

VI-069 – RELAÇÃO ENTRE COR E TEOR DE CARBONO DE SOLOS EM ÁREA PREDOMINANTEMENTE URBANA: ESTUDO DE CASO DA MICROBACIA DO CÓRREGO LAVAPÉS – SOROCABA/SP

Rodrigo Custódio Urban⁽¹⁾

Engenheiro Ambiental pela Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP), campus experimental de Sorocaba. Mestre em Engenharia Civil e Ambiental pela Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP), intercampi.

Luiz Augusto Manfré

Engenheiro Ambiental pela Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP), campus experimental de Sorocaba. Mestre em Engenharia Civil e Ambiental pela Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP), intercampi. Doutorando em Engenharia de Transportes pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (POLI-USP).

Alexandre Marco da Silva

Possui Graduação em Ecologia pela UNESP - Rio Claro, Mestrado em Ciências da Engenharia Ambiental - USP - São Carlos, Doutorado em Ciências da Engenharia Ambiental - USP - São Carlos, Pós-Doutorado em Ecologia Aplicada - USP - Piracicaba. Atualmente é professor / pesquisador da UNESP - Sorocaba.

Liane Yuri Kondo Nakada

Engenheira Ambiental pela Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP), campus de Rio Claro. Mestranda em Engenharia Civil e Ambiental pela Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP), intercampi.

Endereço⁽¹⁾: Avenida Três de Março, 511 - Alto da Boa Vista – Sorocaba - SP - CEP: 18087-180 - Brasil - Tel: (11) 9286-5290 - email: rodrigo.urban@yahoo.com.br

RESUMO

Estudos de qualidade do solo urbano superficial são mais raros que em outros tipos de ocupação, pois têm sua realização dificultada pelo aspecto anisotrópico do mesmo. Esforços devem ser realizados para estabelecer relações e tendências destes solos. Entre as análises visuais, a utilização da carta de Munsell para determinação da cor do solo se destaca. A cor do solo é uma variável que tem relação com diversas variáveis físico-químicas de qualidade. O presente trabalho buscou estabelecer uma metodologia de quantificação dos aspectos qualitativos das variáveis da carta de Munsell, que apresentassem boa correlação com o teor de carbono de solos urbanos, da microbacia do córrego Lavapés, localizado no município de Sorocaba. A partir da utilização de valores sugeridos na literatura, e alguns pesos estabelecidos no presente trabalho, buscou-se a melhor correlação possível entre os dados de cor e teores de carbono das 40 amostras retiradas da camada superficial dos solos da microbacia estudada. Os 2 métodos denominados Índices de Avermelhamento não se mostraram viáveis para a área de estudo. Os 4 métodos que sugeriram valores para a variável “matiz” e pesos para a variável “valor” se apresentaram satisfatórios e com resultados semelhantes. A utilização dos dados de correlação apresentados são válidos para a área de estudo e pode ser utilizados na confecção de funções de pedotransferência, a partir da inserção de outras variáveis, assim como podem servir de base para estudos em outras áreas urbanas.

PALAVRAS-CHAVE: Carta de Munsell, Qualidade de Solo, Solo Urbano, Teor de Carbono.

INTRODUÇÃO

Diferentemente do ocorrido em ambientes agrários ou florestais, as funções do solo em ambiente urbano costumemente não estão relacionadas com o suporte de plantações ou vegetação natural. Diante das diferentes necessidades da população urbana, os solos superficiais desse ambiente sofrem impactos diversos e seu estudo deve ser realizado de uma perspectiva diferente da usual. Entre as funções do solo urbano pode-se exemplificar a utilização como substrato para edifícios, fonte de material para obras civis, sustento de praças e outras áreas verdes, meio de descarte de resíduos, filtragem de águas pluviais, entre outras (EFFLAND e POYAT, 1997; PEDRON *et al.*, 2004).

Dentro das diversas variáveis de qualidade de solos, urbanos ou não, a cor apresenta grande importância, devido à sua relação com pigmentos provenientes de óxidos de ferro e matéria orgânica, além da relação com umidade e também com a distribuição do tamanho de partículas. Diante disso, diversos pesquisadores esforçam-se para definir métodos, com maior exatidão, da determinação da variável e também verificar as relações quantitativas entre a cor e constituintes do solo. (FERNANDEZ e SCHULZE, 1992; BOTELHO *et al.*, 2006).

Entre as técnicas apresentadas para a definição exata da cor pode-se destacar a utilização de colorímetros e espectrofotômetros, que interpretam as cores a partir de energia refletida na região do visível (TORRENT e BARRÓN, 1993; CAMPOS e DEMATTÊ, 2004; MORGAN *et al.*, 2009), ou mesmo a utilização de técnicas de sensoriamento remoto (ESCADAFAL *et al.*, 1989). Entretanto a utilização da carta de Munsell, relevando-se as críticas de subjetividade do método, ainda se apresenta como a forma mais rápida e simples de determinação de cor dos solos.

Devido às relações mencionadas, entre a cor e constituintes do solo, diversos estudos buscam relacionar as técnicas de definição de cor com algumas variáveis físico-químicas de qualidade de solo. Chig *et al.* (2008) estabeleceram uma relação simples entre o índice de avermelhamento proveniente da cor do solo e a drenagem dos solos em uma área florestada na região noroeste do Estado do Mato Grosso. Campos *et al.* (2003) se utilizaram, também, de modelos de índice de avermelhamento para estabelecer uma relação entre a cor do solo e o teor de hematita nos solos de diversas localidades do Estado de São Paulo. Stavi e Lal (2011) sugerem uma possível utilização das variáveis de Munsell da cor do solo como indicadores das modificações da qualidade física do solo devido à erosão, a partir de estudo em plantações de milho no Estado de Ohio, nos Estados Unidos.

Entretanto a relação da cor do solo é mais frequentemente relacionada ao teor de carbono, ou de matéria orgânica, dos solos. Estes estudos são observados em diversas localidades. Utilizando as variáveis da carta de Munsell, Murti e Satyanarayana (1970) demonstraram correlações dos elementos de cor do solo com titânio, ferro, argila e matéria orgânica de amostras do planalto de Malwa, na Índia. Rossel *et al.* (2008) desenvolveram funções de pedotransferência a partir de variáveis provenientes da cor do solo para determinar o carbono orgânico e conteúdo de ferro de solos da região de Brittany, França. A caracterização do carbono orgânico e inorgânico do solo da região central do Texas-EUA também foi obtida com a utilização da cor do solo, entre outras variáveis, por Morgan *et al.* (2009).

Diante do exposto e da existência de poucos estudos de qualidade e relações ocorridas nos solos de ocupação urbana, o presente estudo tem como objetivo comparar a relação entre os parâmetros cor e teor de carbono do solo de uma área predominantemente urbana localizada no município de Sorocaba-SP.

MATERIAIS E MÉTODOS

CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O presente estudo foi realizado em uma microbacia de terceira ordem que possui 2,88 km², de ocupação predominantemente urbana. O córrego principal é conhecido localmente como córrego Lavapés. A microbacia localiza-se na porção central do município de Sorocaba/SP em uma região de urbanização crescente e intensificação da pressão no uso do solo.

A microbacia do córrego Lavapés apresenta amplitude altimétrica de 120 metros, declividade média de 11,3%, predominância de latossolos e cerca de 71% de sua área considerada de ocupação urbana. As características morfométricas da microbacia estudada não indicam grande susceptibilidade a escorregamentos e enchentes. Existe uma mancha de vegetação remanescente na porção oeste, onde se encontram nascentes e declividades mais acentuadas (URBAN *et al.*, 2010; URBAN, 2011).

A localização da microbacia do córrego Lavapés dentro do território do Estado de São Paulo pode ser observada na Figura 1.

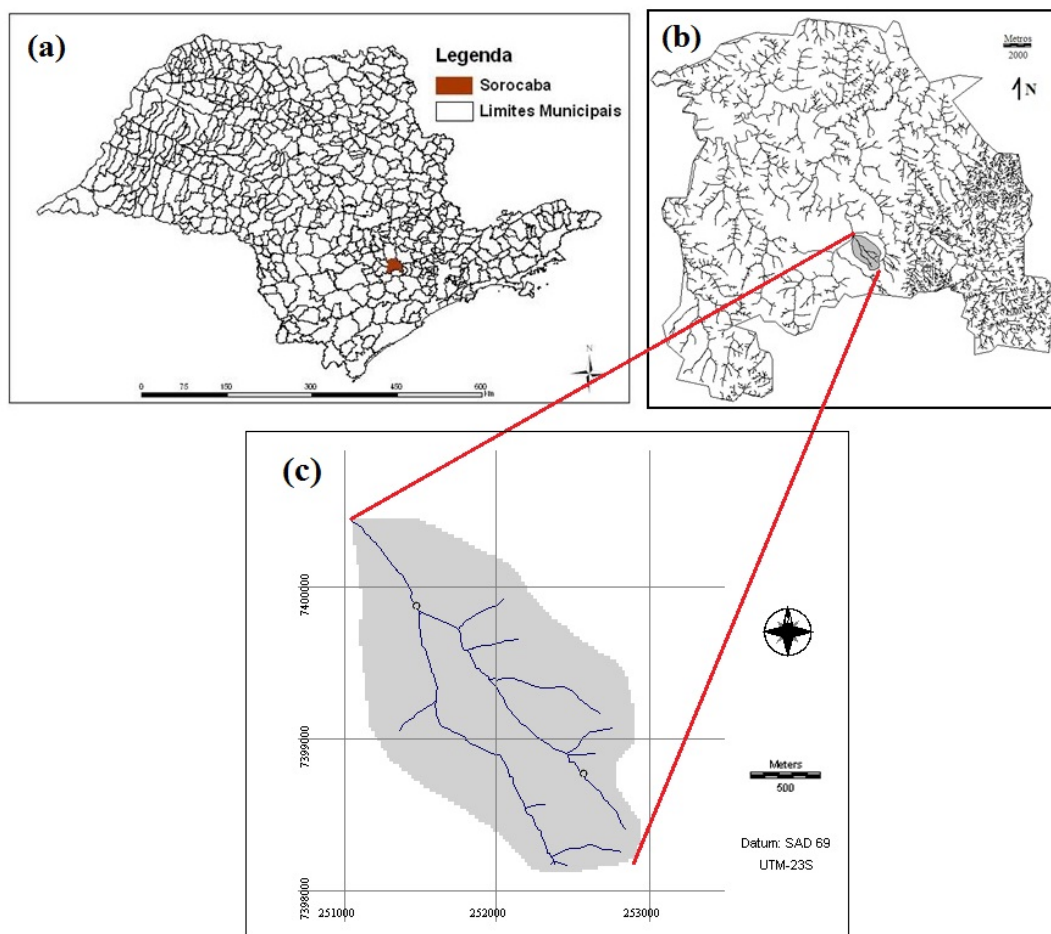


Figura 1: Localização do município de Sorocaba (a) e da microbacia do córrego Lavapés (b) e (c).

Fonte: Urban (2011)

PROCEDIMENTOS DE COLETA E ANÁLISE

Foram coletadas 40 amostras de solo da região com base em amostragem estratificada. Em cada ponto de coleta retirou-se uma amostra de solo de uma profundidade de 20 centímetros, colocou-se a amostra em recipiente fechado e transportou-a ao laboratório para análise.

Foram realizadas análises de cor das amostras secas em laboratório utilizando-se a comparação visual com base na carta de Munsell para solos. Os componentes levantados foram: matiz, valor e croma.

A análise de carbono foi realizada após secagem em estufa a 80°C, passagem por peneiras de malha 0,2 mm e pesagem em balança analítica com precisão de seis casas decimais. No Laboratório de Ecologia Isotópica do Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA – USP), em Piracicaba-SP, após os procedimentos descritos, as amostras foram colocadas em analisador elementar Shimadzu, modelo TOC 5000 que retornou os teores de carbono.

Os valores obtidos a partir da análise da carta de Munsell para solos são qualitativos. Para verificar a correlação com os dados de carbono do solo foi necessária a transformação destes em dados quantitativos. Para isso foram estabelecidas seis metodologias, de forma a verificar aquela que melhor se ajustou aos dados.

Duas metodologias foram baseadas no conceito de índice de avermelhamento (IAV). A primeira foi retirada de estudo de Campos *et al.* (2003) e está representada na equação 1. A segunda foi retirada de trabalho de Botelho *et al.* (2006) e está representada na equação 2:

$$IAV = [(10-H)^3 \cdot C \cdot 10^3] / V6 \quad \text{equação (1)}$$

$$IAV = [(10-H) \cdot C] / V \quad \text{equação (2)}$$

Onde “C” e “V” são os valores numéricos do croma e do valor, respectivamente, e “H” é o número que precede as letras YR no matiz, sendo que para o matiz 10R o valor de “H” é igual a zero e para o matiz 10YR igual a 10.

As outras quatro metodologias basearam-se na atribuição de valores numéricos para os dados de matiz e a multiplicação destes por pesos atribuídos ao “valor”. Esta decisão é baseada no significado do componente “valor”: a proporção de preto e branco do solo, que tem relação com o teor de matéria orgânica (NIERO, 2009).

A tabela 1 apresenta resumo das referências utilizadas para atribuição de valores numéricos para os dados de matiz e a tabela 2 apresenta os pesos atribuídos ao componente “valor”.

Tabela 1: Valores atribuídos para o item “matiz” da carta de Munsell.

Matiz	Dados ordinais atribuídos	
	Canellas <i>et al</i> (2000)	Botelho <i>et al</i> (2006)
10R	10	1
2,5YR	12,5	2
5YR	15	3
7,5YR	17,5	4
10YR	20	5
2,5Y	22,5	6
5Y	25	7

Tabela 2: Pesos atribuídos ao item “valor” da carta de Munsell.

Valor	Pesos atribuídos	
	Niero (2009)	Presente estudo
8/	0	0
7/	0	0,5
6/	0,5	1
5/	1	1,5
4/	1,5	2
3/	1,5	2,5
2/	2	3
1.7/	2	3,5

Os valores numéricos finais utilizados foram obtidos a partir do cruzamento dos dados ordinais das matizes com cada um dos pesos observados, resultando em quatro metodologias distintas.

A correlação de dados foi obtida a partir da verificação do coeficiente de correlação de Pearson. Foram confeccionados gráficos dos dados que apresentaram maiores correlações e apresentados os respectivos coeficientes de determinação.

RESULTADOS

A análise da cor das amostras de solo da microbacia do córrego Lavapés apresentou 14 diferentes tonalidades da Tabela de Munsell. É possível observar na Tabela 3 os dados obtidos para cada amostra realizada. Percebe-se que existe predominância de solos do tipo bruno. A matiz predominante é a 10YR, com dezesseis amostras apresentando essa característica. O teor de carbono no solo variou entre 0,03% e 3,94%.

Os teores de carbono nos solos podem ser considerados entre médios e baixos, estabelecendo uma comparação com estudo de Botelho *et al* (2006), que usou um limite de 3,8%, de matéria orgânica, para considerar os solos estudados no Estado do Rio Grande do Sul com alto teor de matéria orgânica.

Tabela 3: Resultados de cor e teor de carbono das amostras de solo do córrego Lavapés.

Amostra	Cor (tabela Munsen)	Matiz	Valor/Croma	% Carbono
1	Bruno -amarelado-claro	2.5Y	(6/4)	0,98
2	Bruno	10YR	(4/3)	3,94
3	Bruno-claro-acinzentado	10YR	(6/3)	0,26
4	Bruno-amarelado-claro	2.5Y	(6/4)	0,53
5	Bruno-amarelado-claro	2.5Y	(6/3)	0,76
6	Bruno-amarelado-claro	10YR	(6/4)	1,80
7	Bruno	7.5YR	(4/2)	2,83
8	Bruno	10YR	(5/3)	1,67
9	Bruno	10YR	(5/3)	2,44
10	Bruno-amarelado	10YR	(5/4)	1,33
11	Bruno-forte	7.5YR	(5/6)	0,82
12	Vermelho-amarelado	5YR	(5/6)	0,83
13	Amarelo-avermelhado	7.5YR	(6/6)	0,27
14	Bruno-amarelado	10YR	(5/4)	1,99
15	Bruno	7.5YR	(4/3)	3,32
16	Bruno-amarelado-escuro	10YR	(4/4)	1,83
17	Bruno-forte	7.5YR	(4/6)	0,67
18	Bruno	10YR	(4/3)	2,42
19	Bruno-oliváceo	2.5Y	(4/3)	3,34
20	Bruno-oliváceo	2.5Y	(4/4)	1,99
21	Bruno-amarelado	10YR	(5/4)	0,82
22	Amarelo-avermelhado	7.5YR	(6/6)	0,09
23	Bruno-avermelhado-claro	5YR	(6/3)	0,31
24	Bruno-amarelado	10YR	(5/4)	1,85
25	Bruno-oliváceo-claro	2.5Y	(5/4)	1,28
26	Bruno	7.5YR	(4/3)	2,76
27	Bruno	7.5YR	(5/4)	1,43
28	Vermelho-amarelado	5YR	(5/6)	0,29
29	Bruno-claro	7.5YR	(6/4)	0,03
30	Bruno-acinzentado-escuro	10YR	(4/2)	3,09
31	Bruno	7.5YR	(4/4)	1,04
32	Vermelho-amarelado	5YR	(5/6)	0,25
33	Bruno-acinzentado-muito-escuro	10YR	(3/2)	3,46
34	Bruno	7.5YR	(4/3)	2,96
35	Vermelho-amarelado	5YR	(5/6)	0,18
36	Bruno	10YR	(5/3)	1,53
37	Bruno	10YR	(5/3)	1,68
38	Bruno	10YR	(5/3)	2,00
39	Bruno-forte	7.5YR	(5/6)	0,23
40	Vermelho-amarelado	5YR	(5/6)	1,04

A partir de cada metodologia utilizada foi possível estabelecer os coeficientes de correlação de Pearson para os métodos de atribuição de dados quantitativos para a cor e os teores de carbono no solo. Os coeficientes obtidos podem ser observados na tabela 4.

Tabela 4: Coeficientes de correlação de Pearson obtidos.

	Método 1	Método 2	Método 3	Método 4	Método 5	Método 6
% Carbono	-0,342	-0,480	0,783	0,788	0,801	0,784
Método 1: IAV segundo Campos <i>et al</i> (2003)			Método 4: Botelho <i>et al</i> (2006) e Niero (2009)			
Método 2: IAV segundo Botelho <i>et al</i> (2006)			Método 5: Canellas <i>et al</i> (2000) e presente trabalho			
Método 3: Canellas <i>et al</i> (2000) e Niero (2009)			Método 6: Botelho <i>et al</i> (2006) e presente trabalho			

A correlação entre os índices de avermelhamento e os teores de carbono no solo apresentou-se de fraca a moderada. Esse fato pode ser explicado pela baixa influência da matéria orgânica na pigmentação de solos avermelhados apresentada por Botelho *et al* (2006). Entretanto a correlação dos teores de carbono com os outros métodos apresentou-se forte, com destaque para o método 5.

A verificação do coeficiente de determinação (R^2) dos quatro métodos com melhores resultados podem ser observados nas figuras 1 e 2.

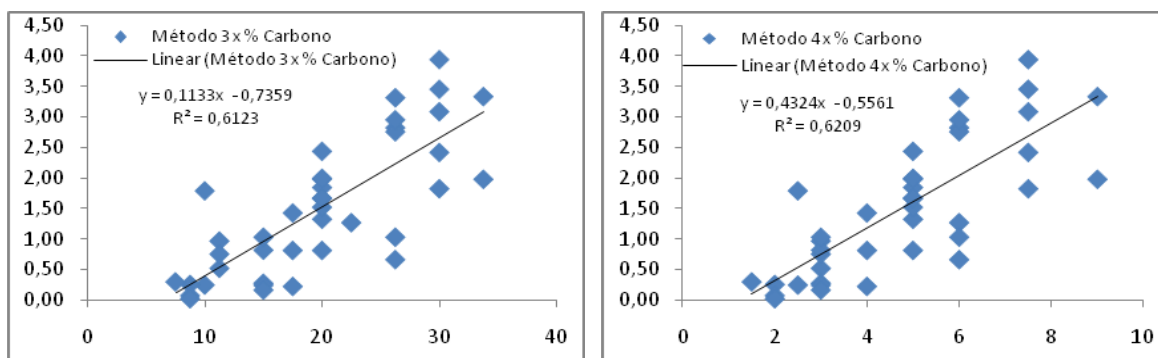


Figura 2: Regressão linear do método 3 e método 4 em relação ao teor de carbono.

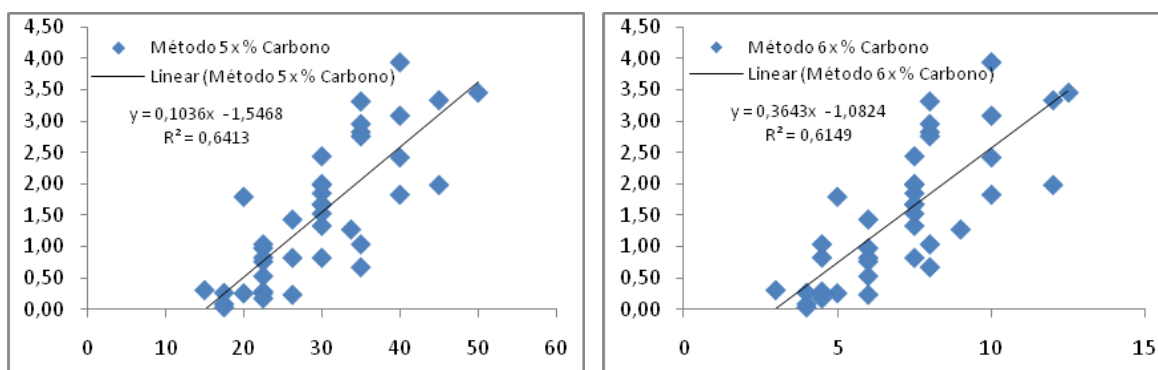


Figura 3: Regressão linear do método 5 e método 6 em relação ao teor de carbono.

É possível observar grande semelhança entre os métodos, com destaque para o método 5 que apresentou 64,13% da variação do eixo y (teor de carbono) explicada pela regressão linear obtida a partir dos dados de cor do solo.

Conforme verificado em estudo de Canellas *et al* (2000), elaborado em Seropédica-RJ, a correlação do carbono orgânico total é mais acentuada com a variável “valor”, sendo mínima com a variável “matiz”. Por conta do apresentado a utilização de pesos específicos para cada “valor” apresentou resultados mais satisfatórios do que a utilização de pesos semelhantes. Apesar disso, os métodos 3 e 4 apresentaram correlações significativas.

A correlação apresentada se mostra bastante útil em estudos realizados com baixa quantidade de recursos e como uma avaliação preliminar do teor de carbono dos solos, não devendo ser utilizada em situações em que uma avaliação mais exata seja necessária.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo se apresenta como uma iniciativa de estudo da relação entre cor e teor de carbono em ambientes urbanos.

É possível afirmar que existe correlação entre a cor e o teor de carbono do solo na área urbanizada do córrego Lavapés em Sorocaba/SP.

O método de quantificação dos dados de cor do solo que melhor se ajustou aos dados de teor de carbono no solo foi o proposto por Canellas *et al.* (2001) com a utilização de pesos gradual proposta pelo presente trabalho. Entretanto os métodos derivados de Canellas *et al.* (2001) e Botelho *et al.* (2006) com utilização de pesos proposta por Niero (2009) também apresentaram correlações altas com o teor de Carbono.

A utilização das correlações da cor com carbono, e outras variáveis do solo urbano pode resultar em funções de pedotransferência que auxiliariam na avaliação de solos da microbacia do córrego Lavapés, assim com ode outros ambientes predominantemente urbanos.

A correlação aqui apresentada é válida para a utilização na microbacia do córrego Lavapés – Sorocaba/SP, e em suas respectivas condições naturais. Sugere-se a repetição do estudo em outras áreas urbanas para verificação da metodologia e estabelecer um padrão de estimativa do teor de carbono do solo a partir da verificação de cor com a tabela de Munsell.

AGRADECIMENTOS

À FAPESP (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo), pela concessão das bolsas de mestrado relativas aos processos nº 2009/02182-3, nº 2009/02534-7 e nº 2009/11726-7 aos autores.

Ao Laboratório de Ecologia Isotópica do Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA – USP) – Piracicaba/SP, pelo auxílio com a quantificação do teor de carbono das amostras do presente estudo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BOTELHO, M.R.; DALMOLIN, R.S.D.; PEDRON, F.A.; AZEVEDO, A.C.; RODRIGUES, R.B.; MIGUEL, P. Medida de cor em solos do Rio Grande do Sul com a carta de Munsell e por colorimetria. **Ciência rural**, Santa Maria, v.36, n.4, 2006.
2. CAMPOS, R.C.; DEMATTÊ, J.A.M.; QUARTAROLI, C.F. Determinação indireta do teor de hematita no solo a partir de dados de colorimetria e radiometria. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v. 38, n.4, 2003.
3. CAMPOS, R.C.; DEMATTÊ, J.A.M. Cor do solo: uma abordagem da forma convencional de obtenção em oposição à automatização do método para fins de classificação de solos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 28, p. 853-863, 2004.
4. CANELLAS, L.P.; BERNER, P.G.; SILVA, S.G.; SILVA, M.B.; SANTOS, G.A. Frações da matéria orgânica em seis solos de uma topossequência no Estado do Rio de Janeiro. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v.35, n.1, 2000.
5. CHING, L.A.; COUTO, E.G.; NOVAES FILHO, J.P.; RODRIGUES, L.C.M.; JOHNSON, M.S.; WEBER, O.L.S. Distribuição espacial da granulometria, cor e carbono orgânico do solo ao longo de um transecto em microbacias na Amazônia meridional. **Acta Amazonica**, v. 38, n. 4, p. 715-722, 2008.
6. EFFLAND, W. R.; POUYAT, R. V. The genesis, classification, and mapping of soils in urban areas, **Urban Ecosystems**, 1, 217-228, 1997.
7. ESCADAFAL, R.; GIRARD, M.C.; COURAULT, D. Munsell soil color and soil reflectance in the visible spectral bands of Landsat MSS and TM data. **Remote Sensing of Environment**, v. 27, p. 37-46, 1989.

8. FERNANDEZ, R. N.; SCHULZE, D. G. Munsell colors of soils simulated by mixtures of goethite and hematite with kaolinite. **Zeitschrift fur Pflanzenernähr Bodenk**, v. 155, p. 473-478, 1992.
9. MORGAN, C.L.S.; WAISER, T.H.; BROWN, D.J.; HALLMARK, C.T. Simulated in situ characterization of soil organic and inorganic carbon with visible near-infrared diffuse reflectance spectroscopy. **Geoderma**, v. 151, p. 249-256, 2009.
10. MURTI, G.S.R.K.; SATYANARAYANA, K.V.S. Influence of chemical characteristics in the development of soil colour. **Geoderma**, v. 5, p. 243-248, 1971.
11. NIERO, L.A.C. **Avaliações visuais do solo como índice de qualidade de um latossolo vermelho em oito usos e manejos e sua validação por análises físicas e químicas**. Campinas, 2009, 128p. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical e Subtropical). Instituto Agrônômico, 2009.
12. PEDRON, F. A.; DALMOLIN, R. S. D.; AZEVEDO, A. C.; KAMINSKI, J. Solos Urbanos. **Ciência Rural**, n. 34, p.1647-1653, 2004.
13. ROSSEL, R.A.V.; FOUAD, Y.; WALTER, C. Using a digital camera to measure soil organic carbon and iron contents. **Biosystems engineering**, v. 100, p. 149-159, 2008.
14. STAVI, I.; RATTAN, L. Variability of soil physical quality and erodibility in a water-eroded cropland. **Catena**, v. 84, p. 148-155, 2011.
15. TORRENT, J.; BARRÓN, V. **Laboratory measurement of soil color: theory and practice**. In: BIRGHAM, J.M.; CIOLKOSZ, C.L., editors. Soil color. SSSA Special publication n. 31. Madison, WI: Soil Science Society of America, p. 21-33, 1993.
16. URBAN, R.C.; MANFRÉ, L.A.; SILVA, A. M. Análise geomorfológica de microbacias com ocupação predominantemente urbana: Estudo de caso em Sorocaba/SP. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ORGANIZAÇÃO DO ESPAÇO, I., 2010, Rio Claro. **Anais...** . Rio Claro: Ageteo, p. 4466 – 4475, 2010.
17. URBAN, R.C. **Fragilidade ambiental, qualidades do solo, da água e ocupação urbana na microbacia do córrego Lavapés - Sorocaba/SP**. 2011. 140 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental, curso intercampi), UNESP, Sorocaba, 2011.