

AVALIAÇÃO DOS ASPECTOS FÍSICO-QUÍMICOS DOS SOLOS EM DIFERENTES COBERTURAS VEGETAIS

EVALUATION OF PHYSICO-CHEMICAL ASPECTS OF SOILS IN DIFFERENT LAND COVERS

José Carlos de Souza 

Professor na Universidade Estadual de Goiás – Minaçu (GO), Brasil.

Elfany Reis do Nascimento Lopes 

Professor Adjunto da Universidade Federal do Sul da Bahia, Campus Sosigenes Costa, Instituto de Humanidades, Artes e Ciências, Centro de Formação em Ciências Ambientais – Porto Seguro (BA), Brasil.

Jocy Ana Paixão de Sousa 

Doutoranda do Programa de Ciências Ambientais da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – Sorocaba (SP), Brasil.

Roberto Wagner Lourenço 

Professor no Instituto de Ciência e Tecnologia da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – Sorocaba (SP), Brasil.

Endereço para correspondência:

José Carlos de Souza – Avenida Ceará, 884 – Centro – CEP 76450-000 – Minaçu (GO), Brasil – E-mail: jose.souza@ueg.br

Recebido em: 26/07/2018

Aceito em: 3/10/2018

RESUMO

O objetivo do estudo foi avaliar o padrão espacial das características físico-químicas dos solos em diferentes tipos de cobertura vegetal em uma bacia hidrográfica no sudeste de São Paulo. Foram analisadas as variáveis carbono orgânico total, matéria orgânica e textura (argila, silte e areia) em 35 pontos amostrais, em diferentes tipos de cobertura vegetal. A partir dos resultados levantados em laboratório, aplicaram-se métodos de interpolação, análise multivariada e estatística descritiva. Os solos de pastagens registraram os maiores teores de carbono orgânico total e matéria orgânica, enquanto as culturas temporárias, os menores. As estruturas radiculares das pastagens explicam a potencialização no armazenamento do carbono, já o manejo do solo e o intemperismo podem responder pelos resultados das culturas temporárias. A erodibilidade do solo foi maior no médio curso da bacia, onde ocorrem os latossolos e argissolos e as maiores áreas de culturas temporárias. A variável textura foi a que apresentou maior influência no agrupamento hierárquico, e as matas e culturas temporárias registraram as maiores similaridades entre as variáveis analisadas.

Palavras-chave: matéria orgânica; carbono orgânico; textura do solo; bacia hidrográfica.

ABSTRACT

The study aimed at evaluating the spatial patterns of physical-chemical aspects of soils in different types of land cover in the river basin on the southeast of São Paulo. The variables total organic carbon, organic matter and texture (clay, silt and sand) were analyzed in 35 sample points, in different types of vegetal covers. From the results obtained in the laboratory, interpolation methods, multivariate analysis and descriptive statistics were applied. Soils with the presence of pasture had the highest total organic carbon and organic matter, while temporary crops presented lower content. Pasturelands' roots structures explain potentialization in carbon storage, since soil management and weathering may account for the results of temporary crops. Soil erodibility was higher in the basin's middle course, where the Latosols and Argisols occur and the largest areas of temporary crops. The variable texture was the one that presented the greatest influence in hierarchical grouping and the forests and temporary crops registered the greatest similarities between the analyzed variables.

Keywords: organic matter; organic carbon; soil texture; watershed.

INTRODUÇÃO

O uso de recursos naturais tem sido crescente e amplamente utilizado para a realização de diferentes atividades sobre a superfície terrestre. Segundo Lemos Filho, Ferreira e Lyra (2017), entre esses recursos naturais, os solos têm apresentado alta rotatividade de usos, o que pode levá-los à degradação nas propriedades físicas e químicas, ocasionando a aceleração dos processos de degradação ambiental.

As propriedades físicas e químicas dos solos são importantes indicadores da qualidade e da estabilidade deles. Entre as variáveis, as estimativas de matéria orgânica (MO), carbono orgânico e as características granulométricas são importantes indicadores para a classificação dos tipos de solo e monitoramento da influência do uso do solo na alteração da qualidade, na indicação de manejo adequado e na prevenção de impactos ambientais, evitando a erosão, a compactação, a lixiviação e o empobrecimento do solo (LAL, 1994; LOVELAND; WEBB, 2003; WHITE, 2005).

A MO dos solos engloba todos os organismos, em diversos estágios de decomposição, encontrados no solo. Esse material é oriundo de resíduos de plantas e animais que, em seu avançado estágio de decomposição, é denominado de húmus. Os húmus são partículas pequenas como as argilas, sendo constituídas por humina, ácidos fúlvicos e ácidos húmicos, com estrutura amorfa, alta capacidade de troca de cátions e de reter água (CANELLAS, 2001; ROSSI *et al.*, 2011; LEPSCH, 2011; BRADY; WEIL, 2013).

A MO constitui uma fonte primária de nutrientes para as plantas e é um importante indicador da qualidade do solo e do equilíbrio ecossistêmico. É formada predominantemente por carbono em suas formas orgânica e inorgânica e está em maior quantidade na superfície (horizonte A), sendo que quanto maior sua quantidade nos solos, melhor serão os processos de agregação, permeabilidade, retenção de umidade, estabilidade dos agregados, fertilidade e atividade biológica (CERRI; BERNOUX; VOLKOFF, 1996; BRUCE *et al.*, 1999; SILVA; CAMARGO; CERETTA, 2004; CONCEIÇÃO *et al.*, 2005).

Assim como a maior fração de MO se localiza no topo do solo, ali também estão as maiores concentrações de carbono orgânico, sendo este um dos atributos mais importantes para se definir a qualidade do solo (ROSCOE; MACHADO, 2002; LEITE; MENDONÇA, 2007; BRADY; WEIL, 2013; EMBRAPA, 2014).

O carbono orgânico total (COT) compreende quantitativamente a fração orgânica do solo, sendo composto por polissacarídeos, ácidos graxos, aminoácidos e polifenóis. Considera-se que o COT representa cerca de 52 a 58% do conteúdo de MO do solo, sendo proveniente de material vegetal em diferentes estágios de decomposição e evolução (RHEINHEIMER *et al.*, 2008; SIQUEIRA NETO *et al.*, 2009; SATO, 2013).

Já a textura dos solos é a distribuição quantitativa das partículas que compõe o solo; entre estas estão a argila, o silte e as areias com as suas respectivas classes texturais. Essas classes podem variar de muito argilosa a arenosa e franco siltoso, e suas variantes determinadas pelo percentual granulométrico de cada componente (EMBRAPA, 2006). Esses teores influenciam a aptidão agrícola do solo, a erodibilidade, o comportamento dos nutrientes e a dinâmica hidrológica dos solos (RIBEIRO; OLIVEIRA; ARAÚJO FILHO, 2012; BERTONI; LOMBARDI NETO, 2014).

O estudo dessas variáveis, em âmbito espacial, tem se destacado pela importância de compreender a sua variação em um território, servindo de indicadores para entender os atributos do solo em relação à produtividade agrícola, ao aperfeiçoamento do manejo, à redução de custos de recuperação do solo e à forte contribuição para a gestão ambiental, com contribuição direta para a conservação dos ecossistemas terrestres e aquáticos (DALCHIAVON *et al.*, 2011; SOUZA *et al.*, 2014).

As informações pontuais sobre as características de solos também são reforçadas como análises importantes para compreender a variabilidade espacial e se mostram como uma ferramenta vantajosa para analisar o comportamento do solo, especialmente em áreas com produção agrícola, permitindo o gerenciamento agrícola (AMADO *et al.*, 2009). E em casos onde as áreas possuem multiobjetivos, a análise comparativa entre diferentes usos e cobertura do solo é importante mecanismo para avaliar o comportamento e a influência das atividades sobre o solo, e o mapeamento das propriedades físicas e químicas pode ser um passo importante na determinação de um manejo adequado (LEMO FILHO; FERREIRA; LYRA, 2017).

Considerando a importância de compreender as características dos solos, o objetivo deste estudo foi avaliar o padrão espacial dos atributos físico-químicos dos solos em diferentes tipos de cobertura vegetal em uma bacia

hidrográfica na região sudeste do Estado de São Paulo, que apresenta importante contribuição para o abaste-

cimento regional e relevante importância econômica regional com a produtividade agrícola hortícola.

MATERIAIS E MÉTODOS

Área de estudo

O estudo foi aplicado na bacia hidrográfica do rio Una, que compõe a Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos do rio Sorocaba e Médio Tietê (UGRHI10). A bacia está localizada no município de Ibiúna, região sudeste do estado de São Paulo, entre as coordenadas métricas UTM 263807mE/274706mE, 7365029mN/7384261mN, fuso 23, com área aproximada de 96,4 km² (Figura 1).

A bacia hidrográfica e o seu curso principal são considerados importantes áreas hídricas para o abastecimento

regional, contribuindo para a formação do rio Sorocaba, que forma o Reservatório de Itupararanga, mantendo o abastecimento de aproximadamente 800 mil habitantes na região de Sorocaba. A área apresenta, ainda, importância econômica regional pela forte vocação agrícola voltada à olericultura, ao turismo rural e à inserção integral do seu perímetro na Área de Proteção Ambiental de Itupararanga (FUNDAÇÃO FLORESTAL, 2009; BEU, MISATO, HAHN, 2011).

Base cartográfica e mapeamento do uso do solo e cobertura vegetal

A base cartográfica foi construída a partir das informações das cartas topográficas do município de Ibiú-

na, com primeira edição no ano de 1978, em Projeção UTM, Referência Horizontal pelo Datum Córrego Alegre

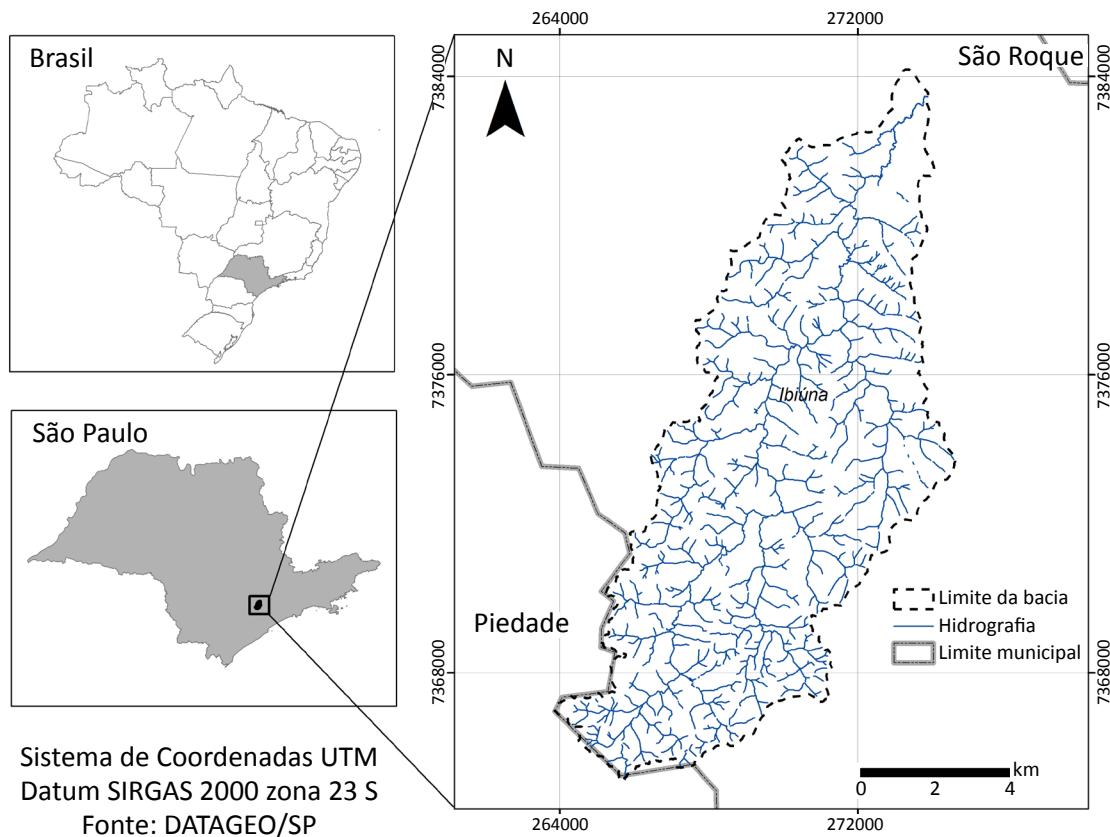


Figura 1 – Localização da bacia hidrográfica do rio Una.

e Referência Vertical pelo Datum do Marégrafo de Imbituba, Meridiano Central de 45º e Fuso 23 em escala de referência de 1:10.000. As cartas são originárias do Instituto Geográfico e Cartográfico (IGC) e obtidas gratuitamente em formato digital por meio do acervo da infraestrutura de dados espaciais ambientais do Estado de São Paulo (DATAGEO) (IGC, 1978; DATAGEO, 2015).

O mapeamento do uso e cobertura do solo foi elaborado utilizando imagens do satélite *RapidEye*, com resolução espacial de 5 m, do mês de novembro de 2013, disponibilizadas por meio de convênio com o Ministério do Meio Ambiente. Utilizou-se a composição de imagem cor natural RGB — 321 e a técnica da interpretação visual para a vetorização das classes identificadas na área de estudo. A técnica requer que o usuário proceda a classificação dos usos com base nas feições identificáveis, que incluem forma, tamanho, padrão, altura, sombreamento, tonalidade, textura, localização

Amostragem

A malha amostral foi delineada com base em 35 pontos para análise dos teores de COT, MO e textura dos solos, considerando a distribuição em todos os tipos de uso do solo e cobertura vegetal existentes na bacia e a cobertura espacial de seu perímetro. A grade de pontos foi gerada no *software* ArcGis 10.3 (ESRI, 2014), com distância aproximada entre eles de 1.600 m (Figura 2). Realizaram-se ajustes em pontos amostrais de-

Coleta e análise de dados de solos

A caracterização do solo foi realizada com base no mapa pedológico do Estado de São Paulo (SÃO PAULO, 2017). A adaptação da carta de solos para a área da bacia foi realizada por meio da intersecção e do recorte da informação espacial ao limite da bacia hidrográfica.

A coleta das amostras foi realizada no mês de julho, período considerado de estiagem para a região, com trado holandês na profundidade de 0–20 cm, retirando-se 500 g de solo. Nas áreas de coleta, procedeu-se a limpeza da superfície, para retirada da vegetação e/ou serapilheira. Todas as amostras foram embaladas em saco plástico, identificadas e levadas ao Laboratório de Águas e Solos para posterior análise.

Para a determinação do COT, utilizou-se a metodologia proposta pelo Instituto Agrônomo de Campinas

do objeto na paisagem e associação entre elementos que compõem a superfície terrestre (NARUMALANI; HLADY; JENSEN, 2002; FITZ, 2008; PANIZZA; FONSECA, 2011). Após a classificação da imagem, procedeu-se a validação de campo.

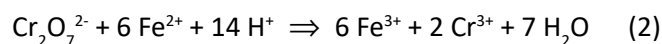
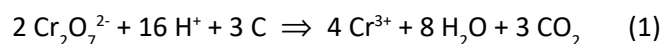
Foram realizadas retificações para o ano de 2017 e validações da classificação por meio de trabalho de campo, por onde se definiram 100 pontos amostrais aleatórios para conferência e comparação com a verdade terrestre. Quando necessário, procedeu-se, em laboratório, a correção das feições classificadas.

Todos os processamentos foram realizados no *software* ArcGis 10.3 (ESRI, 2014), estando de acordo com as normas do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), seguindo as convenções cartográficas estabelecidas pelos órgãos regulares da cartografia nacional e estadual, incluindo as informações básicas como sistema de coordenadas projetadas no DATUM SIRGAS 2000.

vido à dificuldade de acesso e ao relevo declivoso nos pontos predeterminados, sendo considerado o local com característica de uso similar ao ponto original.

Foram estimados o COT e a MO em 15 amostras de solos coletadas em matas, 10 amostras de culturas temporárias, 3 amostras de campos, 3 amostras de pastagens, 2 amostras de áreas reflorestadas e 2 amostras de solos hidromórficos em campos alagados.

(IAC, 2009), que se baseia no método de Walkley e Black (1934), por meio da oxidação da MO via úmida com dicromato de potássio em meio sulfúrico. Para obtenção do COT em cada ponto amostral foram aplicadas as Equações 1 e 2. Na Equação 1, o excesso de dicromato em relação ao que reduziu, equivalente ao carbono orgânico, é titulado com sulfato ferroso amoniacal, enquanto na Equação 2, a quantidade de COT resulta da diferença entre a quantidade de Fe²⁺ utilizada na titulação e aquela gasta na titulação do dicromato que restou (2 Cr³⁺) após a oxidação do carbono.



O conteúdo de MO do solo foi calculado por meio da multiplicação do resultado do carbono orgânico por 1,724 (fator de Van Bemmelen). Esse fator considera que 58% da MO é formada de carbono orgânico (SEGNINI *et al.*, 2008; EMBRAPA, 2011), conforme a Equação 3.

$$\text{MOS (g/kg}^{-1}\text{)} = \text{COT (g/kg}^{-1}\text{)} \times 1,724 \quad (3)$$

Para a análise da textura do solo, procedeu-se a análise granulométrica para definição do percentual de argila, silte e areia total, a partir do método da pipeta em terra fina seca ao ar (TFSA), conforme o método empregado pelo IAC. Procedeu-se a separação das areias por peneiramento (peneira de 0,2 mm) e as frações silte e argila foram separadas com dispersante e agitação por 16 horas. Posteriormente, determinou-se a temperatura da suspensão para definição do tempo de sedimentação e, após esse período, realizou-se a coleta da suspensão da fração argila e de silte, seguida de secagem em estufa. O percentual das frações de areia, silte e argila foi determinado pelo peso da suspensão seca, subtraído do peso da amostra original (IAC, 2009).

O cálculo da erodibilidade foi obtido conforme Bouyoucos (1935 *apud* BERTONI; LOMBARDI NETO, 2014), segundo a Equação 4.

$$\text{ER} = (\% \text{ areia} + \% \text{ silte}) / (\% \text{ argila}) \quad (4)$$

Na espacialização dos dados de COT, MO e erodibilidade foi utilizado o método de interpolação do Inverso do Quadrado da Distância (IQD). O IQD é um interpolador determinístico univariado de médias ponderadas que produz uma estimativa ponderada dos pesos de cada um dos valores mais próximos (PEIXOTO *et al.*, 2016; CHEN *et al.*, 2017). Sua aplicação é realizada conforme a Equação 5, dada pela média móvel ponderada do IQD.

$$Z = \frac{\sum_{i=1}^n \left(\frac{1}{d_i^p} Z_i \right)}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{d_i^p}} \quad (5)$$

Em que:

\hat{Z} = valor interpolado;

Z = valor medido no ponto i;

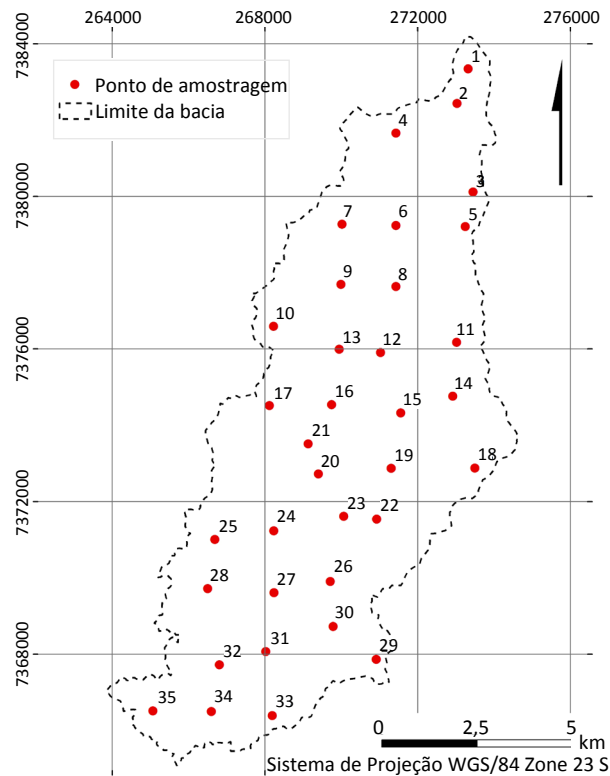


Figura 2 – Grade de amostragem das amostras de solos.

d = distância ao ponto i ;
 p = expoente de ponderação;
 n = número de pontos utilizados no cálculo.

Os dados foram analisados também por estatística descritiva e análise multivariada de agrupamento hierárquico buscando identificar a similaridade entre os pontos amostrais com os diferentes usos do solo e cobertura vegetal e as características físico-químicas, utilizando o *software* ActionStatPro 3.3.2 acoplado ao Microsoft Office Excel (MICROSOFT, 2010).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Uso do solo e cobertura vegetal

A bacia hidrográfica do rio Una possui uma paisagem diversificada resultante do processo de substituição da vegetação natural por atividades agrícolas, expansão urbana, pastagem e silvicultura (Figura 3).

As matas e as culturas temporárias definem o padrão espacial da paisagem na área, ocupando 37,05 e 35,93% da área, respectivamente, totalizando 7.035 ha. As áreas de campos e pastagens representam 6,78% da área da bacia e ocupam 653 ha. São destinadas à agropecuária extensiva ou características de cultivos abandonados ou pastos degradados (Figuras 4A a 4E). Segundo Costa *et al.* (2009), nos pastos degradados, ocorrem baixa produção de forragem, elevada presen-

ça de plantas invasoras e de solo descoberto e são responsáveis por predomínio da degradação do solo.

A silvicultura corresponde ao cultivo de *Eucalyptus* sp. e *Pinus* sp. (Figura 4B), enquanto as matas são resultantes de fragmentos florestais de floresta ombrófila densa montana (Figura 4D). Em áreas limítrofes à bacia hidrográfica, estudos têm identificado que esses fragmentos se encontram em diferentes estádios de sucessão, provocado por uso intensivo do território para a agricultura, que induz a conversão de áreas naturais para antrópicas e a transformação da vegetação natural (VIDAL *et al.*, 2007; IBGE, 2012; ROSA *et al.*, 2014).

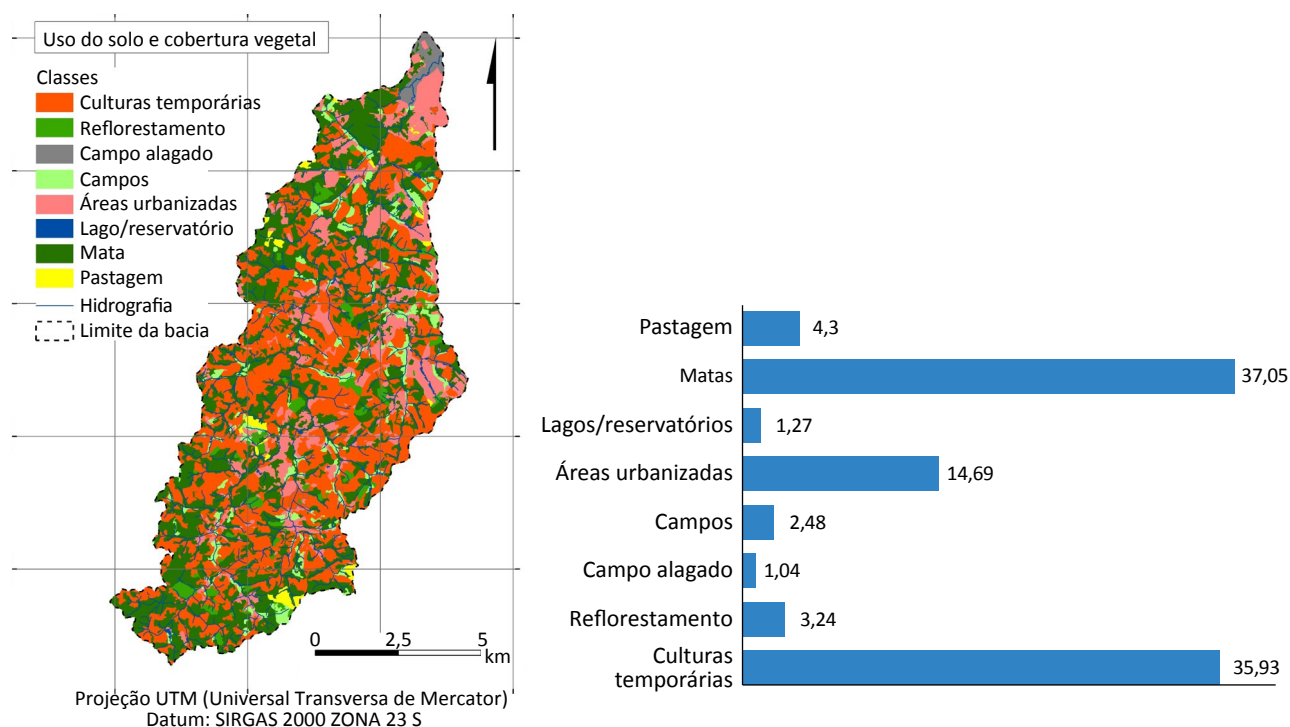


Figura 3 – Uso do solo e cobertura vegetal e seus respectivos quantitativos de área em porcentagem.

As planícies alagadas localizadas na foz da bacia consistem de áreas inundáveis no período das cheias, com lençol freático próximo à superfície e ocupadas por vegetação herbácea e arbustiva hidrófita, típicas de solos hidromórficos (Figura 4C) (IBGE, 2012). Os lagos e os reservatórios (1,27%) ocupam 120 ha de área e são destinados à irrigação, à dessedentação de animais e a atividades de lazer.

As culturas agrícolas temporárias correspondem à principal atividade econômica da bacia e possuem ciclo vegetativo inferior a um ano, com produção hortícola de legumes e verduras, entre elas, alface, cebola, salsa, cenoura e couve-flor (Figura 4E). Há, ainda, produção

de feijão, trigo e soja em menor escala em relação às demais (IBGE, 2013). O manejo do solo é do tipo convencional, com preparo utilizando arado de discos e equipamentos manuais de roçadeira e coroamento.

As áreas urbanizadas ocupam 14,69% do território, equivalente a 1.416 ha da bacia, são representadas por diversos núcleos urbanos e rurais, identificadas em toda extensão da área. A área abriga uma porção das áreas urbanas do município de Ibiúna, no baixo curso da bacia, enquanto as demais áreas correspondem a núcleos rurais e estruturas de armazenamento e distribuição da produção, localizados em toda a extensão da bacia.

Caracterização físico-química dos solos

A Figura 5 apresenta o mapeamento das classes de solos da bacia hidrográfica do rio Una. Na bacia, ocorrem solos do tipo gleissolos melânicos, argissolos vermelho-amarelos e latossolos vermelho-amarelos (SÃO PAULO, 2017).

Os gleissolos melânicos são distróficos, apresentam textura argilosa e franco-argilosa e ocorrem em relevos planos. Os argissolos vermelho-amarelos são distróficos, com horizonte A moderado, textura argilosa e franco-argilosa, ocorrendo em relevos ondulado e forte ondulado. Os latossolos vermelho-amarelos também são distróficos, possuem horizonte A moderado,

texturas variando entre argilosa, argiloarenosa e franco-argiloarenosa e ocorrem em relevos planos, suave ondulado e ondulado (SÃO PAULO, 2017). Assim como observado para a bacia, estudos semelhantes também evidenciaram as mesmas características (ANDREOTI, 2012; SANTOS, 2012; LOPES *et al.*, 2018).

Os teores de COT e MO, nas amostras de solo, são apresentados nas Figuras 6A e 6B. Em ambos os resultados, a representação espacial é similar em função da MO ser originada da multiplicação do COT pelo fator de Van Bemmelen 1,724, o que denota a presença de valores proporcionais de COT e MO em ambos os locais.



Figura 4 – Classe de uso do solo e cobertura vegetal da bacia do rio Una. (A) pastagem; (B) silvicultura de Pinus; (C) matas; (D) planície alagada; (E) cultura agrícola temporária de alface.

Os valores de COT apresentaram escores entre 8,81 e 80,13 g/kg⁻¹ e a MO, escores entre 15,19 e 138,14 g/kg⁻¹. É possível identificar que no baixo curso e entre o médio e o alto curso os valores dos dois elementos se apresentaram mais elevados, locais onde predominam matas, campos alagados e culturas temporárias.

A estatística descritiva dos teores de COT e MO é apresentada na Tabela 1. Os valores estão agrupados de acordo com o tipo de cobertura do solo.

Pode-se observar que houve variação significativa nos estoques de COT e MO nas amostras de mesma classe de cobertura do solo. As amostras dos solos hidromórficos, presentes nos campos alagados, foram as que apresentaram os maiores teores de COT (80,13 g/kg⁻¹) e MO (138,14 g/kg⁻¹). Essa classe também registrou a maior variação dos valores em relação à média, com desvio padrão para o COT de 39,12 e para a MO de 67,44. Nascimento *et al.* (2010) identificaram altos teores de MO e carbono orgânico em solos hidromórficos e associaram essas características à alta concentração de material orgânico e ao processo pedogenético de

paludização do solo. Martins *et al.* (2006), em análises comparativas, registraram teores mais elevados de carbono nos gleissolos quando comparados a cambissolos, argissolos e plintossolos.

Na classe matas, com o maior número de amostras analisadas, os valores variaram entre 22,58 e 76,43 g/kg⁻¹ para o COT e entre 38,93 e 131,77 g/kg⁻¹ para a MO. As médias dos teores de COT (46,68 g/kg⁻¹) e MO (80,48 g/kg⁻¹) para matas apresentaram condições melhores que as culturas temporárias, mas percentuais abaixo das coberturas campos alagados e pastagens; estas obtiveram os maiores teores de COT e MO em relação às demais coberturas do solo.

Em análises realizadas em solos de domínio da mata Atlântica, no estado da Bahia, Barreto *et al.* (2008) também identificaram teores de COT mais elevados para as pastagens, quando relacionados aos teores de matas nativas. Entretanto, Costa *et al.* (2009) e Coutinho *et al.* (2010), no estado de São Paulo, não identificaram diferenças significativas nos estoques de COT entre solos com pastagem, silvicultura e matas.

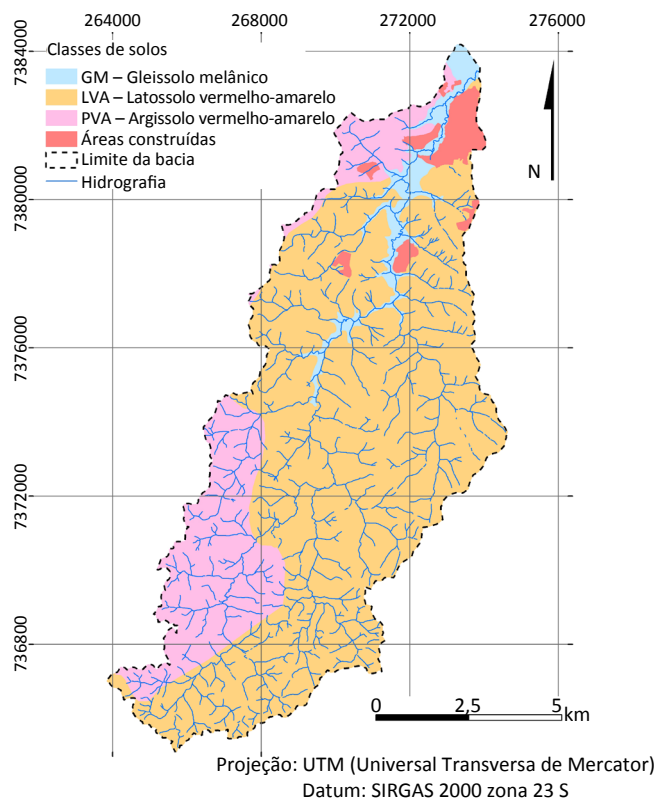


Figura 5 – Mapa de classes de solos, de acordo com São Paulo (2017).

Os elevados percentuais em pastagens podem ser justificados pelas gramíneas que geralmente produzem alta quantidade de fitomassa. O revolvimento contínuo dos solos pro-

move a perda do COT; em função disso, as pastagens podem apresentar também teores mais elevados do que culturas temporárias, como verificado neste estudo (CAMPOS, 2006).

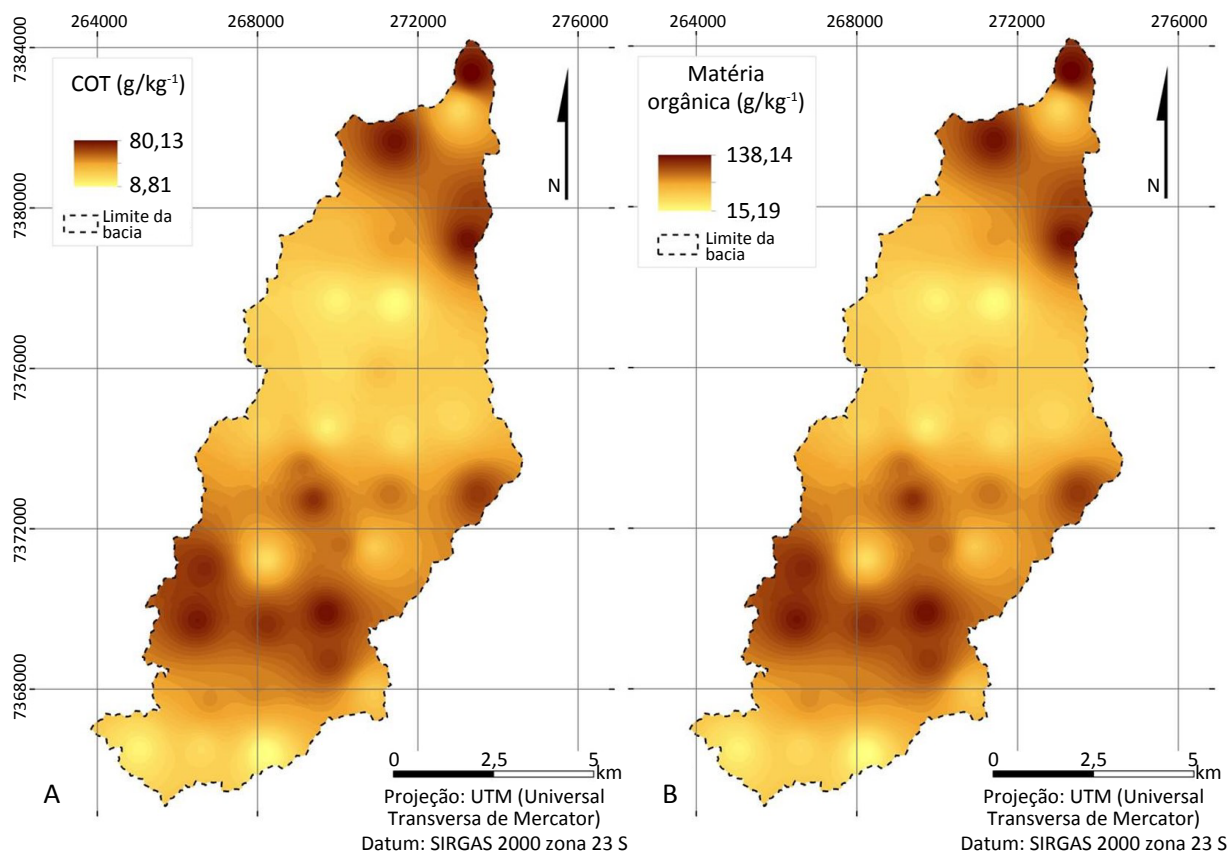


Figura 6 – Espacialização dos teores de carbono orgânico total e matéria orgânica por interpolação.

Tabela 1 – Estatística descritiva dos teores de matéria orgânica e carbono orgânico total.

Cobertura do solo	Nº de amostras	g/kg ⁻¹							
		Mín.		Máx.		Méd.		D.V.	
		COT	MO	COT	MO	COT	MO	COT	MO
Matas	15	22,58	38,93	76,43	131,77	46,68	80,48	20,13	34,71
Culturas temporárias	10	8,81	15,19	70,05	120,77	27,84	47,99	19,41	33,46
Campos	03	10,66	18,38	76,75	132,32	44,74	77,14	32,40	55,86
Pastagem	03	56,56	97,51	71,14	122,65	65,16	112,34	7,63	13,16
Campo alagado	02	24,81	42,77	80,13	138,14	52,47	90,46	39,12	67,44
Reflorestamento	02	33,58	57,89	69,80	120,34	51,69	89,11	25,61	44,15

Mín.: valor mínimo; Máx.: valor máximo; Méd.: média; D.V.: desvio padrão; COT: carbono orgânico total; MO: matéria orgânica.

Além disso, Roscoe *et al.* (2001), Salton (2005) e Costa *et al.* (2009) reforçam que, embora a substituição da vegetação por pastagem provoque a redução significativa e imediata dos estoques de COT e MO, com o passar do tempo, ao se utilizar formas adequadas de manejo, essas áreas podem apresentar teores elevados e até superar os registrados em áreas florestadas. Os autores também enfatizam que as florestas armazenam carbono predominantemente na parte aérea das plantas, enquanto as pastagens armazenam parte do carbono no solo e no sistema radicular. Barreto *et al.* (2008) também consideram que o metabolismo C_4 da vegetação de pastagem coopera para o alto potencial de produção e armazenamento do carbono orgânico nos solos.

Os solos de culturas temporárias apresentaram os menores valores em teor de COT e MO — 8,81 e 15,19 g/kg^{-1} , respectivamente. Essa classe também registrou as menores médias, 27,84 para o COT e 47,99 para a MO. Em áreas cultivadas, em função do revolvimento contínuo do solo, a MO e o COT tendem à redução por intemperismo, uma vez que a exposição da estrutura orgânica do solo potencializa o ataque dos microrganismos, acelerando assim o processo de oxidação. Essa redução também está relacionada ao aumento da erosão do solo provocada por manejo incorreto das práticas agrícolas e ao elevado grau de mineralização da MO e oxidação do carbono (LEITE *et al.*, 2003; SANTOS, 2012; BRADY; WEIL, 2013).

Os solos em ambientes de campo registraram teores de COT que variaram entre 10,66 e 76,75 g/kg^{-1} e de MO entre 18,38 e 132,32 g/kg^{-1} . Essa considerável variação resultou em alta dispersão dos valores em torno das médias. Cabe ressaltar que, na classe campos, estão inseridas áreas predominantemente degradadas, com áreas de pousio ou abandonadas. Essa classe apresentou os menores teores de COT e MO, em razão do uso intensivo do solo e, posteriormente, é mantida em descanso no sentido de possibilitar a recuperação natural dos nutrientes do solo (BARRETO *et al.*, 2008; COSTA *et al.*, 2009).

A análise da textura do solo nos distintos usos e cobertura vegetal permitiu afirmar que os campos alagados apresentaram texturas equivalentes à argilosa a franco-argilosa. As matas apresentaram-se predominantemente com textura característica franco-argiloarenosa,

com percentuais de areia total acima de 48% e argila variando entre 21 e 58%.

As culturas temporárias foram classificadas com solo argiloarenoso e franco-argiloarenoso em função dos altos teores de areia e argila, com percentuais acima de 36%. Tanto nos campos quanto na silvicultura predominou a existência de solos argilosos e argiloarenosos, com baixos percentuais de silte e percentuais de argila e areia predominantes. Detalhes sobre os percentuais de textura do solo podem ser observados nesses pontos amostrais em Lopes *et al.* (2018).

As diferentes coberturas vegetais encontram-se influenciadas pela interação dos componentes químicos, físicos e biológicos do solo. Lepsche, Silva e Espironelo (1982) já indicava a relação entre a textura do solo e componentes como a MO e o COT. Neste caso, o autor indica que a textura influencia diretamente os valores do carbono e partículas orgânicas na composição do solo, em decorrência do teor de umidade e da capacidade de retenção de material no solo. Assim, solos argilosos são mais úmidos, uma vez que permitem a infiltração lenta da água, a disponibilidade de nutrientes e os processos de decomposição que contribuem para a disponibilidade da MO e do COT em maior concentração (TRUMBORG; CAMARGO, 2009).

Para Oliveira *et al.* (2008) e Bittar, Ferreira e Corrêa (2013), a conversão de áreas de cobertura vegetal natural para áreas antrópicas quebra os agregados do solo, formados pela MO, e modifica o potencial de estoque de nutrientes, carbono e a capacidade de retenção de água nos solos. Essas mudanças de cobertura do solo são mais impactantes em solos com maiores percentuais de areia e silte e pouca ou nenhuma em solos argilosos, sobretudo pela mudança dos regimes de temperatura (LEHMANN; CRAVO; ZECH, 2001; TRUMBORG; CAMARGO, 2009).

Erodibilidade é a suscetibilidade que o solo apresenta frente aos agentes erosivos (MANNIGEL *et al.*, 2002; SILVA *et al.*, 2009). A erodibilidade associada aos teores de MO e COT é importante indicador de suscetibilidade a processos erosivos. Quanto maior os teores de MO e COT nos solos, maior será a estabilidade dos agregados e, conseqüentemente, maior será a resistência dos solos à remoção e ao transporte dos sedimentos por agentes erosivos (BISSONNAIS, 1996; LIN; LIN; CHOU, 2002; BERHE *et al.*, 2012).

A Figura 7 apresenta o mapa de erodibilidade do solo, resultado da relação proporcional entre os percentuais de argila, silte e areia. Os valores de erodibilidade são adimensionais e variaram de 0,7 (baixa erodibilidade) a 3,6 (alta erodibilidade).

Os valores mais altos se concentram espacialmente no médio curso da bacia em áreas de matas e culturas temporárias, onde ocorrem os latossolos e argissolos. Quando avaliadas as médias, os gleissolos apresentaram o menor potencial de erodibilidade (1,3), e os latossolos o maior (1,74), como pode ser observado na Tabela 2.

Análise de agrupamento das variáveis físicas e químicas dos solos

A similaridade entre os pontos amostrais com diferentes características físico-químicas e tipos de uso e cobertura vegetal é apresentada na Figura 8. Evidenciou-se a concentração de cinco grupos que apresentaram características particulares quanto ao solo.

O grupo 1 é composto de campos alagados e matas, formado por amostras de áreas com cobertura vegetal natural e altos teores de argila, COT e MO. Conforme apontam Oliveira *et al.* (2008), as áreas de mata nativa possuem maior suporte de MO, que permite maior

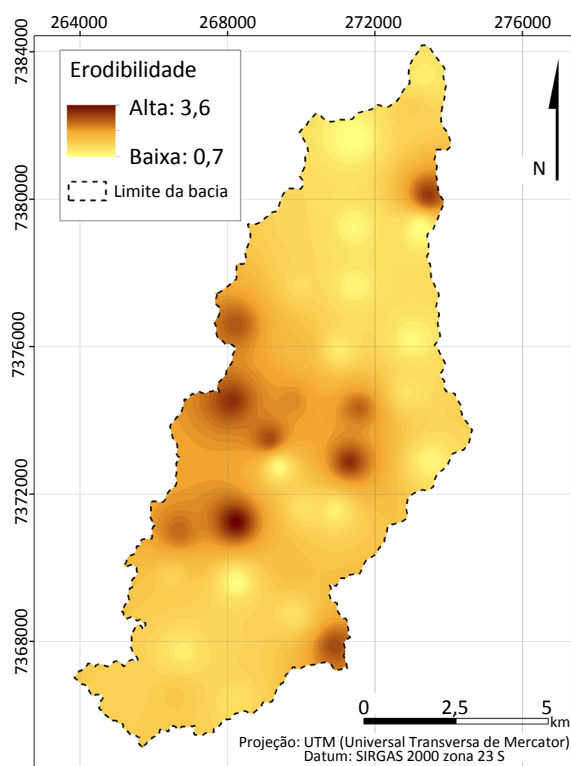


Figura 7 – Mapa de erodibilidade dos solos.

Tabela 2 – Estatística descritiva da erodibilidade dos solos.

Classes de solos	Mín.	Máx.	Méd.	D.V.
Latossolos	0,7	3,6	1,74	0,89
Argissolos	0,7	2,7	1,40	0,8
Gleissolos	1,0	1,5	1,30	0,2

Mín.: valor mínimo; Máx.: valor máximo; Méd.: média; D.V.: desvio padrão.

agregação de solos em diferentes texturas de solo. Conforme já apontado, a principal razão para solos argilosos apresentarem percentuais significativos de componentes químicos resulta da sua retenção hídrica e decomposição microbiana facilitada, formando agregados ricos em MO e COT. No estudo realizado por Bittar, Ferreira e Corrêa (2013), indicou-se que solos com maior teor de argila possuem maior interação com a MO e, conseqüentemente, ocasiona o seu acúmulo nesses locais.

O grupo 2 é composto predominantemente por cultura temporária e um ponto amostral de mata, campo alagado e campo, sendo que as similaridades nas características das amostras estão relacionadas à textura dos

solos, que variaram entre características argiloarenosa e argilosa.

Já no grupo 3, houve predomínio de similaridade entre matas, com um ponto amostral de pastagem e outro de cultura temporária. A correlação destes dois tipos de uso do solo com a mata se dá por meio da textura das amostras que, em sua totalidade, enquadraram-se na classe franco-argiloarenosa. O grupo 4, por sua vez, foi o que apresentou a maior heterogeneidade em termos de uso do solo e cobertura vegetal, com similaridade nos teores de COT e MO, bem como da textura que se apresenta predominantemente argilosa. E o grupo 5 é caracterizado por uma única amostra de solo de matas que se mostrou isolada pelos teores de argila, COT e MO elevados e pelo baixo teor de argila.

CONCLUSÃO

A estimativa do COT e da MO indicou que as áreas de pastagens possuem os teores mais elevados e as culturas temporárias os valores mais baixos. O manejo do

solo e o processo de intemperismo explicam a redução nos teores de COT e MO nos solos de culturas temporárias para a bacia.

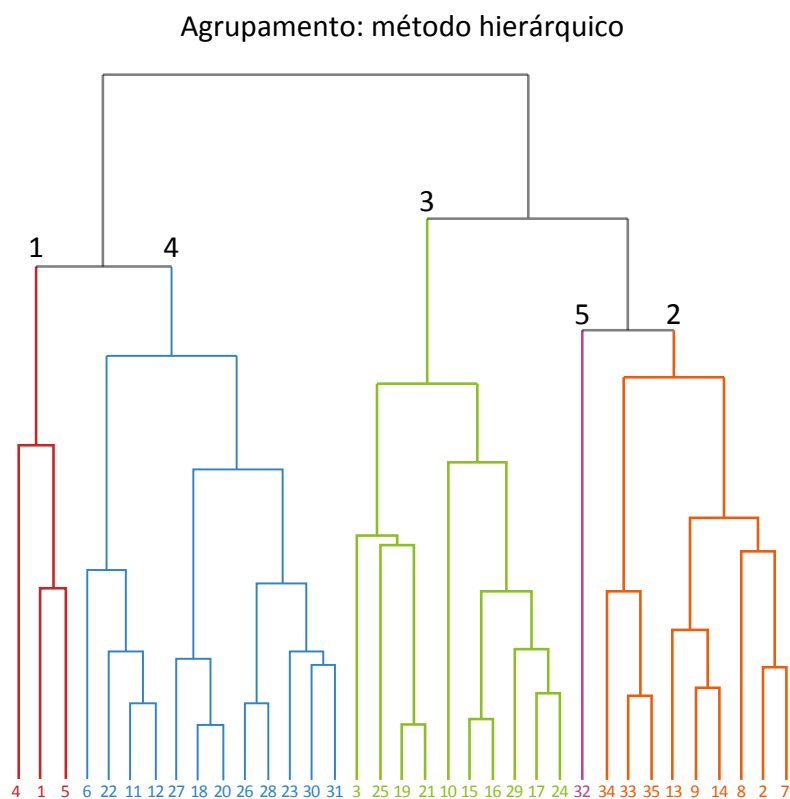


Figura 8 – Dendrograma de agrupamento hierárquico das variáveis argila (%), silte (%), areia total (%), COT (g/kg¹) e MO (g/kg¹).

A textura do solo apresentou maiores teores de areia e argila em todos os pontos amostrais, classificando-os entre argiloso e franco-argiloarenoso. Essa textura apresentou também maior influência no agrupamento hierárquico, e as coberturas matas e culturas temporárias foram as que registraram as maiores similaridades entre as variáveis analisadas.

O COT, a MO e a textura do solo são parâmetros relevantes para o planejamento e o manejo de solos, pois são indicativos de agregação, permeabilidade, retenção de umidade e fertilidade dos solos, que influenciam diretamente na estabilidade dos agregados e reduzem a fragilidade do solo a processos erosivos.

REFERÊNCIAS

- AMADO, T. J. C.; PES, L. Z.; LEMAINSKI, C. L.; SCHENATO, R. B. Atributos químicos e físicos de Latossolos e sua relação com os rendimentos de milho e feijão irrigados. *Revista Brasileira de Ciências do Solo*, v. 33, n. 4, p. 831-843, 2009. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832009000400008>
- ANDREOTI, C. E. *Avaliação da eficiência de um sistema agroflorestal na recuperação de um solo degradado por pastoreio*. 131 f. Dissertação (Mestrado em Geografia Física)—Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.
- BARRETO, A. C.; FREIRE, M. B. G. S.; NACIF, P. G. S.; ARAÚJO, Q. R.; FREIRE, F. J.; INÁCIO, E. S. B. Fracionamento químico e físico do carbono orgânico total em um solo de mata submetido a diferentes usos. *Revista Brasileira de Ciências do Solo*, v. 32, n. 4, p. 1471-1478, 2008. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832008000400011>
- BERHE, A. A.; HARDEN, J. W.; TORN, M. S.; KLEBER, M.; BURTON, S. D.; HARTE, J. Persistence of soil organic matter in eroding versus depositional landform positions. *Journal of Geophysical Research: Biogeosciences*, v. 117, n. G2, 2012. <http://dx.doi.org/10.1029/2011JG001790>
- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. *Conservação do solo*. 9. ed. São Paulo: Ícone, 2014.
- BEU, S. E.; MISATO, M. T.; HAHN, C. M. APA de Itupararanga. In: BEU, S. E.; SANTOS, A. C. A. dos; CASALI, S. (Orgs.). *Biodiversidade na APA de Itupararanga: condições atuais e perspectivas futuras*. São Paulo: UFSCar, 2011. p. 33-56. Disponível em: <https://drive.google.com/file/d/0B0c9GmDOaYmUYjE1NTYyNTQQtNjJjNi00ZWY0LWI2MWItM2M4ZWY3OGMzZjlm/view?ddrp=1&hl=en_US#>. Acesso em: 3 abr. 2018.
- BITTAR, I. M. B.; FERREIRA, A. S.; CÔRREA, G. F. Influência da textura do solo na atividade microbiana, decomposição e mineralização do carbono de serapilheira de sítios do bioma cerrado sob condições de incubação. *Bioscience Journal*, v. 29, n. 6, p. 1952-1960, 2013.
- BISSONAI, Y. L. Aggregate stability and assesment of soil crustability and erodibility: I. theory and methodology. *European Journal of Soil Science*, v. 47, n. 4, p. 425-437, 1996. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2389.1996.tb01843.x>
- BRADY, N. C.; WEIL, R. R. *Elementos da natureza e propriedades dos solos*. Tradução técnica: Igo Fernando Lepsch. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2013.
- BRUCE, J. P.; FROME, M.; HAITES, E.; JANZEN, H.; LAL, R.; PAUSTIAN, K. Carbon sequestration in soils. *Journal of Soil and Water Conservations*, v. 54, p. 382-389, 1999.
- CAMPOS, B. C. *Dinâmica do carbono em Latossolo Vermelho sob sistemas de preparo de solo e de culturas*. 188 f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo)—Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2006.
- CANELLAS, L. P.; SANTOS, G. A.; RUMJANEK, V. M.; MORAES, A. A.; GURIDI, F. Distribuição da matéria orgânica e características de ácidos húmicos em solos com adição de resíduos de origem urbana. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 36, n. 12, p. 1529-1538, dez. 2001. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2001001200010>

- CERRI, C. C.; BERNOUX, M.; VOLKOFF, B. *Dinâmica do carbono nos solos da Amazônia*. Piracicaba-SP: CENA-USP, 1996.
- CHEN, H.; FAN, L.; WU, W.; LIU, H.-B. Comparison of spatial interpolation methods for soil moisture and its application for monitoring drought. *Environmental Monitoring Assessment*, n. 189, p. 525-537, 2017. <http://dx.doi.org/10.1007/s10661-017-6244-4>
- CONCEIÇÃO, P.; AMADO, T. J. C.; MIELNICZUK, J.; SPAGNOLLO, E. Qualidade do solo em sistemas de manejo avaliada pela dinâmica da matéria orgânica e atributos relacionados. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 29, n. 5, p. 777-788, 2005. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832005000500013>
- COSTA, O. V.; CANTARUTTI, R. B.; FONTES, L. E. F.; COSTA, L. M.; NACIF, P. G. S.; FARIA, J. C. Estoque de carbono do solo sob pastagem em área de tabuleiro costeiro no sul da Bahia. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 33, n. 5, p. 1137-1145, 2009. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832009000500007>
- COUTINHO, R. P.; URQUIAGA, S.; BODDEY, R. M.; ALVES, B. J. R.; TORRES, A. Q. A.; JANTALIA, C. P. Estoque de carbono e nitrogênio e emissão de N₂O em diferentes usos do solo na Mata Atlântica. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 45, n. 2, p. 195-203, fev. 2010. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2010000200011>
- DALCHIAVON, F. C.; CARVALHO, M. P.; NOGUEIRA, D. C.; ROMANO, D.; ABRANTES, F. L.; ASSIS, J. T.; OLIVEIRA, M. S. Produtividade da soja e resistência mecânica à penetração do solo sob sistema plantio direto no cerrado brasileiro. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, v. 41, n. 1, p. 8-19, 2011. <http://dx.doi.org/10.5216/pat.v41i1.8351>
- DATAGEO. *Infraestrutura de dados espaciais ambientais do Estado de São Paulo*. São Paulo: DATAGEO, 2015. Disponível em: <<http://datageo.ambiente.sp.gov.br/>>. Acesso em: 1º ago. 2016.
- ECONOMIC AND SOCIAL RESEARCH INSTITUTE (ESRI). *ArcGIS*. ESRI, 2014.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). Centro Nacional de Pesquisas de Solos. *Manual de métodos de análises de solos*. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011. 230 p.
- _____. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. *Sistema brasileiro de classificação de solos*. 2. ed. Rio de Janeiro: 2006. 306 p.
- _____. *Solos para todos: perguntas e respostas*. Dados eletrônicos. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2014.
- FITZ, P. R. *Geoprocessamento sem complicação*. São Paulo: Oficina de Textos, 2008. 78 p.
- FUNDAÇÃO FLORESTAL. *Plano de manejo da Área de Proteção Ambiental (APA) Itupararanga*. São Paulo: Fundação Florestal, 2009. Disponível em: <<http://fflorestal.sp.gov.br/pagina-inicial/planos-de-manejo/planos-de-manejo-planos-concluidos/plano-de-manejo-apa-itupararanga/>>. Acesso em: 5 abr. 2018.
- INSTITUTO AGRONÔMICO DE CAMPINAS (IAC). *Boletim técnico 106: métodos de análise química, mineralógica e física de solos*. Campinas: IAC, 2009. 77 p.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). *Manual técnico da vegetação brasileira*. 2. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2012. 271 p.
- _____. *Manual técnico de uso da terra*. 3. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2013. 171 p. (Série: Manuais Técnicos em Geociências, n. 7).
- INSTITUTO GEOGRÁFICO E CARTOGRÁFICO (IGC). *Carta Topográfica do município de Ibiúna*. São Paulo: IGC, 1978.
- LAL, R. *Methods and guidelines for assessing sustainable use of soil and water resources in the tropics*. Columbus: Ohio State University, 1994. 78 p.

- LEHMANN, J.; CRAVO, M. S.; ZECH, W. Organic matter stabilization in a Xanthic Ferralsol of the central Amazon as affected by single trees: Chemical characterization of density, aggregate, and particle size fractions. *Geoderma*, v. 99, n. 1-2, p. 147-168, 2001. [http://dx.doi.org/10.1016/S0016-7061\(00\)00070-7](http://dx.doi.org/10.1016/S0016-7061(00)00070-7)
- LEITE, L. F. C.; MENDONÇA, E. de S. Perspectivas e limitações da modelagem da dinâmica da matéria dos solos tropicais. In: CERETTA, C. A.; SILVA, L. S.; REICHERT, J. M. (Eds.). *Tópicos em ciência do solo*. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. v. 1.
- LEITE, L. F. C.; MENDONÇA, E. S.; NEVES, J. C. L.; MACHADO, P. L. O. A.; GALVÃO, J. C. C. Estoques totais de carbono orgânico e seus compartimentos em Argissolo sob floresta e sob milho cultivado com adubação mineral e orgânica. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 27, n. 5, p. 821-832, 2003. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832003000500006>
- LEMOS FILHO, L. C. A.; FERREIRA, L. L. N.; LYRA, D. L. Variabilidade espacial de atributos do solo indicadores de degradação ambiental em microbacia hidrográfica. *Revista Agro@ambiente On-line*, v. 11, n. 1, p. 11-20, jan.-mar. 2017. <http://dx.doi.org/10.18227/1982-8470ragro.v11i1.3413>
- LEPSCH, I. F. *19 lições de pedologia*. São Paulo: Oficina de Textos, 2011. 456 p.
- LEPSCH, I. G.; SILVA, N. M.; ESPIRONELO, A. Relação entre matéria orgânica e textura de solos sob cultivo de algodão e cana-de-açúcar, no estado de São Paulo. *Bragantia*, v. 41, n. 1, p. 231-236, 1982. <http://dx.doi.org/10.1590/S0006-87051982000100027>
- LIN, C. Y.; LIN, W.-T.; CHOU, W.-C. Soil erosion prediction and sediment yield estimation: the Taiwan experience. *Soil and Tillage Research*, Amsterdã, v. 68, n. 2, p. 143-152, 2002. [https://doi.org/10.1016/S0167-1987\(02\)00114-9](https://doi.org/10.1016/S0167-1987(02)00114-9)
- LOPES, E. R. N.; SOUZA, J. C.; SOUSA, J. A. P.; ALBUQUERQUE FILHO, J. L.; LOURENÇO, R. W. Modelagem ambiental de bacias hidrográficas: caracterização morfométrica e pedológica da bacia do rio Una – Ibiúna, Brasil. *Geosul*, Florianópolis, v. 33, n. 66, p. 105-127, jan./abr. 2018.
- LOVELAND, P.; WEBB, J. Is There a Critical Level of Organic Matter in the Agricultural Soils of Temperate Regions: a Review. *Soil & Tillage Research*, v. 70, n. 1, p. 1-18, 2003. [https://doi.org/10.1016/S0167-1987\(02\)00139-3](https://doi.org/10.1016/S0167-1987(02)00139-3)
- MANNIGEL, A. R.; CARVALHO, M. P.; MORETI, D.; MEDEIROS, L. R. Fator erodibilidade e tolerância de perda dos solos do Estado de São Paulo. *Acta Scientiarum*, Maringá, v. 24, n. 5, p. 1335-1340, 2002. <http://dx.doi.org/10.4025/actasciagron.v24i0.2374>
- MARTINS, A. K. E.; SCHAEFER, C. E. G. R.; SILVA, E.; SOARES, V. P.; CORRÊA, G. R.; MENDONÇA, B. A. F. Relações solo-geoambiente em áreas de ocorrência de Ipucas na planície do médio Araguaia – estado de Tocantins. *Revista Árvore*, Viçosa, v. 30, n. 2, p. 297-310, 2006. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-67622006000200017>
- MICROSOFT. *Microsoft Office Excel*. Estados Unidos: Microsoft, 2010.
- NARUMALANI, S.; HLADY, J. T.; JENSEN, J. R. Information extraction from remotely sensed data. In: BOSSLER, J. D. *Manual of Geospatial Science and Technology*. Londres: Taylor & Francis, 2002. p. 298-324.
- NASCIMENTO, P. C.; LANI, J. L.; MENDONÇA, E. S.; ZOFFOLI, H. J. O.; PEIXOTO, H. T. M. Teores e características da matéria orgânica de solos hidromórficos do Espírito Santo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 34, n. 2, p. 339-348, 2010. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832010000200007>
- OLIVEIRA, J. T.; MOREAU, A. M. S. S.; PAIVA, A. Q.; MENEZES, A. A.; COSTA, O. V. Características físicas e carbono orgânico de solos sob diferentes tipos de uso da terra. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 32, n. esp., p. 2821-2829, 2008. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832008000700028>
- PANIZZA, A. C.; FONSECA, F. P. Técnicas de interpretação visual de imagens. *GEOUSP - Espaço e Tempo*, n. 30, p. 30-43, 2011. <http://dx.doi.org/10.11606/issn.2179-0892.geousp.2011.74230>

- PEIXOTO, C. M.; FERNANDES, P. R. M.; RODRIGUES, P. C. H.; FELICIANO, V. M. D. Distribuição das Concentrações de Atividade de ^{238}U e ^{232}Th em Amostras de Solo do Estado de Minas Gerais. *Brazilian Journal of Radiation Sciences*, v. 4, n. 2, p. 1-18, 2016. <http://dx.doi.org/10.15392/bjrs.v4i2.208>
- RHEINHEIMER, D. S.; CAMPOS, B.-H. C.; GIACOMINI, S. J.; CONCEIÇÃO, P. C.; BORTOLUZZI, E. C. Comparação de métodos de determinação de carbono orgânico total do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 32, n. 1, p. 435-440, 2008. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832008000100041>
- RIBEIRO, M. R.; OLIVEIRA, L. B.; ARAÚJO FILHO, J. C. Caracterização morfológica do solo. In: KER, J. C.; CURI, N.; SCHAEFER, C. E.; TORRADO, P. V. (Orgs.). *Pedologia: fundamentos*. Viçosa: SBCS, 2012.
- ROSA, F. S.; TONELLO, K. C.; VALENTE, R. O. A.; LOURENÇO, R. W. Estrutura da paisagem, relevo e hidrografia de uma microbacia como suporte a um programa de pagamento por serviços ambientais relacionados à água. *Ambiente e Água*, Taubaté, v. 9, n. 3, p. 526-539, jul./set. 2014. <http://dx.doi.org/10.4136/ambi-agua.1326>
- ROSCOE, R.; BUURMAN, P.; VELTHORST, E. J.; VASCONCELLOS, C. A. Soil organic matter dynamics in density and particle size fractions as revealed by the $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ isotopic ration in a Cerrado's oxisoil. *Geoderma*. Amsterdã, v. 104, n. 3-4, p. 185-202, 2001. [https://doi.org/10.1016/S0016-7061\(01\)00080-5](https://doi.org/10.1016/S0016-7061(01)00080-5)
- ROSCOE, R.; MACHADO, P. L. O. A. *Fracionamento físico do solo em estudos da matéria orgânica*. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2002. 86 p.
- ROSSI, C. Q.; PEREIRA, M. G.; GIACOMO, 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. <http://dx.doi.org/10.1590/S0006-87052011000300018>
- SALTON, J. C. *Matéria orgânica e agregação do solo na rotação lavoura-pastagem em ambiente tropical*. 158 f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo)–Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.
- SANTOS, A. C. A. *Teores de carbono e nitrogênio dos solos de duas microbacias hidrográficas com diferentes usos da terra no município de Ibiúna-SP*. 74 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental)–Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Bauru, 2012.
- SÃO PAULO. Secretaria do Meio Ambiente. Instituto Florestal. *Mapa pedológico do Estado de São Paulo: revisado e ampliado*. São Paulo: Instituto Florestal, 2017.
- SATO, J. H. *Métodos para determinação do carbono orgânico em solos do Cerrado*. 90 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia)–Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, Brasília, 2013.
- SEGNINI, A.; SANTOS, L. M.; SILVA, W. T. L.; MARTIN-NETO, L.; BORATO, C. E.; MELO, W. J.; BOLONHEZI, D. Estudo comparativo de métodos para a determinação da concentração de carbono em solos com altos teores de Fe (Latosolos). *Química Nova*, v. 31, n. 1, 94-97, 2008. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-40422008000100020>
- SILVA, A. M.; SILVA, M. L. N.; CURI, N.; AVANZI, J. C.; FERREIRA, M. M. Erosividade da chuva e erodibilidade de Cambissolo e Latossolo na região de Lavras, sul de Minas Gerais. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 33, n. 6, p. 1811-1820, 2009. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832009000600029>
- SILVA, L. S.; CAMARGO, F. A. O.; CERETTA, C. A. Composição da fase sólida orgânica do solo. In: MEURER, E. J. (Org.). *Fundamentos de Química do Solo*. 2. ed. Porto Alegre: Genesis, 2004. p. 73-99.
- SIQUEIRA NETO, M.; PICCOLO, M. C.; SCOPEL, E.; COSTA JUNIOR, C.; CERRI, C. C.; BERNOUX, M. Carbono total e atributos químicos com diferentes usos do solo no Cerrado. *Acta Scientiarum Agronomy*, v. 31, n. 4, p. 709-717, 2009. <http://dx.doi.org/10.4025/actasciagron.v31i4.792>

SOUZA, Z. M.; SOUZA, G. S.; MARQUES JÚNIOR, J.; PEREIRA, G. T. Número de amostras na análise geoestatística e na krigagem de mapas de atributos do solo. *Ciência Rural*, v. 44, n. 2, p. 261-268, 2014. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782014000200011>

TRUMBORE, S.; CAMARGO, P. B. Soil carbon dynamics. *In: KELLER, M.; BUSTAMANTE, M.; GASH, J.; DIAS, P. S. (Orgs.). Amazonia and Global Change*. AGU, 2009. p. 451-462. <https://doi.org/10.1029/2009GM000882>

VIDAL, M. M.; PIVELLO, V. R.; MEIRELLES, S. T.; METZGER, J. P. Produção de serapilheira em floresta Atlântica secundária numa paisagem fragmentada (Ibiúna, SP): importância da borda e tamanho dos fragmentos. *Revista Brasileira de Botânica*, São Paulo, v. 30, n. 3, p. 521-532, set. 2007. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-84042007000300016>

WALKLEY, A.; BLACK, I. A. An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Science*, v. 37, n. 1, p. 29-38, 1934. <http://dx.doi.org/10.1097/00010694-193401000-00003>

WHITE, R. E. *Principles and practice of soil science: the soil as a natural resource*. 4. ed. Oxford: Blackwell, 2005. 384 p.

