

Caracterização edáfica de um ecótono savânico-florestal no sudeste brasileiro¹

Marcelo H. Ongaro Pinheiro^{2,6}, Sayonara A. do Couto Moreno Arantes³,
Jairo R. Jimenez-Rueda⁴ & Reinaldo Monteiro⁵

¹ Parte da dissertação de mestrado do primeiro autor

² Universidade Federal de Uberlândia (UFU), Faculdade de Ciências Integradas do Pontal,
Av. José João Dib 2545, Bairro Progresso, 38300-192 Ituiutaba, MG, Brasil

³ Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT),
Av. Alexandre Ferronato 1200, Setor Industrial, 78550-000 Sinop, MT, Brasil

⁴ Universidade Estadual Paulista (UNESP), Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Departamento de Petrologia e Mineralogia. Av. 24-A 1515,
Bela Vista, 13506-900 Rio Claro, SP, Brasil

⁵ Universidade Estadual Paulista (UNESP), Instituto de Biociências, Departamento de Botânica, Av. 24-A 1515, Bela Vista, 13506-900 Rio Claro, SP, Brasil

⁶ Autor para correspondência: mhop@pontal.ufu.br

Recebido em 04.V.2009. Aceito em 06.X.2009

RESUMO – A escassez de estudos envolvendo descrições de horizontes edáficos na transição entre formações savânicas e florestais motivou este trabalho, cujos objetivos foram comparar atributos químicos e físicos de solos savânico e florestal em um ecótono, considerando possíveis influências edáficas sobre a vegetação. Trincheiras abertas com profundidade de 2m, em diferentes pontos na floresta estacional semidecidual e savana florestada, em área pertencente ao Jardim Botânico de Bauru, estado de São Paulo, foram usadas para coleta de amostras de solo, diretamente nos diferentes horizontes. Os resultados das análises físico-químicas indicaram elevados teores para diferentes nutrientes, e.g., Ca e Mg, e baixos teores de Al em horizontes superficiais na floresta estacional, que foram classificados como eutróficos. Na savana florestada, ao contrário, todos os horizontes foram considerados distróficos. Essas diferenças edáficas tiveram origem, possivelmente, de microambientes distintos, existentes nas fitocenoses estudadas.

Palavras-chave: decomposição, matéria orgânica, lençol freático, fogo.

ABSTRACT – **Edaphic characterization of a forest savanna ecotone in southeastern Brazil.** This study was motivated by the scarcity of studies involving descriptions of edaphic horizons in the transition from savanna to forest. It aims at comparing the chemical features and the texture of savanna and forest soils in one ecotone, and at considering possible edaphic influences on vegetation. In areas pertaining to the Botanical Garden of Bauru, State of São Paulo, two-meter deep pits were opened in different parts of a seasonal semi-deciduous forest and of a forested savanna to directly collect soil samples in different horizons. The physicochemical analysis revealed high contents of different nutrients, e.g., Ca and Mg, and low contents of Al in the superficial horizons of the seasonal forest, which were classified as eutrophic. Conversely, all the forested savanna horizons were considered as dystrophic. These edaphic features may be due to the different microenvironments of the studied phytocenoses.

Key-words: decomposition, organic matter, ground water, fire.

INTRODUÇÃO

O conhecimento sobre a influência edáfica em estudos sin ecológicos e auto-ecológicos baseia-se, normalmente, nas características de horizontes edáficos superficiais, havendo desconhecimento

sobre as camadas mais profundas (Hammer, 1998), alcançadas pelo sistema radicular, especialmente das espécies arbóreas do cerrado (Coutinho, 2002).

O solo savânico é geralmente caracterizado pela baixa capacidade de troca catiônica e bases trocáveis, que sofrem influência direta das partículas de argila e matéria orgânica (Solbrig, 1996; Motta *et al.*,

IHERINGIA, Sér. Bot., Porto Alegre, v. 64, n. 2, p. 15-24, jul./dez. 2009

2002), produzida pela decomposição da serapilheira, apresentando capacidade de retenção de umidade no solo (Fernandes, 2000). Os baixos valores para saturação de bases, encontrados em solos savânicos, decorrem da constante lixiviação e intemperismo, aos quais estão sujeitos (Motta *et al.*, 2002). Nesses solos, os baixos valores para fósforo e soma de bases encontrados nos horizontes superficiais, tendem a decrescer com o aumento de profundidade (Eiten, 1972). A floresta estacional semidecidual, por sua vez, tem solo descrito como menos profundo, com valores mais elevados para fósforo e soma de bases, havendo ainda concentrações menores de alumínio, quando comparado com o solo das formações savânicas (Eiten, 1972).

Alguns trabalhos tentaram analisar os fatores abióticos envolvidos na definição dos limites e distribuição dessas duas formações vegetais. A conclusão que muitos chegaram foi que o solo, através de suas características físico-químicas e, muitas vezes, da própria topografia do terreno, exercem influência preponderante na distribuição das duas formações (Eiten, 1972; Eiten, 1977; Cole, 1992; Ratter, 1992; Botrel *et al.*, 2002; Oliveira-Filho & Ratter, 2002).

O objetivo deste trabalho foi caracterizar o solo em um ecótono entre remanescentes de floresta estacional semidecidual e savana florestada, através da análise dos diferentes horizontes edáficos, e oferecer informações que possam contribuir para uma maior compreensão de mecanismos atuantes na manutenção dos limites dessas fitocenoses.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

O trabalho foi desenvolvido no Jardim Botânico Municipal de Bauru (JBMB), município de Bauru, estado de São Paulo (22° 20' S e 49° 00' W). A região situada na Província Geomorfológica do Planalto Ocidental (Eiten, 1970), possui clima, segundo o sistema de classificação de Köppen, definido como mesotérmico, de inverno seco e verão chuvoso (Pinheiro *et al.*, 2002). A geologia caracteriza-se por apresentar rochas do grupo Bauru, ou arenito Bauru, do Cretáceo superior, composto por siltito, argilito e conglomerados, com ou sem cimento calcário (Rotta, 1972). O relevo do Planalto Ocidental é suavemente ondulado, com predomínio de colinas amplas e baixas, com topos aplanados (Ross & Moroz, 1997).

Tendo como base o trabalho de Ranzani (1971), os solos da região de Bauru, e da área de estudo, podem ser classificados como latossolo vermelho escuro,

com pH, fertilidade e capacidade de armazenamento baixos. Além disso, possuem concentrações elevadas de Fe_2O_3 , sendo profundos e arenosos.

O JBMB possui 321,71 ha, e abriga savana florestada, floresta estacional semidecidual, denominações definidas por Veloso (1992), e um pequeno fragmento preservado de floresta de brejo, ou floresta latifoliada higrófila. Essas formações ocupam, respectivamente, 277 ha, 12 ha e 1 ha. Na maior parte da área do jardim botânico, ao longo do córrego Vargem Limpa, a floresta latifoliada higrófila, apresentou evidentes sinais de interferência antrópica, inclusive nas proximidades da área de estudo. Informações sobre a composição e a estrutura da floresta estacional semidecidual e da savana florestada podem ser encontradas em Pinheiro *et al.* (2002), Pinheiro & Monteiro (2008) e Pinheiro & Monteiro (2009).

Procedimento de campo

Na área de estudo foram abertas e analisadas duas trincheiras na floresta estacional, duas na savana florestada e uma junto da borda da floresta estacional, distante do córrego cerca de 30,0 m. Todas com 2,25 m² (1,5 m x 1,5 m) de abertura e 2,0 m de profundidade. Para a localização dessas trincheiras (Fig. 1) foi utilizada a observação direta da vegetação, bem como de análise estereoscópica de fotografias aéreas de 1979, escala 1:35.000.

As trincheiras savânicas, T₁ e T₃, foram abertas, respectivamente, a 565 m e 540 m de altitude; sendo a T₃ situada junto da transição com a floresta estacional. Ambas as trincheiras localizadas no interior da floresta estacional (T₂ e T₄) foram posicionadas a cerca de 520 m de altitude e T₅ aberta na borda da floresta estacional a 510 m de altitude. Na região onde foi aberta a T₅, foram encontrados evidentes sinais de interferência antrópica, consequência de desmatamentos pretéritos e incêndios frequentes da floresta latifoliada higrófila. O local, destituído de parte da vegetação original, apresentou menor densidade de árvores e composição florística influenciada por espécies invasoras. Uma sexta trincheira (T₆) apresentou acúmulo de água no seu interior, comprometendo sua utilização neste estudo.

Em geral, os métodos empregados seguiram os padrões para análises químicas encontrados em Raij *et al.* (1987), e foram interpretadas segundo Raij (1991). A análise granulométrica seguiu métodos estabelecidos pela Embrapa (1997). As classes de textura e a classificação dos solos encontrados nas diferentes trincheiras foram definidas segundo Embrapa (2006). A análise morfológica dos

diferentes perfis de solos foi realizada conforme foi descrita por Lemos & Santos (1996).

Os horizontes das diferentes trincheiras foram classificados como distróficos ou eutróficos. Para isso foi usada a relação entre $H^+ + Al^{3+}$ e soma de bases (S), que definem a capacidade de troca catiônica (T), a partir de seu somatório. Assim, um solo é definido como distrófico, quando pelo menos 50% do valor de T tiver a contribuição de $H^+ + Al^{3+}$. Por outro lado, será classificado como eutrófico se ao menos 50% do valor de T tiver a contribuição de S (Resende *et al.*, 1988).

RESULTADOS

A savana florestada apresentou-se distribuída por cotas topográficas maiores, enquanto a floresta estacional semidecidual ocupou cotas intermediárias entre a formação savânica e o trecho de floresta latifoliada higrófila, localizada no fundo do vale (Fig. 1).

A trincheira T_1 apresentou latossolo vermelho distrófico, A proeminente e húmico, com predomínio da classe textural franco arenosa, paleoargilúvico. Similarmente, a classificação do solo da trincheira T_3 foi definida como latossolo vermelho distrófico, com A proeminente e húmico, sendo a textura definida como média. T_2 teve o solo classificado como neossolo flúvico, Tb distrófico, com horizonte A proeminente, apresentando nos horizontes superficiais seqüências aluvionares recentes e pouco desenvolvidas ou pouco diferenciadas, sendo a textura definida como média/arenosa/média. A trincheira T_4 apresentou gleissolo melânico distrófico, com textura arenosa.

Na trincheira T_4 notou-se movimentos de abatimento e/ou soerguimento do solo. O solo da T_5 foi definido como cambissolo háplico distrófico, aluminico, com A proeminente, sendo a textura arenosa. Nessa trincheira, observou-se duas seqüências muito recentes de regolização, com amplo aporte de matéria orgânica superficial e intensa humificação recobrindo outra seqüência regolítica (Tab. 1).

Na trincheira T_4 foram encontrados, no interior do horizonte Ab, os sub-horizontes 2AC, com coloração 10YR5/3; 3C2, 5YR5/8; 4Cg3, 5Y6/1; 5Ab, 2,5Y3/0; 6Cg4, 5Y6/1; a coloração de 7AC foi definida como 10YR4/1. Todos esses sub-horizontes apresentaram transições claras e o predomínio da classe textural areia, sendo encontrada areia lavada hialina, com deposição laminar paralela, no sub-horizonte 6Cg4.

A abundância de raízes finas foi predominante nos horizontes superficiais das trincheiras na floresta estacional (T_2 e T_4) e na borda da floresta (T_5). Nas trincheiras savânicas (T_1 e T_3) raízes pequenas ocorreram em menor número, predominando raízes médias. Houve predomínio de areia, em relação à argila e silte, nos diferentes horizontes em praticamente todas as trincheiras, predominando as classes texturais franco arenosa e areia franca (Tab. 2), características de solos derivados de intemperismo do arenito.

Resultados das análises físico-químicas dos dois horizontes superficiais (A e AB) da T_3 (Tab. 3) mostraram que a soma e saturação de bases e pH foram superiores àquelas encontradas nos horizontes A e AB de T_1 , e o teor de Al foi menor no horizonte A da T_3 , quando comparados ao de T_1 .

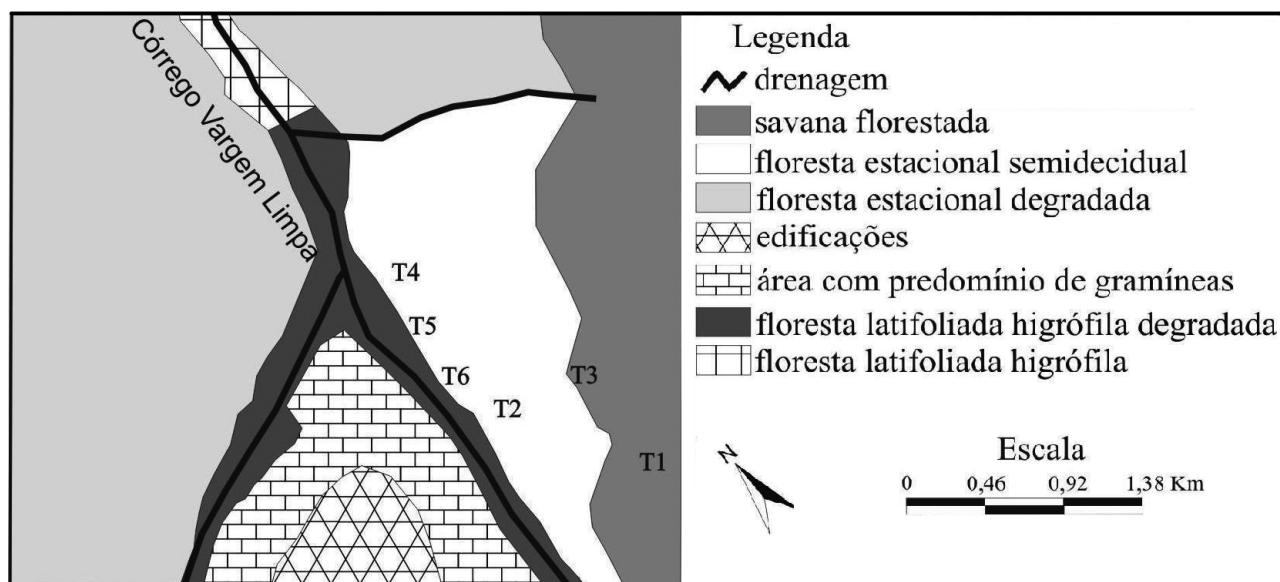


Fig. 1. Fitocenoses e localização das trincheiras na área de estudo. Vista parcial do Jardim Botânico Municipal de Bauru.

TABELA 1 – Morfologia dos perfis das trincheiras, estudadas no presente estudo, localizadas no Jardim Botânico Municipal de Bauru. Ocorrência e caracterização de raízes nos diferentes horizontes (Lemos & Santos, 1996)*.

Trincheiras	Horizontes	Cor	Raízes*
T ₁	A	2,5YR 3/3 2,5YR 4/6	finas e muito finas - difusas; grossas a médias - horizontais
	AB	2,5YR 3/3	finas - difusas; médias - oblíquas; grossas - horizontais
	Bw1	2,5YR 3/4	médias e grossas - horizontais e oblíquas; finas - oblíquas
	Bw2	2,5YR 3/6	finas, médias e grossas - poucas, horizontais e oblíquas
	Bw3	2,5YR 3/6	finas – poucas; médias - poucas
T ₂	A	5YR 2,5/2	finas - abundantes e difusas; médias - poucas; grossas - freqüentes, horizontais e oblíquas
	2C	5YR 4/3	muito finas – abundantes e difusas; médias - freqüentes e horizontais; grossas - poucas, oblíquas e verticais
	3AB	2,5YR 3/3	médias - abundantes, oblíquas e horizontais; grossas - freqüentes, oblíquas e horizontais; finas - poucas e caóticas
	3Bwtb1	2,5YR 4/4	finas - freqüentes, oblíquas e horizontais; médias – poucas e oblíquas; grossas - muito poucas, horizontais e oblíquas
	3Bwtb2	2,5YR 4/8	finas - muito poucas; médias - poucas
T ₃	A	2,5YR 3/3	finas - difusas e freqüentes; médias e grossas - oblíquas
	AB	2,5YR 3/3	finas - poucas; médias oblíquas e freqüentes; grossas - poucas
	Bwt	2,5YR 3/4	finas - poucas e difusas, médias - oblíquas e freqüentes
	Bw1	2,5YR 3/6	médias - poucas e oblíquas
	2Bw2	2,5YR 3/6	médias - poucas e oblíquas
T ₄	O		
	Ab	10YR 2/1	muito finas e finas - abundantes e difusas
	Cg1	7,5YR 7/2	finas e médias - abundantes e oblíquas
	2Cg2	5YR 7/2	finas e médias - abundantes e oblíquas
	Ab	7,5YR 3/2	finas - poucas
T ₅	6Cg	5Y 6/2	ausentes
	Ap	10YR 4/2	muito finas - abundantes e difusas; médias - freqüentes
	AB	10YR 5/3	finas - abundantes e difusas; médias – freqüentes e oblíquas e horizontais; grandes - poucas e horizontais
	Bi	10YR 4,5/3	finas - abundantes e difusas; médias - freqüentes e horizontais
	BCg	10YR 5/4 5Y 5/2	finas e médias - poucas e horizontais
	Cg1	5Y 6/1	médias - poucas
	2Cg2	5Y 6/1	médias - poucas

TABELA 2 – Análise granulométrica das amostras de solo coletadas nos diferentes horizontes das trincheiras da floresta estacional e savana florestada do Jardim Botânico Municipal de Bauru, SP.

Trincheiras	Horizontes	Areia	Silte	Argila	Classes texturais
		g/Kg ¹			
T ₁	A	760	30	210	franco-arenosa
	AB	830	20	150	franco-arenosa
	Bw1	800	10	190	franco-arenosa
	Bw2	810	10	180	franco-arenosa
	Bw3	790	10	200	franco-arenosa
T ₂	A	800	20	180	franco-arenosa
	2C	890	10	100	franco-arenosa
	3AB	780	10	210	franco-argiloarenosa
	3Bwtb1	750	10	240	franco-argiloarenosa
	3Bwtb2	750	10	240	franco-argiloarenosa
T ₃	A	810	30	160	franco-arenosa
	AB	810	10	180	franco-arenosa
T ₄	Ab	860	10	130	franco-arenosa
	Cg1	910	10	80	areia
	Ab	930	10	60	areia
	6Cg	920	10	70	areia
T ₅	Ap	860	10	130	franco-arenosa
	AB	840	20	140	franco-arenosa
	Bi	830	10	160	franco-arenosa
	BCg	820	20	160	franco-arenosa
	Cg1	800	20	180	franco-arenosa
	2Cg2	790	10	200	franco-arenosa

Em quase todos os perfis os valores para os diferentes elementos químicos, em sua forma disponível às plantas foram baixos, especialmente nos horizontes mais profundos. Exceções foram o horizonte superficial (A) das duas trincheiras do interior da floresta estacional (T₂ e T₄) e da T₅, que apresentaram valores considerados altos para alguns nutrientes, como K, Ca e Mg. Da mesma maneira, os valores para soma e saturação de bases foram maiores nos horizontes superficiais das trincheiras da floresta (T₂ e T₄) e da T₅ (Tab. 3). Apenas os horizontes superficiais das trincheiras T₂ e T₄ e da trincheira T₅ foram definidos como eutróficos. Os demais horizontes destas trincheiras e todos os horizontes das trincheiras savânicas (T₁ e T₃) foram considerados distróficos. A passagem das camadas eutróficas para as distróficas, com aumento de

profundidade do solo, ocorreu poucos centímetros abaixo da superfície, a 50 cm em T₄, e 15 cm em T₂ e T₅.

Os teores de Al foram altos e o pH foi baixo em quase todos os horizontes das diferentes trincheiras, exceto nos horizontes superficiais de T₂, T₄ e T₅. Nos demais horizontes, em todas as trincheiras, o Al apresentou variações, sendo que na T₄ foram encontrados os menores valores. Os teores de P e matéria orgânica entre o solo da floresta estacional e savana florestada estiveram muito próximos.

DISCUSSÃO

De maneira geral, os resultados das análises químicas indicaram diferenças apenas entre os

horizontes da superfície das trincheiras florestais (T_2 e T_4) e da borda da floresta (T_5), quando comparadas com as da savana florestada (T_1 e T_3). Nos demais horizontes, foram encontrados valores similares entre as trincheiras florestais e da savana florestada. Em relação ao decréscimo de nutrientes com o aumento da profundidade do solo, deve ser salientado que é um fenômeno freqüente em solos de muitas fitocenoses (Sarmiento, 1984), e mesmo nos savânicos, como foi observado por Goodland & Pollard (1973). Em todas as trincheiras

estudadas, a soma de bases trocáveis e a capacidade de troca catiônica diminuíram com o aumento da profundidade, possivelmente devido à redução de matéria orgânica. Além disso, a menor quantidade de nutrientes em profundidades maiores, em relação a horizontes edáficos superficiais, pode estar relacionada à retirada de nutrientes em camadas inferiores pelas raízes mais profundas de espécies arbustivo-arbóreas, e ao lento retorno de bases aos horizontes superficiais pela mineralização da serapilheira produzida (Eiten, 1972).

TABELA 3 – Análises químicas das amostras de solo coletadas nos diferentes horizontes das trincheiras da floresta estacional e savana florestada do Jardim Botânico Municipal de Bauru. M.O. – matéria orgânica; S – soma de bases; T – capacidade de troca catiônica; V – saturação por bases.

Trincheiras	Horizontes	P	M.O.	pH	K	Ca	Mg	H + Al	Al	S	T	V
		Resina mg/dm ³	g/dm ³	CaCl ₂	m mol/dm ³							%
T_1	A	2	37	3,4	1,6	5	3	68	9,6	9,6	77,6	12,4
	AB	1	10	3,4	0,4	1	1	40	10,6	2,4	42,4	5,7
	Bw1	1	10	3,5	0,3	1	1	29	9,8	2,3	31,3	7,3
	Bw2	1	5	3,7	0,1	1	1	28	8,4	2,0	30,0	6,7
	Bw3	1	5	3,6	0,1	1	1	28	8,7	2,0	30,0	6,7
T_2	A	2	35	4,8	3,7	22	10	25	1,5	36,0	61,0	60,0
	2C	1	11	3,9	1,4	3	4	29	3,3	8,4	37,4	22,4
	3AB	1	8	3,4	1,3	2	3	36	8,4	6,3	42,3	15,0
	3Bwtb1	1	5	3,5	0,8	2	3	31	8,9	6,0	37,0	16,2
	3Bwtb2	1	3	3,5	1,1	1	1	42	13,3	3,0	45,0	6,7
T_3	A	2	40	4,1	1,8	6	4	45	4,3	12,0	57,0	21,0
	AB	1	5	3,5	0,6	1	1	38	11,6	2,6	40,6	6,4
T_4	Ab	9	43	5,5	2,6	49	9	16	0,5	60,6	76,6	79,1
	Cg1	1	14	3,8	0,8	11	3	28	2,6	15,0	43,0	35,0
	Ab	1	2	3,5	0,5	1	1	24	6,5	2,5	26,5	9,4
	6Cg	1	2	3,5	0,2	2	1	14	5,0	2,2	16,2	13,6
T_5	Ap	6	25	5,1	3,4	26	7	19	0,5	36,4	55,4	65,7
	AB	1	16	3,7	0,6	6	2	40	7,9	8,6	48,6	17,7
	Bi	1	6	3,4	0,5	1	1	40	10,2	2,55	42,5	5,9
	BCg	1	6	3,5	0,5	2	1	40	12,5	3,5	43,5	8,0
	Cg1	1	3	3,5	0,5	1	1	33	10,4	2,5	35,5	7,0
	2Cg2	5	1	3,6	0,7	1	1	29	9,4	3,0	32,0	9,4

A ocorrência de maior número de raízes finas, responsáveis pela maior absorção vegetal de nutrientes (Barnes *et al.*, 1998), na superfície do solo das duas trincheiras florestais e da trincheira na borda da floresta, pode ser explicada como resultado do estímulo exercido pelos elevados valores para soma de bases, presentes no solo florestal (Jackson

et al., 2007), e menores concentrações de Al, elemento tóxico para as raízes de muitos vegetais quando em concentrações mais elevadas (Motta *et al.*, 2002). Nos horizontes mais profundos, com o aumento de fatores limitantes da fertilidade do solo, como as baixas concentrações de Ca e P (Gower, 1987) e aumento do Al (Ruggiero *et al.*,

2002), há um crescente declínio no número de raízes, especialmente das mais finas em ambas as fitocenoses, resultado similar ao encontrado por Martins (1991), em estudo realizado em uma floresta estacional semidecidual, em Santa Rita do Passa Quatro, estado de São Paulo.

As menores concentrações de Al nos horizontes superficiais dos solos florestais, ao contrário do que normalmente ocorre em solo savânico, não devem ter impedido, portanto, o desenvolvimento inicial do sistema radicular de espécies sensíveis a esse elemento, a partir da inibição do alongamento de raízes principais e laterais (Schulze *et al.*, 2005). Não obstante, Haridasan (1992) afirmou que a toxidez do Al não deve representar um fator limitante para o desenvolvimento de espécies arbóreas florestais, mencionando que muitas dessas espécies comportam-se como tolerantes ou acumuladoras de Al. Todavia, as espécies não tolerantes ao Al apresentarão limitações no desenvolvimento do sistema radicular. A ocorrência simultânea de espécies, em ambas as fitocenoses, como *Siparuna guianensis* Aubl., *Copaifera langsdorffii* Desf., *Casearia sylvestris* Sw. e *Ocotea pulchella* (Nees) Mez (Pinheiro & Monteiro, 2008), pode ter decorrido de uma maior resistência à ação aluminotóxica. Essas espécies foram definidas como generalistas por Pinheiro & Monteiro (2006).

Na área da trincheira T₅, embora tenham sido encontrados sinais evidentes de perturbação antrópica, havendo menor densidade de árvores devido a repetidos incêndios, o acúmulo de matéria orgânica foi considerado médio. E quanto à disponibilidade de nutrientes, foram encontradas, no horizonte superficial dessa trincheira, condições de razoável fertilidade. A explicação para esse fenômeno seria a contribuição da freqüente ação do fogo no enriquecimento do solo através da deposição de cinzas, um eficiente mecanismo de liberação de nutrientes, diminuição da acidez e toxidez do alumínio edáfico (Coutinho, 1990; Ivanauskas *et al.*, 2003).

Atualmente, embora a incidência de incêndios tenha declinado na região de borda, junto da floresta latifoliada higrófila, é possível que o restabelecimento da vegetação arbustivo-arbórea ocorra de maneira lenta. E, igualmente lentos serão, provavelmente, o acúmulo de serapilheira e sua decomposição, devida à baixa densidade de indivíduos lenhosos e menor umidade local por influência da insolação, um fenômeno descrito por Ivanauskas *et al.* (2003). É compreensível, por conseguinte, que a ação da

densa cobertura vegetal florestal possa atuar como um agente moderador para altas temperaturas e baixa umidade da serapilheira, oferecendo condições propícias para a decomposição (Barnes *et al.*, 1998), através da ação de organismos decompositores (Saunders *et al.*, 1991; Barnes *et al.*, 1998) e à integridade do equilíbrio biótico-mineral do solo (Rizzini, 1997).

Por outro lado, nas fisionomias savânicas, caracterizadas por vegetação lenhosa esparsa, as temperaturas serão mais elevadas, passando a ocorrer menor umidade junto à serapilheira, o que determina taxas de decomposição menores, que as encontradas em formações florestais (Valenti *et al.*, 2008). Essa condição é propiciada pela incidência direta de radiação solar (Grubb, 1995), especialmente nos períodos de seca, culminando no declínio da atividade de micro e macrorganismos edáficos (Lavelle *et al.*, 1993). A consequência desse fenômeno seria uma menor mineralização da matéria orgânica e menor disponibilidade de nutrientes no solo, sendo necessária a queima da serapilheira acumulada para o enriquecimento do solo através dos nutrientes presentes nas cinzas (Miranda *et al.*, 2002).

Os maiores valores para V(%), encontrados nas amostras dos horizontes superficiais das trincheiras da floresta estacional semidecidual e da borda da floresta estacional, ao contrário do que foi observado nas amostras da savana florestada, provavelmente estão relacionados a maiores taxas de decomposição, favorecidas pelo microclima florestal (Eiten, 1972).

Os resultados das análises químicas indicaram pequena disponibilidade de nutrientes importantes, como Ca e Mg, e o acúmulo do Al, por consequência da acidez encontrada na maioria dos horizontes das diferentes trincheiras, com exceção dos horizontes superficiais das trincheiras da floresta estacional e da trincheira próxima ao córrego. Solos com essas características limitam o estabelecimento de muitas espécies que sofrem a ação tóxica do Al (Lathwell & Grove, 1986), influenciando a variação florística na transição entre fitocenoses savânicas e florestais.

Os valores próximos para matéria orgânica e P, entre os solos da floresta estacional e savana florestada, juntamente com as maiores concentrações para K, Ca e Mg, e maiores valores de pH, especialmente nas camadas superficiais do solo da floresta estacional, vêm de encontro a resultados do trabalho de Lopes & Cox (1977). Não obstante, as maiores concentrações de Al e maior acidez dos horizontes superficiais da savana florestada, também

corroboram o estudo desses autores, que encontrou uma redução da porcentagem da saturação de Al da camada superficial do solo, das formações savânicas mais abertas, em direção ao solo das florestas estacionais, havendo, por outro lado, aumento dos elementos Ca e Mg (Lopes & Cox, 1977). Resultados similares foram encontrados por Ratter (1992) e Ruggiero *et al.* (2002), provável consequência da menor mineralização de matéria orgânica e maior concentração de $H^+ + Al^{3+}$ no solo das formações savânicas estudadas por esses autores.

A existência de pouca diferença nos resultados granulométricos entre floresta estacional e savana florestada foi um resultado que também coincidiu com os de Lopes & Cox (1977), que não encontraram diferenças significativas nas médias para argila, havendo valores similares entre as fitocenoses estudadas. Para Ruggiero *et al.* (2002), entretanto, a ocorrência de floresta estacional semidecidual foi relacionada a altas porcentagens de argila, além de porcentagens elevadas para saturação por bases e baixos valores para Al.

Diferenças encontradas entre os horizontes superficiais das duas trincheiras savânicas (T_1 e T_3), quanto ao pH, soma e saturação por bases, podem ser atribuídas à influência da floresta estacional, localizada mais próxima da trincheira T_3 , na região de transição entre as duas fitocenoses. Possivelmente, a proximidade da floresta estacional exerceu influência sobre as características químicas do solo dessa região da savana florestada, propiciando uma maior eficiência decompositória, por influência do microclima florestal, além da contribuição florestal para o acúmulo de serapilheira. É possível afirmar, portanto, que a formação dos horizontes superficiais eutróficos florestais teve origem de taxas de decomposição da serapilheira, ligeiramente superiores, que as encontradas em solo savânico (Medina, 1993). A elevação dos teores de Ca e a redução da acidez desses horizontes, minimizando a ação tóxica do Al no solo florestal, exerceu importante influência no estabelecimento e desenvolvimento de espécies vegetais basófilas (Eiten, 1972; Rizzini, 1997), contribuindo para a definição e a manutenção dos limites entre as duas formações (Cesar, 1993).

O afloramento do lençol freático na trincheira T_6 no mês de setembro, um período ainda seco, em cotas topográficas menores (508 m), em relação às demais trincheiras, sugeriu um aspecto relevante em relação à transição entre savanas e formações florestais: a influência da profundidade do lençol freático. Na província do cerrado a ocorrência de florestas

estacionais em fundos de vale é comum (Eiten, 1977), estando relacionada à maior disponibilidade hídrica, devida à menor profundidade do lençol freático. A vegetação de cerrado, por sua vez, ocupa solos bem drenados, em áreas mais elevadas do terreno (Eiten, 1972; Oliveira-Filho & Ratter, 2002).

A ocorrência de valores mais elevados de K, Ca, Mg e pH, especialmente nos horizontes superficiais do solo da floresta estacional semidecidual, em relação aos da savana florestada, também pode representar um importante fator de definição da transição entre as duas formações vegetais estudadas. Outro fator que deve ser considerado como agente na definição dos limites do ecótono savânico-florestal, é a capacidade de retenção de água pelo solo, que aumenta com a elevação das porcentagens de argila e silte, bem como da matéria orgânica edáfica.

AGRADECIMENTOS

Aos funcionários do Jardim Botânico de Bauru pela fundamental ajuda nas atividades de campo. Ao Departamento de Botânica da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo apoio logístico e financeiro através da bolsa de mestrado concedida. Os autores agradecem também a Thiago S. de Azevedo, pela elaboração do mapa, e ao Prof. Dr. Rogério A. Faria Machado pelo auxílio com a versão final.

REFERÊNCIAS

- BARNES, B.V.; ZAK, D.R.; DENTON, S.H.; SPURR, S.H. 1998. **Forest Ecology**. New York: John Wiley. 774p.
- BOTREL, R.T.; OLIVEIRA-FILHO, A.T.; RODRIGUES, L.A.; CURI, N. 2002. Influência do solo e topografia sobre as variações da composição florística e estrutura da comunidade arbóreo-arbustiva de uma floresta estacional semidecidual em Ingaí, MG. **Revista Brasileira de Botânica**, v.25, n.2, p.195-213.
- CESAR, O. 1993. Nutrientes minerais da serapilheira produzida na mata mesófila semidecídua da fazenda Barreiro Rico, município de Anhembi, SP. **Revista Brasileira de Biologia**, v.53, n.4, p.659-669.
- COLE, M.M. 1992. Influence of physical factors on the nature and dynamics of forest-savanna boundaries. In: FURLEY, P.A.; RATTER, J.A. (Ed.). **Nature and dynamics of forest-savanna boundaries**. London: Chapman & Hall. p. 417-429.
- COUTINHO, L.M. 1990. Fire in the ecology of the brazilian cerrado. In: GOLDAMMER, J.G. (Ed.). **Fire in the tropical biota**. Berlin: Springer-Verlag. p. 81-105.

- _____. 2002. O bioma cerrado. In: KLEIN, A.L. (Org.). **Eugen Warming e o cerrado brasileiro: um século depois**. São Paulo: Editora UNESP. p. 77-91.
- EITEN, G. 1970. **A vegetação do Estado de São Paulo**. São Paulo: Instituto de Botânica. 147p.
- _____. 1972. The cerrado vegetation of Brazil. **Botanical Review**, v.38, n.2, p.201-341.
- _____. 1977. Delimitação do conceito cerrado. **Arquivos do Jardim Botânico**, v.21, p.125-134.
- EMBRAPA. 1997. **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisas de Solos. 212p.
- _____. 2006. **Sistema Brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa em Solos. 306p.
- FERNANDES, A. 2000. **Fitogeografia brasileira**. Fortaleza: Multigraf. 340p.
- GOODLAND, R.; POLLARD, R. 1973. The Brazilian cerrado vegetation: a fertility gradient. **Journal of Ecology**, v. 61, p. 219-224.
- GOWER, S.T. 1987. Relations between mineral nutrients availability and fine root biomass in two Costa Rica Tropical wet forest: a hypothesis. **Biotropica**, v.19, n.2, p.171-175.
- GRUBB, P.J. 1995. Mineral nutrition and soil fertility in tropical rain forests. In: LUGO, A.E.; LOWE, C. (Ed.). **Tropical forests: management and ecology**. New York: Springer. p. 308-330.
- HAMMER, R.D. 1998. Space and time in the soil landscape: the ill-defined ecological universe. In: PETERSON, D.L.; PARKER, V.T. **Ecological scale: theory and applications**. New York: Columbia University Press. p. 105-140.
- HARIDASAN, M. 1992. Observations on soils, foliar nutrient concentrations and floristic composition of cerrado sensu stricto and cerradão communities in central Brazil. In: FURLEY, P.A.; RATTER, J.A. (Ed.). **Nature and dynamics of forest-savanna boundaries**. London: Chapman & Hall. p. 171-184.
- IVANAUSKAS, N.M.; MONTEIRO, R.; RODRIGUES, R.R. 2003. Alterations following a fire in a forest community of Alto Rio Xingu. **Forest Ecology and Management**, v.184, n.1/3, p.239-250.
- JACKSON, R.B.; POCKMAN, W.T.; HOFFMANN, W.A.; BLEBY, T.M.; ARMAS, C. 2007. Structure and Function of Root Systems. In: PUGNAIRE, F.; VALLADARES, F. (Ed.). **Functional plant ecology**. Boca Raton: CRC Press. p.151-173.
- LATHWELL, D.J.; GROVE, T.L. 1986. Soil-plant relationship in the tropics. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v.17, p. 1-16.
- LAVELLE, P.; BLACHART, E.; MARTIN, A.; MARTIN, S. 1993. A hierarchical model for decomposition in terrestrial ecosystems: application to soil of the humid tropics. **Biotropica**, v.25, n.2, p.130-151.
- LEMONS, R.C.; SANTOS, R.D. 1996. **Manual de descrição e coleta de solos no campo**. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciências do Solo. 84p.
- LOPES, A.S.; COX, F.R. 1977. Cerrado vegetation in Brazil: an edaphic gradient. **Agronomy Journal**, v.69, n.5, p.828-831.
- MARTINS, F.R. 1991. **Estrutura de uma floresta mesófila**. Campinas: Editora da UNICAMP. 246 p.
- MEDINA, E. 1993. Mineral nutrition: tropical savannas. **Progress in Botany**, v. 54, p. 237-253.
- MIRANDA, H. S.; BUSTAMANTE, M.M.; MIRANDA, A.C. 2002. The fire factor. In: OLIVEIRA, P.S.; MARQUIS, R.J. (Ed.). **The cerrado biome: ecology and natural history of a neotropical savanna**. New York: Columbia University Press. p. 51-68.
- MOTTA, P.E.F.; CURI, N.; FRANZMEIER, P. 2002. Relations of soils and geomorphic surfaces in the Brazilian cerrado. In: OLIVEIRA, P.S.; MARQUIS, R.J. (Ed.). **The cerrado biome: ecology and natural history of a neotropical savanna**. New York: Columbia University Press. p. 13-32.
- OLIVEIRA-FILHO, A.T.; RATTER, J.A. 2002. Vegetation physiognomies and woody flora of the cerrado Biome. In: OLIVEIRA, P.S.; MARQUIS, R.J. (Ed.). **The cerrado biome: ecology and natural history of a neotropical savanna**. New York: Columbia University Press. p. 91-120.
- PINHEIRO, M.H.O.; MONTEIRO, R.; CESAR, O. 2002. Levantamento fitossociológico da floresta estacional semidecidual do Jardim Botânico Municipal de Bauru, São Paulo. **Naturalia**, v.27, p.145-164.
- PINHEIRO, M.H.O.; MONTEIRO, R. 2006. Contribution of forest species to the floristic composition of a forested savanna in southeastern Brazil. **Brazilian Archives of Biology And Technology**, v.49, n.5, p. 763-774.
- _____. 2008. Florística de uma floresta estacional semidecidual, localizada em ecótono savânico-florestal, no município de Bauru, SP, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 22, n. 4, p. 1085-1094.
- _____. 2009. Análise estrutural e considerações sobre a dinâmica sucessional de um fragmento florestal semidecidual do Jardim Botânico Municipal de Bauru, SP, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 23, n. 4, p. 968-975.
- RAIJ, B. Van. 1991. **Fertilidade do solo e adubação**. Piracicaba: Ceres. 343p.
- RAIJ, B. Van; QUAGGIO, L.A.; CANTARELLA, H. 1987. **Análise química do solo para fins de fertilidade**. Campinas: Fundação Cargill. 170p.
- RANZANI, G. 1971. Solos do cerrado. In: FERRI, M.G. (Ed.). **Simpósio sobre o cerrado**. São Paulo: Editora Edgard Blücher e Editora da Universidade de São Paulo. p. 37-74.
- RATTER, J.A. 1992. Transitions between cerrado and forest vegetation in Brazil. In: FURLEY, P.A.; RATTER, J.A. (Ed.). **Nature and dynamics of forest-savanna boundaries**. London: Chapman & Hall. p. 417-429.
- RESENDE, M.; CURI, N.; SANTANA, D.P. 1988. **Pedologia e fertilidade do solo: interações e aplicações**. Brasília: Ministério da Educação. 83p. (Série Agronomia).

- RIZZINI, C.T. 1997. **Tratado de fitogeografia do Brasil**: aspectos ecológicos, sociológicos e florísticos. Rio de Janeiro: Âmbito Cultural. 747p.
- ROSS, J.L.S.; MOROZ, I.C. 1997. **Mapa geomorfológico do Estado de São Paulo**. São Paulo: Laboratório de Geomorfologia. v.1. escala 1:500.000.
- ROTTA, C.L. 1972. Noções gerais de geologia. In: MONIZ, A.C. (Coord.). **Elementos de pedologia**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, Editora Polígono. p. 289-303.
- RUGGIERO, P.G.C.; BATALHA, M.A.; PIVELLO, V.R.; MEIRELLES, S.T. 2002. Soil-vegetation relationships in cerrado (Brazilian savanna) and semideciduous Forest, southeastern Brazil. **Plant Ecology**, v.160, n.1, p.1-16.
- SARMIENTO, G. 1984. **The ecology of neotropical savannas**. Cambridge: Harvard University Press. 235p.
- SAUNDERS, D.A.; HOBBS, R.J.; MARGULES, C.R. 1991. Biological consequences of ecosystem fragmentation: a review. **Conservation Biology**, v. 5, n. 1, p. 18-32.
- SCHULZE, E.D.; BECK, E.; MÜLLER-HOHENSTEIN, K. 2005. **Plant ecology**. Heidelberg: Springer. 702p.
- SOLBRIG, O.T. 1996. The diversity of the savanna ecosystem. In: SOLBRIG, O.T.; MEDINA, E.; SILVA, J.F. (Ed.). **Biodiversity and savanna ecosystem processes: a global perspective**. Berlin: Springer. p. 1-27.
- VALENTI, M.W.; CIANCIARUSO, M.V.; BATALHA, M.A. 2008. Seasonality of litterfall and leaf decomposition in a cerrado site. **Brazilian Journal of Biology**, v.68, n. 3, p. 459-465.
- VELOSO, H.P. 1992. Sistema fitogeográfico. In: FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Manual técnico da vegetação brasileira**. Rio de Janeiro. p. 9-38.