
GRANULOMETRIA, QUÍMICA E IDENTIFICAÇÃO DE SOLOS DESENVOLVIDOS NA ILHA CARIOCA, ALTO RIO PARANÁ

GRANULOMETRY, CHEMISTRY AND IDENTIFICATION OF SOILS DEVELOPED IN CARIOCA ISLAND, UPPER PARANÁ RIVER

Rosalba Adriane da Rosa¹
Pedro Rodolfo Siqueira Vendrame²
Jose Paulo Piccinini Pinese³
Rosana Kostecki⁴
Jaqueline Cazado Felix⁵
Luciano Nardini Gomes⁶

RESUMO: A Ilha Carioca está localizada no Município de Porto Rico, PR, em trecho fluvial intensamente influenciado pelo regime de cheias e vazantes das barragens. Este trabalho teve o objetivo de interpretar a gênese, identificar e mapear os solos da Ilha Carioca. Foi realizada prospecção inicial em campo com base em dezessete pontos de coleta. Na sequência foram definidos os pontos de abertura e descrição de seis perfis pedológicos. Foi possível constatar que a instabilidade ambiental resultou nas constantes variações de deposição e remoção de material caracterizando a presença de diferentes atributos derivados dos vários processos pedogenéticos atuantes na formação dos solos. As texturas variaram de arenosa até argilosa e a classe de solo descrita foi NEOSSOLO FLÚVICO, com atributos diferenciados nos terceiros níveis categóricos.

Palavras-chave: Neossolos. Dinâmica fluvial. Erosão marginal.

ABSTRACT: The Carioca Island is located in the Municipality of Porto Rico, PR, in a river stretch intensely influenced by the regime of floods and ebbing of the dams. The objective of this work was to interpret the genesis, identify and map the soils of Carioca Island. An initial field survey was performed based on 17 collection points. In the sequence the opening points and description of 6 pedological profiles were defined. It was possible to verify that the environmental instability resulted in the constant variations of deposition and removal of material characterizing the presence of different attributes derived from the several pedogenetic processes acting in the soil formation. The textures varied from sandy to clayey and the soil class described was NEOSSOLO FLÚVICO (Entisols), with differentiated attributes in the third categorical level.

Key words: Entisols. River dynamics. Bank erosion.

1 Mestre em Geografia pela Universidade Estadual de Londrina/UEL. E-mail: Rosalba.rosa@gmail.com

2 Professor Doutor do Departamento de Geociências da Universidade Estadual de Londrina/UEL. E-mail: vendrame@uel.br;

3 Professor Doutor do Departamento de Geociências da Universidade Estadual de Londrina/UEL. E-mail: pinese@uel.br;

4 Mestranda em Geografia/UEL. E-mail: rosanakostecki@hotmail.com;

5 Doutoranda em Agronomia/UEL. E-mail: jcazfelix@yahoo.com.br;

6 Professor Doutor do Departamento de Geociências da Universidade Estadual de Londrina/UEL. E-mail: lunago@uel.br.

INTRODUÇÃO

A formação natural do solo decorre da interação entre os fatores geográficos e ambientais que condicionam a ação de processos pedogenéticos agindo sobre o material de origem (KÄMPF; CURI, 2012). Conforme Kämpf e Curi (2012), os solos com suas características, espelham a relação da atmosfera, biosfera, hidrosfera, pedosfera e a geosfera que atribui particularidades de acordo com suas distintas localizações geográficas.

Campos et al. (2011) afirmam que existe uma relação cronológica entre os solos e as superfícies geomórficas, já que superfícies geomorficamente mais estabilizadas exibem condições para maior desenvolvimento e estabilidade dos solos, na mesma proporção que superfícies menos estáveis apresentam, normalmente, solos mais heterogêneos e menos desenvolvidos.

Os ambientes de ilhas fluviais e margens de rios são feições geográficas marcadas por condicionantes climatológicos, atmosféricos e eventos extremos, como a vazão. Geralmente as ilhas se formam a partir de processos de acumulação de sedimentos nos trechos de baixa energia do curso d'água, de menor declividade do leito do rio, onde as mudanças fisiográficas estão atreladas as correntes fluviais (vazão), transporte e deposição que ocorrem ao longo do tempo (CHRISTOFOLETTI, 1980).

Assim, os solos formados nestes tipos de ambientes por influência dos sedimentos de natureza aluvionar ou colúvio-aluvionar, são geralmente rasos e pouco evoluídos, formados por sobreposições de camadas recentes. Como é o exemplo de grande parte dos Neossolos Flúvicos que têm sua ocorrência em ambientes específicos como às margens de rios, ambientes alagados de várzeas e córregos (SANTOS et al., 2015).

Neste trabalho foram feitas análises macromorfológicas, granulométricas, químicas e aferição em campo com o objetivo de interpretar a gênese, identificar e mapear os solos da Ilha Carioca, Alto Rio Paraná, divisa entre os estados do Paraná e Mato Grosso do Sul.

MATERIAL E MÉTODOS

A identificação, classificação e o mapeamento dos solos podem ser realizados de acordo com a necessidade de cada estudo e especialidade de cada pesquisador. Neste trabalho optou-se pelo levantamento de reconhecimento de alta intensidade. Este tipo de levantamento permite reconhecer e obter informações em áreas relativamente pequenas, de natureza qualitativa e quantitativa para o desenvolvimento de projetos sociais, ambientais ou agrícolas (IBGE, 2015).

Os trabalhos foram realizados em duas missões de campo ao NUPELIA (Núcleo de Pesquisas em Limnologia e Aquicultura) da Universidade Estadual de Maringá, com base instalada no município de Porto Rico, PR.

A primeira etapa foi realizada para reconhecimento da área e coleta de 17 amostras de solo com prospecção em pontos previamente estabelecidos. Todos os pontos foram georreferenciados e as características do local de coleta como porte da vegetação, erosão aparente, pedregosidade, rochosidade, também foram devidamente anotadas. Foram coletadas amostras de solos da camada 40-60 cm com auxílio de trado holandês. Na sequência as amostras foram secas ao ar e peneiradas em malha de 2 mm, para a obtenção da terra fina seca ao ar (TFSA).

Nessas amostras foram realizadas análises granulométricas para determinar os teores de argila, silte e areia. Em recipientes plásticos contendo 20 g de solo adicionou-se 100 mL de NaOH 1 mol L⁻¹, agitando-se por 16 horas a 300 rpm. O conteúdo do recipiente foi transferido para uma proveta de 1 L. A concentração na suspensão das frações de argila, silte e areia foram determinadas por gravimetria após o tempo de sedimentação calculado pela Lei de Stokes.

Para a caracterização química do solo utilizou-se as metodologias descritas em Pavan et al. (1992); foram determinados os teores de carbono orgânico (C) (Walkley & Black), potássio (K^+), cálcio (Ca^{2+}), magnésio (Mg^{2+}), alumínio (Al^{3+}), pH $CaCl_2$ e acidez potencial ($H^+ + Al^{3+}$). A partir do valor obtido para o conteúdo de C orgânico foi possível calcular o teor de matéria orgânica do solo (MOS), utilizando a seguinte equação: $MOS (\%) = C (\%) \times 1,724$.

Após a análise dos resultados obtidos na primeira etapa, foram definidos os locais para abertura de seis trincheiras para a descrição macromorfológica e identificação e classificação dos solos. As trincheiras foram abertas com 2,0 m de comprimento, 1,0 m de largura e 1,50 m de profundidade. As amostras foram coletadas de acordo com Santos et al. (2015) diretamente nos horizontes A, AC e C, totalizando 18 amostras. Durante a abertura dos perfis foram realizadas anotações gerais como: porte da vegetação, drenagem, erosão aparente, pedregosidade e rochiosidade.

As unidades de mapeamento foram estabelecidas a partir dos pontos georreferenciados dos seis perfis abertos na ilha. De acordo com a metodologia empregada, para a elaboração de um mapa de reconhecimento de alta intensidade, com geração de mapa em escala 1:50.000, foi preciso a descrição de um perfil completo para amplitude de área de 10 a 40 ha. Para a dimensão da ilha Carioca, de aproximadamente 200 ha, foram utilizados seis perfis pedológicos completos, para se estabelecer as unidades de mapeamento como pontos de extrapolação dos atributos classificatórios de cada perfil.

Nesses perfis, as características morfológicas foram avaliadas em campo e em laboratório (SANTOS et al., 2015), as amostras foram preparadas para as análises de consistência em estágio seco, úmido e molhado, para que se observasse a coesão e adesão entre as partículas conforme o grau de umidade. Para a caracterização de cor as amostras de solo foram comparadas à Carta Munsell (MUNSELL SOIL COLOR COMPANY, 1975) de cores em estágio seco e úmido. A identificação dos perfis foi feita de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SANTOS et al., 2013). Também foram determinadas as frações granulométricas e atributos químicos.

Além disso, foi realizada a determinação dos teores totais de Fe_2O_3 , Al_2O_3 , SiO_2 conforme Teixeira et al. (2017), através da solubilização das amostras de solo com H_2SO_4 (1:1), visando o cálculo das relações moleculares Ki (SiO_2 / Al_2O_3) e Kr ($SiO_2 / (Al_2O_3 + Fe_2O_3)$), que permitem avaliar o estágio de intemperismo dos solos e também, em alguns casos, estimar a composição mineralógica da fração argila (RESENDE; BAHIA FILHO; BRAGA, 1987; REATTO et al., 2008).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Prospecção inicial

Na tabela 1 estão apresentados os resultados de granulometria e química dos solos coletados com trado. Foi verificado grande amplitude na textura dos solos coletados nesta etapa. Para a argila verificou-se a amplitude entre 115 $g.kg^{-1}$ e 535 $g.kg^{-1}$, silte entre 30 $g.kg^{-1}$ e 390 $g.kg^{-1}$ e areia entre 95 $g.kg^{-1}$ e 840 $g.kg^{-1}$. As amostras 3, 6, 7, 14, 16 e 17 apresentaram textura argilosa, as amostras 1, 2 e 13 franco-argilosa, as amostras 4, 5, 8, 9, 10, 11 e 15 franco- argilo-arenosa e a amostra 12 areia-franca, de acordo com o triângulo textural proposto por Santos et al. (2015).

Os valores médios de argila, silte e areia foram de 345 $g.kg^{-1}$, 216 $g.kg^{-1}$ e 440 $g.kg^{-1}$, respectivamente. Estes resultados são semelhantes aos obtidos por Castro (2012) em amostras coletadas na Ilha Mutum, Alto Rio Paraná, com médias de 346 $g.kg^{-1}$, 262 $g.kg^{-1}$ e 391 $g.kg^{-1}$

para argila, silte e areia, respectivamente e superiores aos valores encontrados pelo mesmo autor na Ilha Porto Rico, Alto Rio Paraná, onde a média para argila foi de apenas 224 g.kg⁻¹, enquanto para silte 300 g.kg⁻¹ e areia 476 g.kg⁻¹. Comparando as médias obtidas para as amostras coletadas com trado da Ilha Carioca (tabela 1) com as amostras das Ilhas Mutum e Porto Rico (CASTRO, 2012) foi possível verificar que os solos das Ilhas Carioca e Mutum são mais argilosos do que os solos da Ilha Porto Rico.

Estas variações texturais entre as Ilhas estão relacionadas às diferentes dinâmicas de drenagem e deposição presentes nas Ilhas (CORRADINI; STEVAUX; FACHINI, 2008). Estes resultados permitiram inferir sobre diferentes processos de evolução presentes nos solos. Conforme descrito por Reichert e Reinert (2006), os solos mais argilosos tendem a apresentar drenagem mais lenta, menor arejamento e maior suscetibilidade à compactação. Já, os solos menos argilosos, tendem a apresentar boa drenagem, aeração e maior resistência à compactação, facilitando a proliferação de microrganismos e maior velocidade de decomposição da matéria orgânica.

Tabela 1: Granulometria e química da camada 40-60 cm de solos localizados na Ilha Carioca, Alto Rio Paraná.

Amostra	-----g.kg ⁻¹ -----				-----cmol.kg ⁻¹ -----							
	Areia	Silte	Argila	MOS	pH	H ⁺ +Al ³⁺	Al ³⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	S	CTC
1	290	340	370	6,25	4,20	9,70	1,42	4,78	2,93	0,24	7,95	17,65
2	285	345	370	8,71	4,30	7,76	0,20	3,96	3,30	0,24	7,50	15,26
3	315	235	450	17,42	4,20	10,45	0,81	4,62	3,66	0,28	8,56	19,01
4	695	95	210	4,02	4,10	5,76	0,00	2,90	1,23	0,24	4,37	10,13
5	620	160	220	7,37	6,40	2,95	0,00	11,32	0,84	0,24	12,40	15,35
6	310	220	470	14,74	3,80	13,06	2,73	1,38	2,81	0,23	4,42	17,48
7	235	320	445	10,28	3,90	13,06	1,94	1,53	4,66	0,23	6,42	19,48
8	755	30	215	4,69	4,20	8,36	0,61	2,87	2,51	0,24	5,62	13,98
9	690	105	205	11,39	4,10	7,76	0,78	4,00	2,31	0,22	6,53	14,29
10	465	235	300	7,59	4,30	7,76	0,53	6,80	2,52	0,22	9,54	17,30
11	505	215	280	8,71	4,00	11,26	1,62	2,85	2,62	0,23	5,70	16,96
12	840	45	115	2,68	4,20	6,30	0,00	2,84	3,19	0,23	6,26	12,56
13	255	310	435	10,72	4,50	9,00	0,41	7,33	2,50	0,28	10,11	19,11
14	95	390	515	16,08	4,20	8,36	0,53	4,94	1,93	0,24	7,11	15,47
15	565	130	305	12,51	3,90	9,00	0,21	4,35	2,01	0,24	6,60	15,60
16	175	290	535	4,02	4,30	8,36	0,20	4,73	4,17	0,26	9,16	17,52
17	385	195	420	16,08	4,40	3,18	0,00	3,17	0,70	0,24	4,11	7,29
Média	440	215	345	9,60	4,29	8,36	0,71	4,37	2,58	0,24	7,20	15,56
Mínimo	95	30	115	2,68	3,80	2,95	0,00	1,38	0,70	0,22	4,11	7,29
Máximo	840	390	535	17,42	6,40	13,06	2,73	11,32	4,66	0,28	12,40	19,48
Desvio	222	109	124	4,62	0,57	2,83	0,79	2,39	1,07	0,02	2,23	3,24

Os resultados obtidos para o pH nos solos da Ilha Carioca (média de 4,3 e amplitude entre 3,8 e 6,4) indicam a variação entre solos com acidez muito alta e solos com acidez muito baixa (TOMÉ JUNIOR, 1997).

Segundo Ronquim (2010) a identificação dos níveis de alumínio permite inferir sobre a toxidez presente nos solos, o que tende a ser prejudicial para maioria das plantas. O teor médio de Al^{3+} foi de $0,73 \text{ cmol}_c \cdot \text{kg}^{-1}$ variando na máxima de $2,73 \text{ cmol}_c \cdot \text{kg}^{-1}$ (amostra 6) e ausência nas amostras 4, 5, 12 e 17. O valor médio obtido para Ca^{2+} foi de $4,37 \text{ cmol}_c \cdot \text{kg}^{-1}$, com amplitude entre $1,38 \text{ cmol}_c \cdot \text{kg}^{-1}$ (amostra 6) e $11,32 \text{ cmol}_c \cdot \text{kg}^{-1}$ (amostra 5). Para o Mg^{2+} foi verificada média de $2,58 \text{ cmol}_c \cdot \text{kg}^{-1}$ com amplitude entre $0,70 \text{ cmol}_c \cdot \text{kg}^{-1}$ (amostra 17) e $4,66 \text{ cmol}_c \cdot \text{kg}^{-1}$ (amostra 7). Para o K^+ foi possível verificar média de $0,24 \text{ cmol}_c \cdot \text{kg}^{-1}$ com amplitude entre $0,22 \text{ cmol}_c \cdot \text{kg}^{-1}$ (amostra 9,10) e $0,28 \text{ cmol}_c \cdot \text{kg}^{-1}$ (amostra 3,13). A soma dos valores destes elementos permitiu calcular a soma de bases (SB), com média de $7,2 \text{ cmol}_c \cdot \text{kg}^{-1}$ e amplitude entre $4,11$ (amostra 17) $\text{cmol}_c \cdot \text{kg}^{-1}$ e $12,4 \text{ cmol}_c \cdot \text{kg}^{-1}$ (amostra 5), semelhantes aos resultados verificados por Mafra et al. (2001) em solos desenvolvidos de arenito.

A CTC (capacidade de troca de cátions) corresponde ao total de cargas negativas que o solo disponibiliza e pode ser estimada pela soma de bases trocáveis (Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ + Na^+) mais acidez potencial (H^+ + Al^{3+}). A soma destes elementos (CTC) indicaram a média de $15,56 \text{ cmol}_c \cdot \text{kg}^{-1}$ com amplitude entre $7,29 \text{ cmol}_c \cdot \text{kg}^{-1}$ e $19,48 \text{ cmol}_c \cdot \text{kg}^{-1}$ que podem ser considerados valores altos de CTC. Conforme aponta Raij (1987), valores de CTC inferiores a $5,1 \text{ cmol}_c \cdot \text{kg}^{-1}$ são considerados baixos, entre $5,1$ a $10,4$ médios e altos quando forem superiores a $10,4 \text{ cmol}_c \cdot \text{kg}^{-1}$. Castro (2012) obteve média de $9,7 \text{ cmol}_c \cdot \text{kg}^{-1}$ com amplitude entre $2,8 \text{ cmol}_c \cdot \text{kg}^{-1}$ e $17,4 \text{ cmol}_c \cdot \text{kg}^{-1}$ nos solos das Ilhas Porto Rico e Mutum, localizadas também no Alto Rio Paraná.

Com os resultados obtidos para os teores de carbono estimou-se o conteúdo de matéria orgânica. Foi verificado média de $9,6 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ e amplitude entre $2,68 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ e $17,42 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$. A matéria orgânica é considerada toda substância oriunda de resíduos animais e vegetais em diversos estágios de decomposição. Influencia a maioria dos atributos do solo, destacando-se a estabilidade dos agregados, infiltração e retenção de água, resistência à erosão, atividade biológica, capacidade de troca de cátions, disponibilidade de nutrientes para as plantas, lixiviação de nutrientes, liberação de CO_2 e outros gases para a atmosfera (MIELNICZUK, 2008).

Os resultados obtidos com os solos coletados na prospecção inicial permitiram verificar a presença de processos pedogenéticos e a variabilidade das características texturais, granulométricas e químicas dos solos. Estas amostras foram coletadas em profundidade 40 cm-60 cm, para evitar os efeitos de materiais orgânicos e inorgânicos recentemente depositados na superfície.

Para a abertura das trincheiras e descrição pedológica dos perfis foram observados os valores de argila e matéria orgânica que indicassem atividades pedogenéticas e identificassem possíveis atributos para classificação do solo.

Identificação e mapeamento dos solos

Nos seis perfis descritos na ilha, foram identificados a presença dos horizontes A (superficial), AC (intermediário) e C (subsUPERficial). Conforme Santos et al. (2013) o horizonte A se caracteriza pela presença de alta atividade biológica e é influenciado pela temperatura e umidade. O horizonte C forma-se a partir de material inconsolidado, com pouca ação biológica e com características físicas, químicas e mineralógicas do material de origem. Suas características variam conforme o material de origem de rocha ou sedimentação. Já o horizonte AC é um horizonte A com algumas características de horizonte C.

As características observadas e as análises realizadas nos horizontes A, AC e C foram atributos utilizados na identificação dos solos da Ilha Carioca. Foram descritas e identificadas quatro classes de solos (figura 1) descritos no Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SANTOS et al., 2013):

- NEOSSOLOS FLÚVICOS Tb Eutróficos - RYbe
- NEOSSOLOS FLÚVICOS Tb Distróficos- RYbd
- NEOSSOLOS FLÚVICOS Alíticos - RYal
- NEOSSOLOS FLÚVICOS Ta Distróficos – RYvd

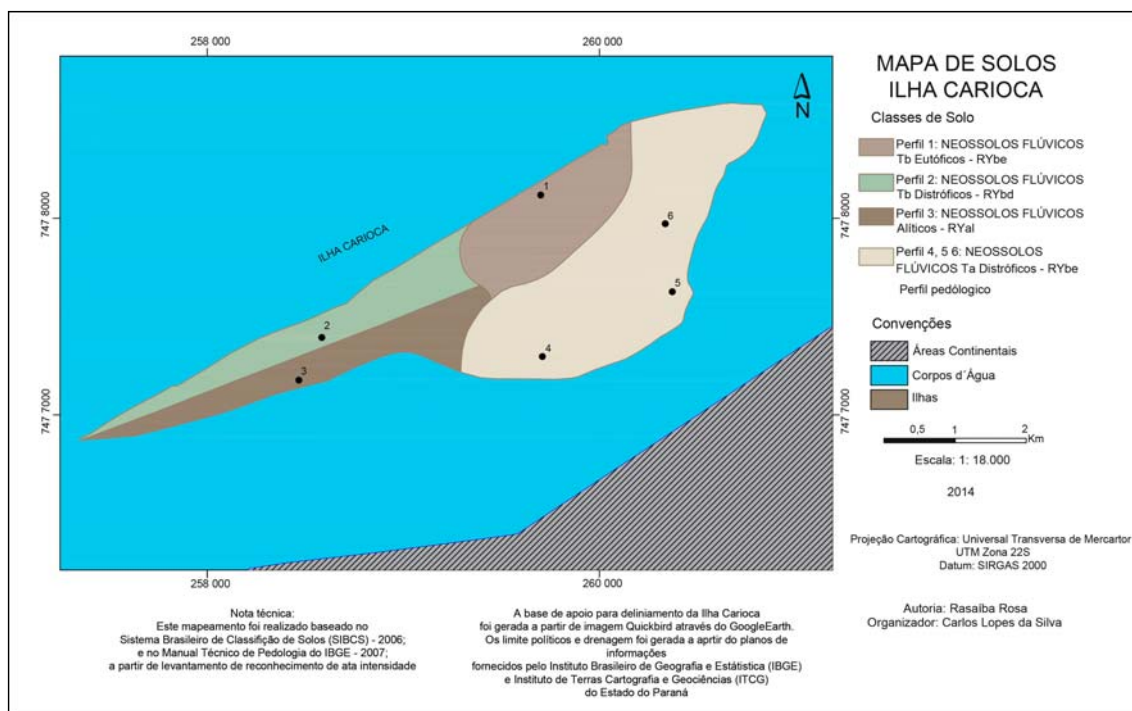


Figura 1: Mapa de solos da Ilha Carioca, Alto Rio Paraná, PR/MS.

Perfil 1 - NEOSSOLOS FLÚVICOS Tb Eutróficos – RYbe

Para o perfil 01 as amostras apresentaram coloração homogênea nas três camadas. Foi verificado matiz 10 YR com valor/ croma oscilando entre 5/4 e 6/4 para as amostras secas e 4/4 e 4/6 para as amostras úmidas, com predominância de pigmentação amarelada. Durante a descrição morfológica foi possível visualizar alguns processos pedogenéticos, como a composição em lamelas e alguns pontos mosqueados, característicos de solos com drenagem lenta onde o processo de redução de Fe é visível.

A consistência variou entre dura e muito dura nas amostras secas, muito firme e firme nas úmidas, plástica, pegajosa e ligeiramente pegajosa para molhada, o que está coerente com os valores de argila encontrados no perfil 1, onde todos os horizontes apresentaram teores de argila acima de 480 g.kg⁻¹, o que os classifica como argilosos. Foi possível verificar aumento nos teores de silte em profundidade, alcançando relação silte/argila acima de 1 na camada subsuperficial 40-60 cm. Os altos teores de silte em profundidade somados à distribuição irregular (errática) de matéria orgânica foram atributos importantes na definição de Ordem e Subordem (primeiro e segundo nível categórico) respectivamente, para esse perfil.

A soma dos teores de argila e silte neste perfil está acima de 900 g.kg^{-1} , mais alto do que a média dos perfis 2, 3, 4, 5, e 6. Esses valores podem estar relacionados às diferentes dinâmicas de drenagem, deposição e remoção de materiais presentes nos solos das ilhas (CORRADINI; STEVAUX; FACHINI, 2008).

O resultado verificado para pH com média de 5,03 indica solos com acidez média, no entanto, não foi identificado toxidez por alumínio, com ausência para este elemento neste perfil. A saturação de bases permaneceu acima de 50% nos três horizontes, indicando a classificação do perfil no 3º nível categórico (Grande Grupo), como eutrófico.

Com os dados obtidos da equação ($\text{CTC} \times 1000/\text{argila } \text{g.kg}^{-1}$), foi verificado a atividade na fração argila (T), que conforme aponta Santos et al. (2013) para atividade alta (Ta) o valor deverá ser igual ou superior a 27 cmolc.kg^{-1} de argila, e para atividade baixa (Tb), o valor obtido deverá ser inferior a 27 cmolc.kg^{-1} de argila, sem correção para carbono. Para este perfil o valor de T na camada subsuperficial foi de $22,2 \text{ g.kg}^{-1}$ o que permite classifica-lo em Tb. Os resultados do ataque sulfúrico revelaram teores de SiO_2 , Al_2O_3 e Fe_2O_3 de $251,06 \text{ g.kg}^{-1}$, $246,29 \text{ g.kg}^{-1}$ e 96 g.kg^{-1} , respectivamente. Foi possível verificar que os teores de SiO_2 e Al_2O_3 são altos e semelhantes, enquanto os teores de Fe_2O_3 são baixos, se comparados com solos desenvolvidos de rochas máficas, como basalto por exemplo (GHIDIN et al., 2006).

Os valores de Ki e Kr foram 1,73 e 1,39, respectivamente. De acordo com Santos et al., (2015) solos com relações moleculares Ki e Kr $> 0,75$ podem ser considerados caulíníticos. Comparados com resultados de análises de solos oriundos de basalto, com média de $\text{Ki}=0,9$ (GHIDIN et al., 2006) e solos oriundo de arenito com média de $\text{Kr}=2,1$ (MAFRA et al., 2001) pode-se verificar a semelhança nos resultados com os solos oriundos de arenito, o que está ligado ao fato de a área de estudo estar inserida em uma região composta por arenitos consolidados da formação Caiuá, e afloramentos de depósitos quaternários do próprio rio (SALLUN; SUGUIO, 2007).

Perfil 2 - NEOSSOLOS FLÚVICOS Tb Distróficos - RYbd

As amostras coletadas no perfil 02 também apresentaram coloração homogênea para as três camadas, com matiz 10 YR e valor/ croma de 6/4 para as amostras secas, variando entre 4/3 e 4/4 para as amostras úmidas, confirmando a pigmentação mais amarelada. Os óxidos de Fe são considerados os principais responsáveis pelas variadas pigmentações que os solos podem apresentar. A goethita é responsável pela coloração amarelada dos solos, enquanto a hematita é responsável pela cor vermelha (KÄMPF; CURI; MARQUES, 2009). No caso dos solos da ilha, com predominância de colorações amareladas, é esperado uma maior proporção de goethita, em detrimento a hematita. Esses dois óxidos de Fe refletem as condições pedoambientais sob as quais são formados. Enquanto a hematita é preferencialmente formada em condições de boa drenagem, a goethita é formada em condições de drenagem lenta (KÄMPF; CURI; MARQUES, 2009).

Durante a descrição morfológica do perfil 2 foi observado a presença de mosqueado uniforme com concreções ferruginosas nas três camadas, indicando processos de redução de Fe. A consistência variou entre dura e muito dura na amostra seca, firme e muito firme na úmida e plástica, ligeiramente pegajosa e pegajosa para molhada, coerente com a textura argilosa desse perfil, com média de 525 g.kg^{-1} de argila.

O resultado para pH com média de 4,27 indicou solos com acidez muito alta, para o perfil. Em relação ao alumínio trocável (Al^{3+}), foi identificado apenas na camada superficial, com $0,96 \text{ cmolc.kg}^{-1}$. A CTC média foi de $13,95 \text{ cmolc.kg}^{-1}$, que conforme aponta Raij (1987), pode ser considerada alta.

Em relação a atividade na fração argila (T), este solo pode ser considerado de baixa atividade (Tb), pois a T do horizonte subsuperficial apresentou média de 26,7 g.kg⁻¹. A saturação de bases em 48% indica solos distróficos (SANTOS, et al., 2013), que contribui para a classificação do perfil no terceiro nível categórico, diferenciando-o dos perfis 1, 3, 4, 5 e 6.

Os resultados do ataque sulfúrico permitiram verificar média de 262,25 g.kg⁻¹ para SiO₂, 238,70 g.kg⁻¹ e 116,20 g.kg⁻¹ para Al₂O₃ e Fe₂O₃, respectivamente. Com estes resultados foi possível verificar que os valores de SiO₂ e Al₂O₃ são praticamente o dobro do valor verificado para Fe₂O₃, assim como verificado no perfil 1.

Os valores de Ki e Kr foram de 2,01 e 1,56, respectivamente, ficando próximos aos resultados de solos oriundos de arenito, com média de Ki de 2,1 (MAFRA et al., 2001). Os valores de Ki e Kr indicaram também que a mineralogia do perfil 2 é caulínica (SANTOS, et al., 2015).

Perfil 3 - NEOSSOLOS FLÚVICOS Alíticos - RYal

As amostras coletadas no perfil 03 apresentaram coloração uniforme com matiz 10 YR para os três horizontes, com valor/croma 6/4 para amostras secas e variação entre 4/6 e 5/6 para úmida. Em campo foi possível observar características de friabilidade nos três horizontes, esboroando-se com facilidade. As características de consistência mantiveram-se homogêneas para os três horizontes: macio na amostra seca, friável na úmida e plástica e ligeiramente pegajosa para molhada. Em relação a textura desse perfil, foi possível verificar que os teores de argila e silte decresceram em profundidade.

O teor de argila foi de 625 g.kg⁻¹ na camada superficial e de 480 g.kg⁻¹ na camada subsuperficial. Em solos submetidos ao processo de podzolização, a tendência de acúmulo de argila e silte ocorrem sempre de cima para baixo, portanto, descarta-se a ocorrência desse processo neste perfil.

Para o pH foi verificado média de 3,67, indicando solos com acidez muito alta e com teor de alumínio alto comparado aos outros perfis, com amplitude entre 2,81 cmol_c.kg⁻¹ na camada superficial e 5,0 cmol_c.kg⁻¹ na camada subsuperficial. O valor de Al³⁺ encontrado na camada subsuperficial permitiu classificar o perfil 3 em Alítico, no terceiro nível categórico. A atividade (Ta) da fração argila constatada na camada subsuperficial foi de 34,6 g.kg⁻¹ e, portanto considerada alta (Ta). A CTC média foi de 18,89 cmol_c.kg⁻¹, o que de acordo com Raij (1987) também pode ser considerada alta.

No perfil 3 foram verificados atributos que o classificaram como NEOSSOLOS FLÚVICOS Alíticos, solos com estas características encontram-se fortemente dessaturados, com valores para saturação de bases menores que 50% (V% 29) e por apresentar teores de alumínio extraível maior ou igual a 4,0 cmol_c.kg⁻¹ associado à atividade de argila > 20 cmol_c.kg⁻¹ de argila (34,6 g.kg⁻¹).

Os resultados do ataque sulfúrico revelaram teores de SiO₂, Al₂O₃ e Fe₂O₃ de 237,70 g.kg⁻¹, 210,90 g.kg⁻¹ e 74,70 g.kg⁻¹, respectivamente. Assim como nos demais perfis, este também apresentou valores de SiO₂ e de Al₂O₃ muito superiores aos de Fe₂O₃, praticamente o triplo. Estes resultados estão relacionados aos processos que influenciam a dinâmica de evolução dos solos com deposição e remoção de sedimentos constantes, lento processo de drenagem e temperatura amena. Os valores de Ki (2,04) e Kr (1,62) indicam solos caulínicos (SANTOS, et al., 2015). Este perfil apresentou os maiores valores de Ki e Kr entre os perfis da ilha, o que pode ser um indicativo de um menor grau de desenvolvimento, onde o processo de remoção de sílica foi menos intenso.

Perfis 4, 5 e 6 - NEOSSOLOS FLÚVICOS Ta Distróficos – RYvd

Os perfis 4, 5 e 6 foram classificados como NEOSSOLOS FLÚVICOS Ta – Distróficos. Essa classe também foi identificada por Castro (2012) no levantamento e classificação de solos das Ilhas Mutum e Porto Rico, localizadas a montante da Ilha Carioca, no Alto rio Paraná. São solos que apresentam especificamente argila de atividade alta (Ta) (acima de $27 \text{ cmol} \cdot \text{kg}^{-1}$ de argila) e saturação de bases abaixo de 50%. São solos recentes, com incipiente processo de intemperização, pouco evoluídos e sem qualquer tipo de horizonte B diagnóstico. Este atributo, assim como o Alítico no perfil 3, indicou atributo classificatório no terceiro nível categórico que ainda não está indicado no sistema brasileiro de classificação de solos 2013.

No perfil 04 as amostras apresentaram variação de cor entre 7.5YR e 10 YR com valor/croma variando entre 4/6 e 5/4 para amostra seca e com matiz 7.5YR com valor/croma variando entre 4/4 e 4/6 para úmida. Foi possível constatar durante as descrições de campo a presença de insetos e visível bioturbação. As características de consistência variaram nas amostras conforme o estágio de umidade: dura para amostra seca, firme e muito firme para amostra úmida, e plástica e ligeiramente pegajosa para molhada. Em campo foi possível observar alta plasticidade para todas as amostras, ocasionadas provavelmente pela distribuição proporcional das partículas, com média de $453 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ de argila.

Os valores de pH deste perfil aumentaram em profundidade, no entanto, todos os horizontes foram classificados em muito ácidos, com amplitude entre 3,60 e 4,10. Já a disponibilidade de Al^{3+} decresceu em profundidade o que está de acordo com as inter-relações discutidas anteriormente. Foi verificada diminuição dos valores de CTC e matéria orgânica com a profundidade, o que pode ser explicado por uma maior deposição de resíduos orgânicos na superfície deste perfil. O resultado de saturação de bases ($V=29\%$), permitiu classificar o solo em distrófico. A atividade da fração argila do horizonte subsuperficial é de 37,3 de $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ e, portanto, considera-se solos Ta, com alta atividade na fração argila (SANTOS, et al., 2013).

Os resultados do ataque sulfúrico revelaram teores de SiO_2 , Al_2O_3 e Fe_2O_3 de $249,89 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$, $227,02 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ e $97,14 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$, respectivamente. Semelhante ao perfil 3, SiO_2 e Al_2O_3 apresentaram o triplo do valor de Fe_2O_3 . Os menores valores de Fe_2O_3 em relação aos valores de SiO_2 e Al_2O_3 podem ser explicados também pelo processo de redução a que esses solos estão submetidos. Em condições de drenagem lenta ou solos saturados, o Fe^{3+} é reduzido a Fe^{2+} , ficando passível de remoções (KER et al., 2012). Os valores de Ki e Kr foram de 1,87 e 1,47, o que segundo Santos et al., (2013) podem ser considerados cauliniticos. Assim como para os demais perfis já descritos, estes resultados indicam valores de Ki e Kr próximos aos encontrados em solos desenvolvidos de arenito.

No perfil 05 foi verificada variações nas cores com presença de mosqueados e, portanto, a cores secas observadas foram de 10 YR 5/6, 10 YR 5/8 e 7,5 5/4 e para amostra úmida 10 YR 4/4, 10YR 4/3 e 7,5 YR 4/2. Foram verificadas atividades de oxidação e concreções ferruginosas com pontos avermelhados nas amostras nas três camadas. Estes processos pedogenéticos refletem as condições ambientais sob as quais os solos são formados, como drenagem lenta e intemperismo incipiente.

A consistência para amostra seca variou entre dura e ligeiramente dura, para amostra úmida firme para as três camadas e para amostra molhada foi verificada consistência plástica e entre ligeiramente pegajosa e pegajosa, coerente com a média de argila em $530 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$. Estas características são resultadas das interrelações dos processos pedogenéticos que ocorrem no perfil com remoção e translocações entre os horizontes, transformação e redução de minerais, além da constante deposição de materiais na superfície dos perfis.

Os valores verificados para pH indicaram solos com acidez muito alta com média de 3,80. O alumínio decresce nas camadas com amplitude entre 2,68 $\text{cmol}_c \cdot \text{kg}^{-1}$ na camada superficial e 1,07 $\text{cmol}_c \cdot \text{kg}^{-1}$ na camada subsuperficial. A saturação de bases (V%) em 36% aponta para solos distróficos. A atividade na fração argila (T) foi verificada no horizonte subsuperficial e apresentou média de 30,08 $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ indicando solos com atividade na fração argila alta - Ta, (SANTOS, et al., 2013).

Neste perfil pode-se observar que os teores de argila e CTC decrescem em profundidade, diferente do que ocorre com a matéria orgânica (MOS), que oscila entre as camadas. Esta distribuição irregular de MOS, assim como nos demais perfis foi um dos indicativos para caracterização dos perfis como FLÚVICO, além da baixa saturação de bases (36 %) e alta atividade na fração argila (30,08 $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$) indicando a classificação para o terceiro nível categórico (SANTOS et al., 2013).

O ataque sulfúrico revelou teores de SiO_2 e Al_2O_3 semelhantes, 230,91 $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ e 231,33 $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ respectivamente, superiores aos teores de Fe_2O_3 (97,73 $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$), como nos demais perfis, evidenciado pelas dinâmicas dos processos de formação desses solos. Os valores de Ki e Kr foram de 1,70 e 1,34 o que de acordo com SANTOS, et al., (2015) podem ser considerados caulíníticos, pois estão acima de $> 0,75$. Entre os perfis avaliados, este apresentou os menores valores para as relações Ki e Kr, o que pode indicar solo mais evoluído em relação aos demais, onde o processo de remoção de sílica (SiO_2) está mais avançado.

As amostras coletadas no perfil 06, assim como nos demais perfis, mantiveram matizes 10 YR, onde predominam colorações amareladas.

Na análise de consistência foi verificado forte coesão entre as partículas, com dureza em estágio seco sendo classificada como dura e em estágio úmido como firme. Já para consistência em estágio molhado foi verificado que as amostras são plásticas e pegajosas. Em campo foi observado a presença de raízes no perfil, influenciando na estrutura e organização, e em laboratório nas amostras coletadas alguns pontos mosqueados escurecidos e bioturbação. Foi verificado pH médio de 4,20 o que permitiu classificar os solos em muito ácidos. Para os teores de alumínio foi verificado a oscilação entre as camadas, com 1,40 $\text{cmol}_c \cdot \text{kg}^{-1}$ na camada intermediária e nas camadas superficial e subsuperficial menos de 1,0 $\text{cmol}_c \cdot \text{kg}^{-1}$.

Foi observado neste perfil a distribuição irregular de MOS oscilando entre as camadas, que aponta para atributo flúvico. A CTC de 15,45 $\text{cmol}_c \cdot \text{kg}^{-1}$, segundo aponta Raij (1987), é considerado alta. Para a atividade na fração argila (T) do horizonte subsuperficial a média foi de 39 $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ sendo considerado solos Ta, com alta atividade na fração argila (SANTOS, et al., 2013). A atividade na fração argila e o resultado de saturação de bases permitiram classificar o solo em distrófico.

Nos resultados do ataque sulfúrico foram revelados teores de SiO_2 , Al_2O_3 e Fe_2O_3 de 247,35 $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$, 246,70 $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ e 103,60 $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$, respectivamente. É possível verificar que como nos demais perfis os teores de SiO_2 e Al_2O_3 são altos e próximos e superiores aos teores de Fe_2O_3 , o que pode ser explicado pelo lento processo de intemperização e drenagem deficiente.

Os valores de Ki e Kr foram de 1,70 e 1,34. De acordo com SANTOS et al., (2015) valores acima de 0,75 podem ser considerados caulíníticos. Estes valores indicam a possível predominância de arenito como material de origem de arenito, uma vez que estão semelhantes aos resultados de solos oriundos de arenito, com média de 2,1 (MAFRA et al., 2001). Os resultados verificados nos perfis 4, 5 e 6 localizados a montante da Ilha, indicam solos mais evoluídos que nos perfis 1, 2 e 3.

CONCLUSÕES

Para interpretar a gênese e gerar a classificação e identificação dos solos da Ilha Carioca foi necessário observar a localização geográfica e as influências ambientais que a mesma recebe direta e indiretamente. A região em que a Ilha Carioca está inserida apresenta uma dinâmica constante entre cheia e vazante reguladas pelas barragens instaladas em vários pontos do Rio Paraná. Esta instabilidade ambiental resultou nas constantes variações na deposição e remoção de material caracterizando a presença de diferentes atributos derivados dos vários processos pedogenéticos atuantes na formação dos solos.

As análises macromorfológicas, granulométricas e químicas permitiram verificar a amplitude entre os elementos observados indicando um processo inicial e lento de intemperização coerente ao ambiente que está inserido.

Através da metodologia de levantamento de alta intensidade de solo da Ilha Carioca foi possível identificar solos em início de formação, denominados NEOSSOLOS FLÚVICOS, com distinção apenas nos terceiros níveis categórico.

REFERÊNCIAS

- CAMPOS, M. C. C., RIBEIRO, M. R., SOUZA JUNIOR, V. S., RIBEIRO FILHO, M. R., R.V.C.C. Relações solo-paisagem em uma topossequência sobre substrato granítico em Santo Antônio do Matupi, Manicoré (AM). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Viçosa, v. 35, n. 1, p. 13-23, 2011.
- CASTRO, P. H. M. de. **Caracterização e mapeamento em escala 1:100.000 dos solos das Ilhas Mutum e Porto Rico, Alto Rio Paraná, PR/MS**. Dissertação (Mestrado em Geografia). Universidade Estadual de Londrina. Londrina - PR. 2012.
- CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. São Paulo: Edgar Blucher Ltda, 1980.
- CORRADINI, F.A.; STEVAUX, J.C. FACHINI, M.P. Geomorfologia e distribuição da vegetação ripária na Ilha Mutum, Rio Paraná-PR/MS. **Geociências**, São Paulo: UNESP, v. 27, n. 3, p. 345-354, 2008.
- GHIDIN, A. A.; MELO, V. F.; LIMA, V. C.; COSTA LIMA, J. M. J. Topossequências de latossolos originados de rochas basálticas no Paraná. I: mineralogia da fração argila. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 30, p. 293-306, 2006.
- GUERRA, A. J. T; BOTELHO, R. G. M. **Características e propriedades dos solos relevantes para os estudos pedológicos e análise dos processos erosivos**. Anuário do Instituto de Geociências. v. 19, p. 93-114, 1996.
- KÄMPF N, CURI N. Formação e evolução do solo (pedogênese). In: KER, J. C.; CURI N.; SCHAEFER, C. E. G. R.; VIDAL-TORRADO, P., editores. **Pedologia: fundamentos**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2012. p.207-302.
- KÄMPF, N.; CURI, N.; MARQUES, J.J. Intemperismo e ocorrência de minerais no ambiente do solo. In: AZEVEDO, A. C. de; MELO, V. de F.; ALLEONI, L. R. F. (Ed.) **Química e mineralogia do solo: parte I: conceitos básicos**. Viçosa-MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2009.
- KER, J. C.; CURI N.; SCHAEFER, C. E. G. R.; VIDAL-TORRADO, P., editores. **Pedologia: fundamentos**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2012.
- MAFRA, A.L.; SILVA, E.F.; COOPER, M. & DEMATTÊ, J.L.I. Pedogênese de uma seqüência de solos desenvolvidos de arenito na região de Piracicaba (SP). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, n. 25, p. 355-369, 2001.
- MIELNICZUK, J. Matéria Orgânica e a Sustentabilidade de Sistemas Agrícolas.

- In: SANTOS, G. A.; SILVA, L. S.; CANELLAS, L. P.; CAMARGO, F. A. O. (Eds.). **Fundamentos da matéria orgânica do solo**. 2. ed. Porto Alegre: Metrópole, 2008.
- MUNSELL SOIL COLOR COMPANY. **Munsell soil color chats**: Munsell color, Macbeth Division of Kollmorgen Corporation, Baltimore, Maryland, USA. 1950, revised 1975.
- PAVAN, M. A.; BLOCH, M. F.; ZEMPULSKI, H. C.; MIYAZAWA, M.; ZOCOLER, D. C. **Manual de análise química de solo e controle de qualidade**. Londrina: IAPAR, 1992. 40p.
- RAIJ, B. V. **Análise química do solo para fins de fertilidade**. Campinas, SP: Fundação Cargil, 1987.
- REATTO, A.; BRUAND, A.; MARTINS, E. S.; MULLER, F.; SILVA, E. M.; CARVALHO JR, O. A.; BROSSARD, M. Variation of the kaolinite and gibbsite content at regional and local scale in Latosols of the Brazilian Central Plateau. **Compters Rendus Geoscience**, Paris, v. 340, p. 741-748, 2008.
- REICHERT, J. M; REINERT, D. J. **Propriedades físicas do solo**. Universidade Estadual de Santa Maria. Santa Maria, 2006. Disponível em: <https://www.agro.ufg.br/up/68/o/An_lise_da_zona_n_o_saturada_do_solo_texto.pdf> Acesso em: 20 jan. 2018.
- RESENDE, M.; BAHIA FILHO, A.F.C. & BRAGA, J.M. Mineralogia da argila de Latossolos estimada por alocação a partir do teor de óxidos do ataque sulfúrico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, n. 11, p. 17-23, 1987.
- RONQUIM, C. C. Conceitos de fertilidade do solo e manejo adequado para as regiões tropicais. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento**. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2010. 26 p.
- SALLUN, A.E.M.; SUGUIO, K. Datação absoluta por luminescência do alogrupo Alto Rio Paraná (SP, PR, MS). **Revista do Instituto geológico**, São Paulo. v. 27-28, n. ½, p. 13-29, 2007.
- SANTOS, H.G.; JACOMINE, P.K.T.; ANJOS, L.H.C.; OLIVEIRA, V.A.; OLIVEIRA, J.B.; COELHO, M.R. **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. 7. ed. Viçosa: Ed. Universidade Federal de Viçosa, 2015. 100 p.
- SANTOS, H. G. dos; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. dos; OLIVEIRA, V. A. de; OLIVEIRA, V. A. de; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A. de; CUNHA, T. J. F.; OLIVEIRA, J. B. de. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2013. 353 p.
- TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMMA, G. K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W. G. **Manual de métodos de análise de solo**. 3. ed. Brasília: Embrapa DF, 2017.
- TOMÉ JUNIOR, J. B. **Manual para interpretação de análise de solo**. Guaíba, RS: Agropecuária, 1997. 247p.