

IMPORTÂNCIA DE ESTUDOS FISIAGRÁFICOS NO PLANEJAMENTO MUNICIPAL: EXEMPLO DO JARDIM BOTÂNICO DE POÇOS DE CALDAS, MG

Fernanda Tonizza MORAES ¹ & Jairo Roberto JIMÉNEZ-RUEDA ²

(1) Programa de Pós-Graduação em Geociências e Meio Ambiente, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, UNESP/Campus de Rio Claro. CEP 13506-900. Rio Claro, SP. Endereço eletrônico: fernanda_tmoraes@yahoo.com.br.
(2) Departamento de Petrologia e Metalogenia, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, UNESP/Campus de Rio Claro. CEP 13506-900. Rio Claro, SP. Endereço eletrônico: jairojrjr@rc.unesp.br.

Introdução
Localização e Caracterização da Área
 Fotointerpretação e Geoprocessamento
 Levantamento de Campo
Resultados e Discussão
 Elementos Geológicos
 Elementos Geomorfológicos
 Elementos Pedológicos
 Ocorrência Distribuição de Solos
 Características Gerais da Pedogênese
 Fisiografia e Evolução da Paisagem
 Proposta de Uso e Ocupação do Solo
Conclusões
Agradecimentos
Referências Bibliográficas

RESUMO – Pela conjugação dos aspectos geológicos, geomorfológicos e pedológicos da área de implantação do Jardim Botânico de Poços de Caldas, definiu-se a dinâmica fisiográfica da paisagem, com o objetivo de contribuir para o conhecimento dos aspectos físicos da região e, desta forma, ocupá-la de forma ordenada e sustentável. Verificou-se que o Jardim Botânico insere-se em uma paisagem aluvial associada a paisagens lacustres menores, em que as coberturas de alteração intempélica são mais ou menos espessas e possuem composição mista e características de transporte gravitacional. A ocorrência de organossolos restringe-se à paisagem lacustre atual/subatual, podendo estar aflorantes ou soterrados por material de transporte gravitacional. As unidades fisiográficas das cotas mais elevadas do terreno decorreram de esforços neotectônicos, que levaram ao soerguimento de blocos e mudança do nível de base. A estas unidades associam-se os neossolos e cambissolos, em sua maioria regolíticos e concrecionários. O estudo permitiu a delimitação de cinco classes de uso e ocupação do solo na área do Jardim Botânico.

Palavras-chave: Poços de Caldas, Jardim Botânico, paisagem, solos, uso e ocupação.

ABSTRACT – F.T. MORAES & J.R. JIMÉNEZ-RUEDA – Importance of physiographic studies in the municipal planning: example of the Botanic Garden of Poços de Caldas, MG. The physiographic and landform dynamics of the area destined for establishing the Botanic Garden of Poços de Caldas were defined using geologic, geomorphologic and pedologic data, aiming to improve the knowledge of the physical aspects in order to promote and guide the sustainable land use. The Botanic Garden is inserted in an alluvial landform to that minor lacustrine landforms are associated. A regolithic cover is present, with variable thickness, constituted of materials with composition and characteristics of gravitational transport. The occurrence of outcropping or buried organic soils is restricted to the present and recent lacustrine landform. The physiographic units located at higher levels are the result of neotectonic displacements responsible by blocks uplift and base level changes. These units are associated with neossols and cambisols, which are mainly regolithic and concretionary. Five classes of land use and occupation were delineated in the area of the Botanic Garden.

Keywords: Poços de Caldas, Botanical Garden, landscape, soils, use and occupation.

INTRODUÇÃO

Frente à devastação da biodiversidade que atinge os biomas brasileiros, os jardins botânicos desempenham importante papel na conservação, pesquisa e educação ambiental, uma vez que possibilitam estudos sobre a flora e o meio ambiente em suas regiões de influência. Neste contexto, a Fundação Jardim Botânico de Poços de Caldas foi criada em julho de 2003, tendo como objetivo garantir a melhor utilização dos recursos naturais do planalto,

incluindo a geração, divulgação e aplicação do conhecimento científico.

A instituição está sendo implantada em uma área de aproximadamente 50 hectares, situada às margens do Ribeirão das Antas, afluente do Rio Pardo. Dentre os estudos necessários para a implantação e elaboração de seu Plano Diretor, o levantamento de aspectos geológicos, geomorfológicos e pedológicos buscou a caracterização das unidades fisiográficas para o

entendimento da formação e evolução da paisagem, indicando as limitações e potencialidades da área e

orientando a tomada de decisões para seu uso e ocupação sustentáveis.

LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O Município de Poços de Caldas localiza-se no sul de Minas Gerais, na divisa com o estado de São Paulo (Figura 1). A área de estudo situa-se na porção oeste do município, entre as coordenadas planas UTM (Datum Sad 69) $x_1 = 7.590.082$, $y_1 = 332.039,9$ e $x_2 = 7.591.323,0$, $y_2 = 332.979,8$. Trata-se de uma área de aproximadamente 50 ha, coberta por vegetação típica de campos de altitude, em que os remanescentes de floresta estacional semidecidual se encontram restritos às galerias e matas ciliares, como se pode observar na Figura 2. O Jardim Botânico está situado às margens do Ribeirão das Antas, tributário do Rio Pardo.



FIGURA 1. Localização do município de Poços de Caldas.

O Planalto de Poços de Caldas situa-se no limite nordeste da Bacia Sedimentar do Paraná com os terrenos pré-cambrianos do Complexo Cristalino Brasileiro, na borda ocidental da Mantiqueira. O maciço é formado por um complexo de rochas magmáticas de uma chaminé alcalina do Cretáceo Superior, e forma um conjunto morfoestrutural que se destaca na paisagem da divisa entre os territórios mineiro e paulista (Christofoletti, 1973).

Há o predomínio de rochas de natureza alcalina, compreendendo rochas plutônicas, hipabissais e efusivas complexas, porém com composições mineralógicas não muito diferentes (Björnberg, 1959; Schorscher & Shea, 1991). Além delas, ocorrem nas bordas do planalto alguns afloramentos de arenitos da

Formação Aquidauana, de idade permiana (Landim et al., 1980), que foram soerguidos e retrabalhados quando da intrusão do magma alcalino. Na parte central da estrutura ocorrem rochas alteradas pela atividade hidrotermal, a que se associam depósitos radioativos.

O Planalto de Poços de Caldas foi bastante estudado, havendo vários trabalhos que tratam da geologia e petrografia (Almeida, 1983; Ellert, 1959; Moraes & Jiménez-Ruédá, 2005), geomorfologia (Christofoletti, 1973), pedogênese, bauxitização e alterações superficiais (Setzer, 1956; Rodrigues, 1984; Valetton et al. 1997; Weber, 1959).

As serras que envolvem o Planalto de Poços de Caldas alcançam 1.637 m de altitude no morro do Cristo Redentor, enquanto o interior se nivela por volta de 1.300 m (CPRM, 1979).

Segundo a classificação de Köppen (1948), o clima de Poços de Caldas é do tipo Cwb – macrotérmico. É um clima temperado úmido, com inverno seco e verão brando, com amplas variações de temperatura (entre 18 e -3°C, podendo ultrapassar os 22°C).

FOTOINTERPRETAÇÃO E GEOPROCESSAMENTO

Para a realização do estudo foi criado um banco de dados através do aplicativo Spring 4.0 (INPE, 2003), utilizando-se cartas topográficas na escala 1:10.000 (BASE, 1997) e fotografia aérea em escala 1:8.000 (ESTEIO, 2001).

A fisiografia foi traçada com a utilização de estereoscópio de mesa. O produto da fotointerpretação foi georreferenciado e integrado à base cartográfica digital e ao banco de dados.

Procedeu-se à conjugação dos planos de informação para avaliar a disposição da drenagem, ocorrência de lineamentos estruturais, falhas e fraturas no contexto regional.

Com base nestas análises e nas observações de campo foi possível delimitar as classes de solos, os limites geológicos e as unidades geomorfológicas presentes na área.

LEVANTAMENTO DE CAMPO

Foram realizados estudos em campo para a confirmação dos limites geológicos, geomorfológicos e pedológicos, buscando-se verificar e complementar os dados obtidos pela fotointerpretação.

Foram analisados 23 perfis de solo. Sua localização é indicada pelos pontos na Figura 2 e podem ser consi-



FIGURA 2. Fotografia aérea do Jardim Botânico de Poços de Caldas. A linha tracejada representa os limites da área disponível para implantação. Os números indicam a localização dos perfis de solos examinados.

derados pedons das classes em que foram mapeados (EMBRAPA, 1995), por serem representativos das uni-

dades fisiográficas definidas pela fotointerpretação. Os solos foram classificados segundo EMBRAPA (1999).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

ELEMENTOS GEOLÓGICOS

Do ponto de vista geológico, a área em que será implantado o Jardim Botânico de Poços de Caldas pode ser dividida em dois tipos petrográficos formais dominantes: arenitos da Formação Aquidauana e sienitos alcalinos (Figura 3).

Os arenitos da Formação Aquidauana são constituídos principalmente por quartzo e feldspatos potássicos e cálcio-sódicos, têm cor avermelhada, exibem acamamento subhorizontal e apresentam-se entremeados por diamictitos e ritmitos de cores acinzentadas. Apresentam texturas superficiais tipicamente glaciais

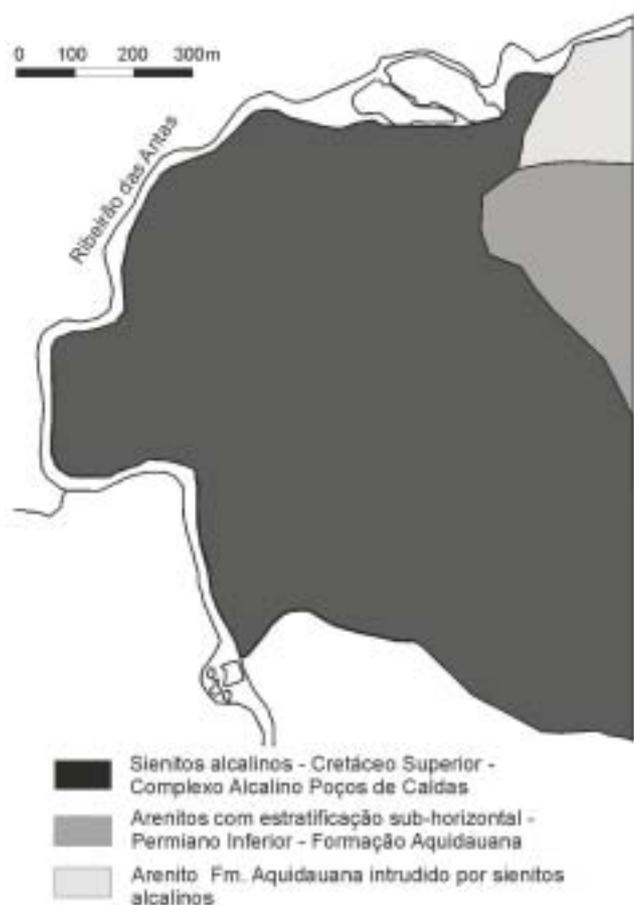


FIGURA 3. Mapa geológico da área do Jardim Botânico de Poços de Caldas.

verificadas *in situ* pela ocorrência de marcas de deslizamento de blocos de arraste macroscópicos. Essa formação é uma divisão do Grupo Itararé, que corresponde ao ciclo glacial do Supergrupo Tubarão. O limite superior do Aquidauana é datada do Permiano Inferior (Landim et al., 1980).

O arenito encontra-se bastante alterado, descompactado e fraturado, sendo alta a concentração de óxido de manganês nas fraturas, indício de um processo de lateritização mangânica. Além do alto potencial erosivo, estes materiais originam solos pobres. Sendo assim, apresenta extrema fragilidade para o uso e ocupação, por apresentar menor resistência aos processos erosivos, sendo propícia à ocorrência de movimentos de massa lentos e rápidos.

Com a retirada do material de cobertura para fins de mineração e exposição do material, intensificou-se a recarga de água e a ocorrência de retroerosão (lavagem e carreamento do subsolo, produzindo galerias subterrâneas). As boçorocas associam-se à alta declividade do terreno, porém já foram estabilizadas, o que pode ser confirmado pela presença de vegetação arbórea, inclusive nos taludes formados. Assim,

qualquer intervenção ou obra de engenharia deverá ser precedida por projetos de contenção, recuperação de encostas e revegetação.

Os sienitos alcalinos (tinguaítos e outros sienitos finos) têm mais 25% de feldspatos e têm maior resistência aos processos erosivos, sendo que o uso e a ocupação destes terrenos para obras de engenharia é menos restritivo. A alteração supérgena deste material gerou bauxita, em alguns trechos, e solos ricos em álcalis.

Na área ocorre a transição de um alto estrutural/alto topográfico (antiforma) para um baixo estrutural/baixo topográfico (sinforma), isto é, de formas estrutural e topograficamente elevadas para as estrutural e topograficamente baixas. Os altos estruturais favorecem o escoamento da drenagem em superfície, enquanto os baixos estruturais oferecem ambientes redutores pela retenção da drenagem. Estas morfoestruturas resultam de deformações causadas por ação tectônica. Posteriormente, por nova ação tectônica ou erosiva, estas formas acabam adquirindo posições topográficas invertidas (alto estrutural/baixo topográfico, baixo estrutural/alto topográfico), que acentuarão ou reduzirão seus potenciais quanto à retenção ou liberação da drenagem. A caracterização é feita pela análise da drenagem e dos solos formados em cada contexto (Jiménez-Rueda et al., 1993).

As morfoestruturas presentes na área encontram-se intensamente fraturadas, sendo predominantes as direções N30W e N30E, que são as direções indicadas por Ellert (1959) como as predominantes da intrusão alcalina.

É importante destacar que toda a área se encontra recoberta por coberturas quaternárias ou aloformações, material de origem alúvio-coluvionar composto por argilas, concreções e material cascalhoso. Este material é diversificado em sua composição, constituído pelo retrabalhamento de lateritas mangânicas, férricas e gibbsíticas e clastos de rochas alcalinas, indicando o alto potencial erosivo do Ribeirão das Antas em períodos passados.

ELEMENTOS GEOMORFOLÓGICOS

O Jardim Botânico tem altitudes que variam de 1.200 a 1.275 m. Alguns pontos localizados a norte ultrapassam 1.500 m e apresentam altas declividades. A sul, o relevo torna-se suavemente ondulado com altitude média por volta dos 1.300 m.

A área do Jardim Botânico situa-se às margens do Ribeirão das Antas, que é o principal rio em extensão e em volume de água do município. A bacia desse ribeirão constitui a maior e principal rede hidrográfica do Planalto de Poços de Caldas, espalhando-se por toda a região centro-ocidental, cobrindo uma área de

422,96 km². Tem suas nascentes na porção SE do planalto, a 1.350 m de altitude, dirige-se de sudeste para noroeste até a confluência com o Ribeirão Tamanduá, assumindo a direção S-N (Lage-Filho, 1996). Prossegue atravessando a borda norte do planalto, onde passa a ser chamado de Rio Lambari, tornando-se um dos contribuintes do Rio Pardo.

Esta proximidade ao Ribeirão das Antas confere ao Jardim Botânico uma superfície geomorfológica tipicamente fluvial, caracterizada pela presença de planícies de inundação, diques marginais e terraços, conforme esquema mostrado na Figura 4. Salienta-se que grande parte destas feições apresenta-se modificada por processos erosivos, sendo visível o escalonamento do relevo ao longo de todo o Ribeirão das

Antas, tornando cada unidade de paisagem separada das demais pela presença de falhas.

O Ribeirão das Antas mostra ter tido uma redução em sua área de inundação, o que é evidenciado pela ocorrência de lagoas marginais (algumas perenes, outras temporárias), comuns ao longo de toda a extensão do curso d'água e que são meandros abandonados pelo rio durante o processo de escalonamento. São também evidências dessa redução a ocorrência de horizontes orgânicos enterrados (Ab), com matéria orgânica conservada em alguns locais da bacia do Ribeirão das Antas (Moraes, em preparação), bem como a existência de paleocanais em terraços elevados, evidenciadas em fotos aéreas, provavelmente paleolagoas temporárias similares às atuais que ocorrem a montante na bacia.

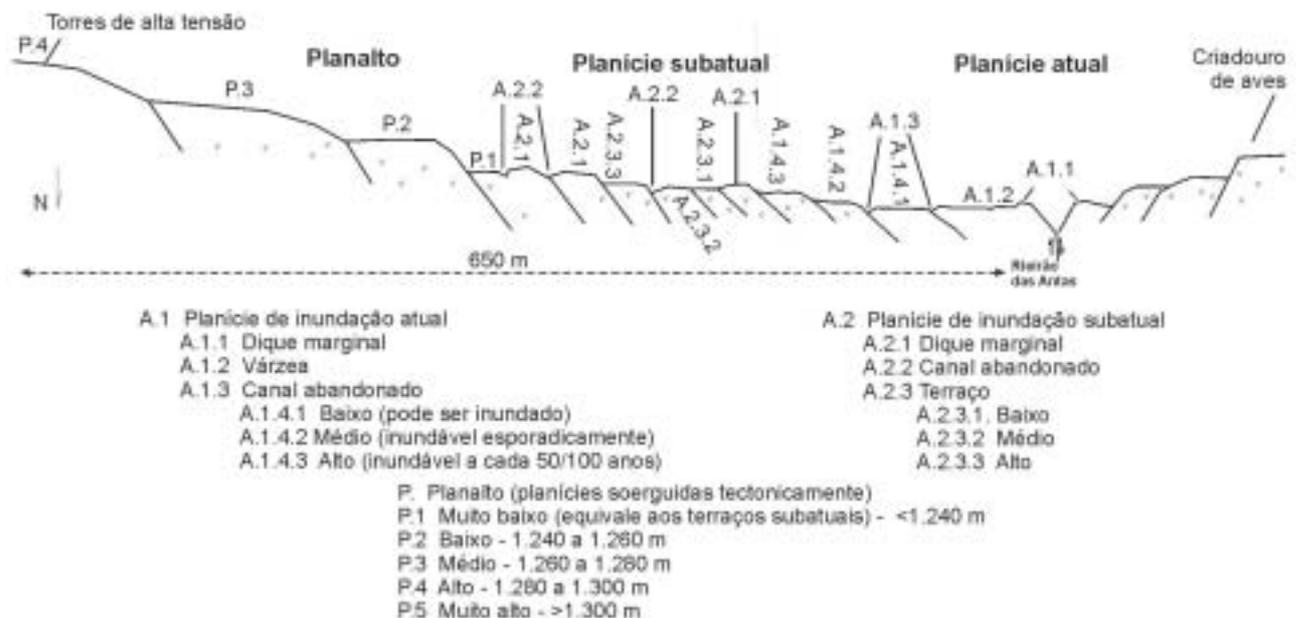


FIGURA 4. Esquema representativo das unidades geomorfológicas e fisiográficas ocorrentes na área de estudo.

Admite-se que a redução da área de inundação do Ribeirão das Antas seja reflexo de manifestações neotectônicas de escala regional, que determinaram e/ou determinam o relevo atual, constituindo o Regime Tectônico Vigente (Saadi, 1993). Assim, os planaltos e terraços atuais representam as planícies de inundação subatuais, que foram soerguidas por esforços neotectônicos de modo a configurar a geomorfologia atual. Segundo Silva (1997), os deslocamentos de canais de drenagem são particularmente indicativos para inferências neotectônicas, visto que a rede de drenagem tem uma enorme sensibilidade aos movimentos tectônicos, ressaltando que nem toda mudança morfológica do rio seja decorrente de fatores tectônicos e pode resultar da interação de fatores endógenos e exógenos.

No Planalto de Poços de Caldas, a intrusão das rochas alcalinas remonta ao Cretáceo Superior e as manifestações neotectônicas são posteriores. As idades destas últimas estão por se determinar; apenas no caso da ocorrência de horizontes orgânicos enterrados, pode-se oferecer uma datação relativa de no máximo 60.000 anos que é o período em que a matéria orgânica mineralizada pode ser conservada.

ELEMENTOS PEDOLÓGICOS

Ocorrência e distribuição dos solos

Conforme se representa na Figura 5, há o predomínio de solos jovens e rasos, das classes dos Cambisolos e Neossolos, originados a partir de materiais

regolíticos ou litólicos. Os cambissolos caracterizam-se por apresentarem comumente a seqüência de horizontes: A – (Bi ou Bicn ou Biwcn) – C, sendo que, em alguns locais, os truncamentos induzem a subdivisão do horizonte B, que ora apresenta uma camada Bcn, ora uma camada Bt ou as duas Btwcn.



FIGURA 5. Mapa pedológico do Jardim Botânico de Poços de Caldas. Classificação segundo a EMBRAPA (1999).

Os cambissolos argilúvicos húmicos ocorrem em uma região cuja evolução fisiográfica se associa ao ambiente lacustre existente em um período subatual, o que é evidenciado pela presença de horizonte húmico e pelo perfil ter se desenvolvido a partir de substrato organossolo (Ab), conforme mostra a Foto 1. Estes

solos caracterizam-se pela presença de horizonte BC ou Bt devido ao retrabalhamento de material procedente de argissolos que foram exumados ou enterrados por materiais mais recentes. Assim sendo, a ocorrência da evolução textural (presença de horizonte Bt) em solos relativamente rasos e jovens, como os cambissolos estudados, deve-se ao retrabalhamento de argilas e reorganização de colóides provenientes de solos mais antigos e evoluídos que foram erodidos e que são a fonte deste material. Estes cambissolos são também húmicos pela presença de matéria orgânica já totalmente mineralizada, o que pode ser notado pelo escurecimento do perfil.

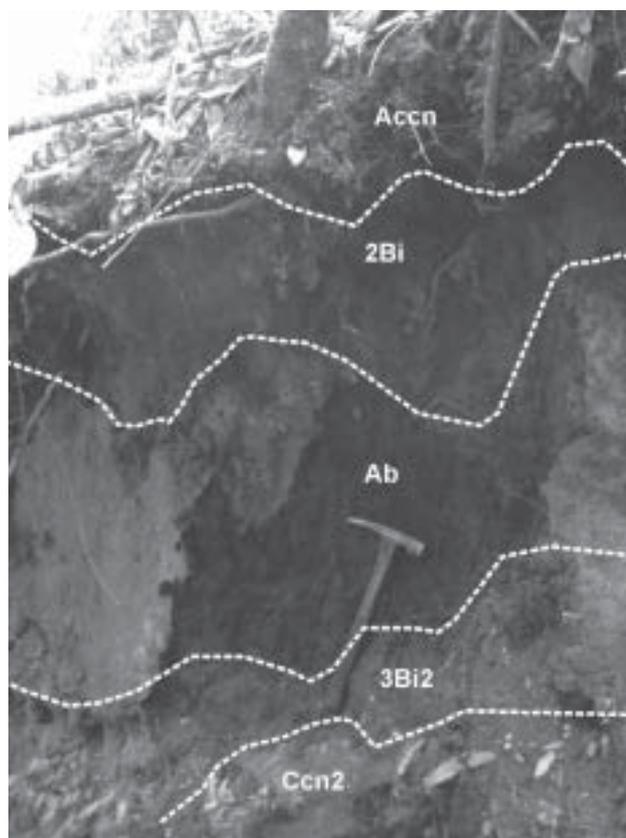


FOTO 1. Perfil de solo característico dos cambissolos argilúvicos húmicos (Ab) substrato alofânico (3Bi₂) substrato sienítico ferruginizado (Ccn₂).

A outra classe de cambissolos observada é a de cambissolos concrecionários regolíticos. Estes solos associam-se aos terrenos de maior declividade da área e configuram-se como materiais susceptíveis à erosão pela associação das rochas alcalinas intrudida no arenito. Na evolução pedogenética, é marcante a formação de horizontes Bt, Bc ou Bn (nítico) mais profundo a partir de horizonte CR alcalino e o seu recobrimento por material coluvionar espesso e de

composição mista, dando origem aos cambissolos concrecionários regolíticos. Os materiais concrecionários formam uma camada espessa (Ccn) de depósito alúvio-coluvionar, com seixos de formato arredondado ou subangular. Esta camada apresenta um limite difuso em relação aos horizontes vizinhos, apresentando por vezes superficial, como na Foto 2, ou com até 60 cm de profundidade.



FOTO 2. Perfil de solo representando os Cambissolos (BC) concrecionários (Ccn) regolíticos que ocorrem na área.

Os Cambissolos apresentam maior estruturação física e o início da perda de fertilidade característica do processo de pedogênese causada pela migração de argila, soluções e colóides para as porções inferiores do perfil – que caracteriza o horizonte câmbico. Porém, no caso de cambissolos regolíticos, como os do Jardim Botânico, a cada etapa de truncamento houve o acréscimo de elementos alcalinos (que são a base da fertilidade dos solos) pelo depósito de novos materiais coluvionares, de modo que os solos jovens e com a presença de camadas de concreções, seixos e calhaus geralmente apresentam alta fertilidade potencial.

Os Neossolos que ocorrem na área são originados de material regolítico coluvionar cascalhento e/ou concrecionário. A diferenciação das classes de Neosso-

los deve-se principalmente em função do substrato em que se encontram.

A ocorrência de material cascalhento e concrecionário nos perfis amostrados mostrou-se como uma característica marcante da área estudada (Foto 3). De modo geral, as concreções apresentam tamanho milimétrico a centimétrico, estando recobertos por películas de argila ou gibbsita. O material cascalhoso apresenta tamanho centimétrico a decimétrico e sua forma predominantemente angular indica a ocorrência processos gravitacionais em seu transporte.



FOTO 3. Material cascalhento e concrecionário colúvio-aluvionar que constitui as coberturas quaternárias que recobrem a área do Jardim Botânico. O martelo está encaixado em uma das falhas normais que ocasionaram o basculamento dos blocos e definiram a fisiografia de grande parte da área.

Este material soterra horizontes formados em um paleoambiente lântico que se desenvolvia ao longo do rio, fazendo com que a presença desta cobertura regolítica concrecionária alúvio-coluvionar/substrato alofânico/substrato paleo-organossolos sápricos ferruginizados, possa ser reconhecida como uma aloformação característica das planícies de inundação atual e subatual do Ribeirão das Antas, no trecho próximo à Represa do Bortolan (Moraes, em preparação).

A principal contribuição para os horizontes concrecionários (cn) são os fragmentos retrabalhados de laterita mangânica e grãos de quartzo de tamanho milimétrico a centimétrico, indicando transporte aluvionar (grãos arredondados), coluvionar (grãos angulares) ou colúvio-aluvionar (grãos subarredondados ou subangulares). O material cascalhento é formado por fragmentos de lateritas e blocos de rochas alcalinas em estágios variados de intemperismo. Destaca-se que os afloramentos ocorrentes no planalto em sua maioria apresentam material litólico já bastante alterado e fraturado (Williams, 2001).

Como já referido anteriormente, a ocorrência de depósitos concrecionários induz um acréscimo na fertilidade potencial dos solos. Contudo, nos Neossolos há uma restrição física para o desenvolvimento do sistema radicular em profundidade, principalmente no caso de substrato litólico. Neste caso, deve-se proceder ao planejamento das coleções de plantas vivas para que não ocorram quedas de árvores adultas devido à pouca profundidade de enraizamento.

Há também uma área com a ocorrência de organossolos háplicos fíbricos, caracterizados pela presença de matéria orgânica em estado intermediário de decomposição. Estes solos, comumente chamados de turfas, apresentam elevada fertilidade, porém, são solos ácidos e que terão que ser drenados caso haja pretensão de utilizá-los.

Características Gerais da Pedogênese

Os solos do Jardim Botânico desenvolveram-se em um sistema extremamente fraturado, sendo que os situados nos altos estruturais apresentam matriz vermelha com veios brancos (caulinização). Já os solos formados em baixos estruturais possuem coloração de amarela a parda, com veios vermelhos. Os veios são gerados por reações de hidratação e hidrólise parcial dos minerais da matriz com a água, transformando-os e conduzindo-os através das fraturas em um sistema percolativo oxidante (altos estruturais) ou redutores (baixos estruturais) no contexto estrutural da área do Jardim Botânico, que representa a transição de um alto estrutural (área próxima às torres de alta tensão) para um baixo estrutural (em direção ao Ribeirão das Antas).

As fraturas dos horizontes inferiores (C) são preenchidas, em geral, por manganês (Foto 4) e em alguns pontos observa-se a formação de laterita mangânica. Os solos de altos estruturais tendem a ser mais percolativos e, portanto, menos restritivos à infiltração da água e não favorecendo a implantação de lagos ou represamentos artificiais. Ao contrário, os solos de baixos estruturais, por terem se desenvolvido em um ambiente saturado, determinam restrições à percolação

hídrica, sendo indicados para a construção de lagos e represas.

Há o predomínio das argilas 2:1 (grupo das illitas e montmorillonitas), indicando a predominância de um clima temperado durante a pedogênese em baixos estruturais. Estas argilas possuem alta atividade e elevam a capacidade de troca catiônica (CTC) dos solos. Ocorrem em solos férteis e com plasticidade moderada, porém com alta capacidade de expansão e retração, esta última gerando fendas e rachaduras no solo e por vezes promovendo a erosão e instabilidade da área.



FOTO 4. Perfil de solo nº 9, em que se pode observar o preenchimento das fraturas por manganês, que dá cores escuras.

FISIOGRAFIA E EVOLUÇÃO DA PAISAGEM

A fisiografia permite conhecer a dinâmica ocorrida no meio físico. Constitui um jogo de fatores locais, os quais induzem processos formadores e evolutivos das formas de relevo. Por outro lado, as formas de relevo constituem fatores determinantes para a definição e caracterização das diversas unidades homogêneas (Jiménez-Rueda et al., 1993). As unidades homogêneas, ou zonas homólogas, são visíveis em imagens de satélite e fotografias aéreas, caracterizando-se por

relativa homogeneidade textural em um contexto heterogêneo. Cada padrão textural reflete o conjunto de fatores fisiográficos que atuaram na formação da paisagem. Assim, pode-se definir o solo como um testemunho dos processos evolutivos que moldaram a paisagem.

A área do Jardim Botânico apresenta uma evolução fisiográfica caracterizada por modificações tectônicas recentes em paisagens aluviais/fluviais e coluvionares, e as paisagens de planaltos típicas da região resultam de manifestações da neotectônica, sendo formadas pelo soerguimento de paleoterraços fluviais a partir de falhas geradas ou reativadas.

O domínio da área por paisagens aluviais/fluviais associa-se à evolução do Ribeirão das Antas, permitindo a subdivisão da paisagem aluvial, em função da amplitude da planície de inundação nos períodos atual/subatual até recente, conforme se indica na Figura 4.

Os esforços responsáveis pelo soerguimento e abatimento destes blocos têm caráter policíclico (pulsos) e são recentes, o que é evidenciado pela ocorrência de depósitos colúvio-aluvionares vermelhos compostos por óxidos/sesquióxidos (podendo haver matações de rochas alcalinas envoltos na matriz vermelha) sobrepondo-se a horizontes orgânicos preservados, que seriam paleolagoas com idade máxima de 60.000 anos (idade inferida do depósito pelo grau de conservação da matéria orgânica – húmica).

A geração de unidades fisiográficas típicas se dá em cada momento de estabilidade ecogeodinâmica, tais como os diques marginais subatuais, onde geralmente existiam matas ciliares. Estes paleodiques comportam-se atualmente como terraços que foram soerguidos tectonicamente e abrigam por vezes parte da mata de galeria e/ou porções da Floresta Estacional Semidecidual Montana.

As várzeas podem ser amplas ou estreitas, dependendo da resistência dos materiais sedimentares que constituem as coberturas cenozóicas, como também dos tipos de deformações tectônicas a que vem sendo submetida a região. Assim, em algumas áreas de falhamento transcorrente (de reativação ou não), os vales são amplos e de fundo achatado. Também podem ser identificados trechos com captura e/ou abandono de leito do próprio Ribeirão das Antas (A.1.3 na legenda da Figura 4) ou de outros corpos d'água da região, gerando paisagens de lagoas e/ou planícies abandonadas.

Estas paisagens configuram-se como sistemas lacustres (pré-atuais no Jardim Botânico e atuais a montante dele) que possuem Organossolos aflorantes ou soterrados por materiais regolíticos mais recentes, cuja fração orgânica se encontra em diferentes estágios de decomposição. Estas paisagens lacustres se encon-

tram soterradas ou quase totalmente degradadas na porção sudeste do Jardim Botânico. O soterramento e/ou degradação destas paisagens deu-se devido a sistemas de erosão por movimentos de massa atuais e/ou modernos, com a formação de leques coalescentes que soterraram as turfas (Organossolos). Encontram-se remanescentes destes Organossolos ainda aflorantes (Foto 5).



FOTO 5. Paisagem dominada por organossolos aflorantes (parte baixa) e por organossolos soterrados por materiais mais recentes. Notar o escalonamento do relevo.

Estes leitos e várzeas abandonados são elementos encontrados na área do Jardim Botânico, não só na posição da planície de inundação atual como da subatual, onde são bem evidentes por se encontrarem preservados nos restos litológicos que constituem as antigas corredeiras e ressaltos (caracterizados como A.2.2 na Figura 4). Neste trecho são também evidenciados diversos terraços, tanto os que correspondem à planície de inundação atual (A.1.4, Figura 4) como aqueles da subatual (A.2.3, Figura 4), os quais vêm sendo dissecados de forma intensa e, portanto, encontrados como vestígios.

As unidades fisiográficas de terraços da planície de inundação recente que foram recobertos, soterrados ou destruídos, originaram as paisagens do tipo montanhosa/colinosa que representaram um sistema de *fronts* de cuevas sucessivas ou alternantes. A instalação destes *fronts*, por sua vez, induziu à ocorrência de depósitos de tálus, os quais foram recobertos posteriormente por outros mantos provenientes da evolução e retração dos *fronts*, com materiais de granulações alternantes – granulação grossa próxima ao *front*, intermediária na parte média e fina na parte distal –, seqüência que pode ter apresentado alterações durante os vários pulsos de retração dos *fronts*. Assim

se explica a ocorrência de camadas concrecionárias e cascalhentas em diferentes posições em grande parte dos perfis de solos amostrados.

Neste contexto fisiográfico, pode-se encontrar lagoas interlobulares em diversas posições e alturas dentro de tais depósitos. Esta paisagem volta a sofrer intervenções da tectônica regional recente/atuais, ocorrendo a reinstalação do atual sistema fluvial do Ribeirão das Antas e de outros rios da região, os quais iniciam a degradação dos antigos nivelamentos. Com a reinstalação de um nível de base atual, promove-se a evolução das paisagens de planaltos muito baixos (P.1), baixos (P.2), médios (P.3), altos (P.4) e muito altos (P.5), assim como a formação de seus respectivos taludes resultantes dos diversos graus de dissecação impostos pelas deformações neotectônicas.

Destaca-se que, nas condições de nivelamento recente, tem-se a ocorrência de planaltos baixos fortemente dissecados com taludes mistos, e planaltos médios fortemente dissecados com taludes mistos e/ou retilíneos. Foram identificados planaltos altos moderadamente dissecados com taludes mistos associados a taludes retilíneos e côncavos, o que é coerente com os materiais silticos e arenosos ali existentes.

PROPOSTA DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO

Os conhecimentos obtidos puderam ser sintetizados através da classificação dos solos existentes na área de estudo quanto ao seu potencial de uso e medidas de manejo, ou classificação agrológica (Figura 6).

A classificação agrológica (Castro, 1965) apresenta três grupos, que podem ser divididos em oito classes (Quadro 1). No Jardim Botânico foram definidas cinco classes, considerando-se as necessidades que existirão durante a sua implantação.

O primeiro grupo apresenta terrenos apropriados para plantio de cultivos anuais que exigem tratamentos periódicos (cultivos limpos). Os terrenos do segundo grupo são apropriados aos cultivos permanentes, como cafezais e bosques. O terceiro grupo apresenta terrenos inapropriados a qualquer utilização agropecuária.

Os terrenos incluídos na Classe I e II são os que apresentam maior fertilidade e profundidade, sendo indicados para o plantio de coleções arbóreas de grande porte. Na classe II, a ocorrência de horizontes húmicos enterrados faz com que a fertilidade seja ainda maior para as plantas cujas raízes alcancem os horizontes mais profundos. Nos solos da Classe I, em alguns trechos, ocorre uma limitação para a utilização de máquinas agrícolas pela presença de pedregosidade, porém, é uma área favorável ao represamento de água por se situar em um baixo estrutural. Na Classe II ocorre um aumento de declividade, o que poderá ser



FIGURA 6. Classificação agrológica da área do Jardim Botânico. As classes foram adaptadas de Castro (1965).

controlado pela construção de terraços invertidos com inclinação de 5 por mil. Nestes terraços podem ser implantados canteiros e aléias. Na Classe VI tem-se a falta de profundidade como fator limitante ao estabelecimento de coleções arbóreas, porém a proximidade do substrato litólico faz com que o terreno seja favorável à implantação de edificações. A Classe VII relaciona-se à área com ocorrência de processos erosivos intensos, com a formação de voçorocas, devendo ser destinada a atividades que não causem impacto, como experimentos científicos de revegetação.

A Classe VIII apresenta-se encharcada durante boa parte do ano, sendo assim, apresenta uma vegetação diferenciada das demais partes do Jardim Botânico, que deve ser preservada *in situ*.

QUADRO 1. Classificação agrológica para uso, ocupação e manejo do solo em atividades agropecuárias.
Fonte: modificado de Castro (1965).

Classificação agrológica	Características	Indicação de uso e ocupação	Orientações para manejo	
Primeiro grupo	Classe I	Relevo muito suave e solos profundos. Boa drenagem e sem erosão. Produtividade média a alta.	Cultivos limpos contínuos mediante o uso de métodos comuns de bom manejo.	Práticas de manejo para manutenção da fertilidade e estrutura.
	Classe II	Média declividade, média profundidade, erosão moderada por água ou vento.	Cultivos limpos contínuos, práticas comuns de manejo e medidas adicionais para controle da erosão.	Cultivo em nível, em faixas, barreiras vivas e outras medidas para desvio de água.
	Classe III	Média declividade, profundidade média, grande suscetibilidade à erosão.	Cultivos limpos contínuos, práticas intensivas de manejo.	Todas as anteriores, incluindo em alguns casos medidas mais complexas como a construção de terraços e bancadas.
	Classe IV	Declividade média a forte, horizonte A delgado, condições desfavoráveis para retenção de umidade, extrema suscetibilidade à erosão.	Cultivos limpos <i>ocasionais</i> , práticas intensivas de manejo.	Manutenção de cobertura vegetal permanente, exceto em curtos períodos para cultivos limpos com práticas intensivas de manejo.
Segundo grupo	Classe V	Pouca declividade e baixa erosão. Média profundidade. Excessiva umidade ou pedregosidade, que impedem cultivos limpos.	Impróprio para cultivos limpos, indicados para plantações permanentes.	Práticas usuais de manejo, os bosques são considerados típicos destas áreas e não demandam cuidados especiais.
	Classe VI	Declividade acentuada. Solos rasos. Média suscetibilidade à erosão.	Indicados para plantações permanentes mediante práticas de conservação	Evitar supressão da vegetação, caso ocorra, a área deve ser isolada para que se recupere.
	Classe VII	Alta declividade, solos rasos e alta suscetibilidade à erosão.	Indicados para plantações permanentes mediante intensivas práticas de conservação	As mesmas da classe anterior. Deve-se evitar a pecuária para que não se agrave os problemas de erosão.
Terceiro grupo	Classe VIII	Áreas alagadas, arenais, escarpas.	Não há possibilidade de estabelecerem-se cultivos econômicos	Evitar supressão da vegetação e degradação das condições ambientais. Área para conservação de ambientes naturais.

CONCLUSÕES

A área do Jardim Botânico de Poços de Caldas apresenta dois grupos petrográficos principais: arenito da Formação Aquidauana e sienitos finos do Complexo Alcalino de Poços de Caldas, sendo que os sienitos constituem a maior parte da área de estudo. Ambos apresentam-se extremamente alterados e saprolitizados. O sistema de fraturamento é intenso e tem-se na área a transição de um alto estrutural alto topográfico para um baixo estrutural baixo topográfico.

Toda a área encontra-se recoberta por coberturas quaternárias ou coberturas de alteração intempérica ou aloformações de espessura variável. Este material apresenta constituição mista, sendo frequentes fragmentos de lateritas gibbsíticas e mangânicas e de rochas alcalinas recobertos por película de argila.

Há a dominância de uma paisagem predominantemente aluvial, associada a paisagens lacustres menores, formadas por eventos de abandono de leito, devido ao soergimento de blocos. Estes eventos foram conseqüências dos esforços neotectônicos, o que pode ser evidenciado pela ocorrência de horizontes enterrados (Ab) e paleocanais. As feições geomorfológicas típicas como os diques, terraços e

planaltos estão associadas predominantemente a solos jovens e pouco evoluídos, como os Neossolos e Cambissolos.

As paisagens lacustres (atuais ou pré-atuais) podem ser identificadas pela presença de Organossolos aflorantes ou soterrados por materiais mais recentes. Nestes casos, tem-se alta fertilidade potencial associada à elevada acidez total e necessidade de construção de drenos em alguns pontos para a utilização do terreno.

Destaca-se a ampla ocorrência de camadas formadas por materiais concrecionários e cascalhentos, em diferentes posições ao longo dos perfis, evidenciando a contribuição de processos gravitacionais como fonte de materiais para a pedogênese. Os solos formados a partir destas camadas de material regolítico possuem alta fertilidade potencial, mas podem apresentar limitação em profundidade para o cultivo de vegetação.

Os dados levantados permitiram a elaboração de uma proposta de uso e ocupação do solo, considerando os aspectos fisiográficos e as necessidades deste tipo de empreendimento. A área foi dividida em cinco

classes de uso e ocupação, dentre as oito da região. Áreas pertencentes às classes I e II representam as áreas mais indicadas ao cultivo de espécies de grande porte, por serem solos mais profundos e férteis. A classe VI apresenta boas condições físicas para implantação de obras de engenharia, porém, os solos rasos restringem a implantação de espécies arbóreas de grande porte.

Os terrenos cujo embasamento é o arenito, foram enquadrados na classe VII devido ao alto potencial erosivo, devendo ser direcionados a programas de restauração da vegetação e do solo. Trechos passíveis de inundação indicados pela classe VIII demandam maiores cuidados, sendo indicado o cultivo de espécies nativas adaptadas a áreas alagadiças.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq pela concessão de bolsa de estudo (processo nº 141469/2004-8).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, F.F.M. Reativações tectônicas das rochas alcalinas mesozóicas da região meridional da Plataforma Sul-Americana. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 13, n. 3, p. 139-158, 1983.
- BASE – **Carta topográfica**. Município de Poços de Caldas, MG. Escala 1:10.000. Folha MDI 13, 1997.
- BJÖRNBERG, A.J.S. Rochas clásticas do Planalto de Poços de Caldas. Universidade de São Paulo, **Boletim da Faculdade Filosofia, Ciências e Letras**, (Geologia 18), n. 237, p. 65-123, 1959.
- CASTRO, F.S. **Conservación de suelos**. Barcelona: Salvat Editores, Colección Agrícola Salvat, 2. ed., 1965.
- CHRISTOFOLETTI, A. A unidade morfoestrutural do planalto de Poços de Caldas. Campinas, **Notícias Geomorfológicas**, v. 13, n. 26, p. 77-85, 1973.
- CPRM – COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS. **Projeto Sapucaí: Estado de Minas Gerais e São Paulo**. Brasília, Departamento Nacional de Produção Mineral, Ministério das Minas e Energia, Relatório de Geologia, n. 4, 1979.
- ELLERT, R. Contribuição à geologia do maciço alcalino de Poços de Caldas. Universidade de São Paulo, **Boletim da Faculdade Filosofia, Ciências e Letras**, (Geologia 18), n. 237, p. 5-63, 1959.
- EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Procedimentos normativos de levantamentos pedológicos**. Brasília: EMBRAPA, Serviço de Produção de Informação, 1995, 116 p.
- EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: EMBRAPA, Serviço de Produção de Informação, Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro), 1999, 412 p.
- ESTEIO - **Levantamento aerofotogramétrico**. Município de Poços de Caldas, MG. Escala 1:8.000. Faixa 2, fotos 12 e 13. Vôo realizado em abril de 2001.
- INPE – INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. **Spring 4.0**. 2003. Disponível em: <http://www.inpe.gov.br>. Acessado em setembro de 2005.
- JIMÉNEZ-RUEDA, J.R.; NUNES, E.; MATTOS, J.T. Caracterização fisiográfica e morfoestrutural da Folha São José de Mipibu, RN. **Geociências**, v. 12, n. 2, p. 481-491, 1993.
- KOEPPEL, W. **Climatologia**. México: Ed. Fondo de Cultura Económica, 1948.
- LAGE-FILHO, A.L. **Características ecológicas e limnológicas da bacia hidrográfica do Ribeirão das Antas, no período de menores precipitações (Poços de Caldas – MG)**. São Carlos, 1996. 192 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.
- LANDIM, P.M.B.; SOARES, P.C.; GAMA JÚNIOR, E.G. **Estratigrafia do nordeste da Bacia Sedimentar do Paraná**. São Paulo, Instituto de Geociências e Ciências Exatas da UNESP e IPT, 1980.
- MORAES, F.T. & JIMÉNEZ-RUEDA, J.R. Caracterização morfoestrutural do município de Poços de Caldas, MG, visando ao estabelecimento de zonas geoambientais. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 12, 2005, Goiânia. **Anais...** São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2005, p. 3837-3841. ISBN 85-17-00018-8.
- RODRIGUES, T.E. **Caracterização e gênese de solos brunos do maciço alcalino de Poços de Caldas, MG**. Piracicaba, 984. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queirós, Universidade de São Paulo.
- SAADI, A. Neotectônica da Plataforma Brasileira: esboço e interpretação preliminares. **Geonomos**, v. 1, n. 1, p. 1-15, 1993.
- SCHORSCHER, H.D. & SHEA, M.E. **The regional geology, mineralogy and geochemistry of the Poços de Caldas alkaline caldera complex, Minas Gerais, Brazil**. NAGRA, Department of Energy of the United States of America (U.S. DOE), Department of Energy of the United Kingdom of Great Britain and Northern Ireland (U.K. DOE), Poços de Caldas Report, n. 1, 1991, 36 p.
- SETZER, J. A natureza e as possibilidades do solo no vale do Rio Pardo entre os municípios de Caconde, SP e Poços de Caldas, MG. **Revista Brasileira de Geografia**, v. 3, p. 3-37, 1956.
- SILVA, C.L. **Aspectos neotectônicos do médio vale do Rio Moji-Guaçu: região de Piraçununga**. Rio Claro, 1997. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, UNESP/Campus de Rio Claro.
- VALETON, I.; SCHUMANN, A.; VINX, R. WIENEKE, M. Supergene alteration since the upper Cretaceous on alkaline igneous and metasomatic rocks of the Poços de Caldas ring complex, Minas Gerais, Brazil. **Applied Geochemistry**, v. 12, p. 133-154, 1997.
- WEBER, B.N. Bauxitização no distrito de Poços de Caldas, Minas Gerais, Brazil. **Boletim da Sociedade Brasileira de Geologia**, v. 8, n. 1, p. 17-30, 1959.
- WILLIAMS, D.D. Geologia do Planalto de Poços de Caldas. In: WILLIAMS, D.D.; PRADO, A.; PEREIRA, O.; CANEDO, R. (Coords.), **Memorial da Companhia Geral de Minas: seus 65 anos (1935-2000) e apontamentos da história da mineração no Planalto de Poços de Caldas**. Poços de Caldas: Alcoa, 2001, p. 115-116.