região sul do Amazonas. **Acta Amazônica**, v. 45, p. 1-12, 2015. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/aa/a/Tv6WJPKZVPXCTQBDqLvqMLC/?format=pdf&lang=pt>>. Acesso em: 12 de setembro de 2022.

PRAGANA, R. B.; RIBEIRO, M. R.; NÓBREGA, J. C. A.; RIBEIRO FILHO, M. R.; COSTA, J. A. Qualidade física de Latossolos Amarelos sob plantio direto na região do cerrado piauiense. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 36, p. 1591-1600, 2012.

SILVA, M. O.; FREIRE, M. B. G. S.; MENDES, M. A. S.; FREIRE, F. J.; CAMPOS, M. C. C.; AMORIM, L. B. Discriminação de diferentes classes de solos irrigados com águas salinas, na região de Mossoró, RN, com o uso de análise multivariada. **Ambiência**, v. 6, p. 261-270, 2010.

SILVA, R. R.; SILVA, M. L. N.; FERREIRA, M. M. Atributos físicos indicadores da qualidade do solo sob sistemas de manejo na Bacia do Alto do Rio Grande MG. **Ciência e agrotecnologia**, v. 29, p. 719-730, 2005. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/cagro/a/4kq7TdxXJdz9YQHMMJJCJRTn/?format=pdf&lang=pt>>. Acesso em: 12 de setembro de 2022.

VALLADARES, G. S.; GOMES, E. G.; MELLO, J. C. C. B. S.; PEREIRA, M. G.; ANJOS, L. H. C.; EBELING, A. G.; BENITES, V. M. Análise dos componentes principais e métodos multicritério ordinais no estudo de Organossolos e solos afins. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p. 285-296, 2008. Disponível em: <
<https://www.scielo.br/j/rbcs/a/psnx3hfw3W5r76tmwn55r8t/?format=pdf&lang=pt> >. Acesso em: 12 de setembro de 2022.

YEMEFACK, M.; ROSSITER, D. G.; NJOMGANG, R. Multi-scale characterization of soil variability within an agricultural landscape mosaic system in southern Cameroon. **Geoderma**, v. 125, p. 117-143, 2005.

Recebido em: 15/09/2022

Aceito em: 12/04/2023

Endereço para correspondência:

Nome: Ivanildo Amorim de Oliveira

Email: ivanildo.oliveira@ifro.edu.br



Esta obra está licenciada sob uma [Licença Creative Commons Attribution 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)