

HERLY CARLOS TEIXEIRA DIAS

**GEOAMBIENTES E PEDOGÊNESE DO PARQUE ESTADUAL
DO IBITIPOCA, MUNICÍPIO DE LIMA DUARTE (MG)**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Solos e Nutrição de Plantas, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

VIÇOSA
MINAS GERAIS - BRASIL
2000

A Deus.

À minha esposa *Aurora*.

Ao meu filho *João Carlos Yuji*.

Aos meus pais Alceu (*in memoriam*) e *Aparecida*.

AGRADECIMENTO

Aos meus pais e antepassados, pela educação e pelos ensinamentos, que permitiram a superação de diversos obstáculos.

À Universidade Federal de Viçosa (UFV), especialmente ao seu Departamento de Solos, pela oportunidade de realização do curso.

Ao Centro de Pesquisa em Geoprocessamento e Monitoramento da Cobertura Florestal, à Regional Mata/Ubá, à administração local do Parque Estadual do Ibitipoca e à Diretoria de Proteção à Biodiversidade/Coordenadoria de Proteção à Vida Silvestre, do Instituto Estadual de Floresta (IEF), pelo apoio.

À CAPES, pela concessão de bolsa.

Ao professor Elpídio Inácio Fernandes Filho, pela orientação e pelo apoio.

Ao professor Carlos Ernesto Schaefer, pela orientação, pela dedicação e pelo apoio em todos os momentos.

Ao professor Liovando Marciano da Costa, pelo apoio e pela consideração.

Aos professores Luiz Eduardo Ferreira Fontes, Nelsom Ventorim e Alexandre Francisco da Silva, pelas valiosas sugestões, pela dedicação, pela amizade e pelo profissionalismo.

Aos funcionários do Departamento de Solos da UFV, pela amizade e pela colaboração, em especial a Zélia, Jorge, José Roberto, José Francisco, José Flávio, Tânia e Sônia.

A Eunice, Dário e Felipe, pela amizade e ajuda na condução dos experimentos.

Ao Renato, Hedinaldo, Maurício e Léo e a todos os amigos do Departamento de Solos.

Aos meus amigos e amigas, cujos laços se fortaleceram durante esse período.

Aos meus familiares Irlene, Hernani, Elenara, Danilo, Basti e Antônio e respectivos filhos, que, distantes ou próximos, sempre estiveram presentes em todos os momentos e que, de alguma forma, colaboraram para a realização deste trabalho.

À minha mãe em especial, que sempre ultrapassou os limites da bondade.

Ao meu pai, que foi o motivo e a inspiração para este curso.

À Maria Francisca, que se ocupou dos deveres domésticos e, por vezes, de mãe e pai, para que este trabalho pudesse ser realizado.

BIOGRAFIA

HERLY CARLOS TEIXEIRA DIAS, filho de Alceu Gudulo Dias (*in memoriam*) e Maria da Conceição Aparecida Dias, nasceu em Guarani, Minas Gerais, em 18 de fevereiro de 1965.

Em julho de 1991, graduou-se em Engenharia Florestal pela Universidade Federal de Lavras (UFLA), em Lavras, Minas Gerais.

Em 1993, especializou-se em Ecologia Florestal.

Em agosto de 1995, recebeu o título de Mestre em Manejo Ambiental pela UFLA.

De outubro de 1995 a outubro de 1996, especializou-se em Nutrição de Eucaliptos, no Departamento de Solos da UFV.

Em outubro de 1996, iniciou o Curso de Doutorado em Solos, na área de Pedologia, pela UFV.

Em janeiro de 2000, iniciou atividades como bolsista DCR/CNPq na UFPB, Campus III, Areia (PB).

CONTEÚDO

	Página
RESUMO	viii
ABSTRACT	x
INTRODUÇÃO	1
CAPÍTULO 1	
GEOAMBIENTES DO PARQUE ESTADUAL DO IBITIPOCA	3
1. INTRODUÇÃO	3
1.1. Considerações gerais	3
1.2. O Parque Estadual do Ibitipoca.....	4
2. MATERIAL E MÉTODOS	8
2.1. Análises químicas e texturais de solos.....	10
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	11
3.1. Patamares com Espodossolos	11
3.2. Rampas com Vegetação Aberta	17
3.3. Cristas Ravinadas	18
3.4. Escarpas	18
3.5. Grotas	19
3.6. Mata Baixa com Candeia	21

3.7. Mata Alta sobre Xisto	26
3.8. Topos Aplainados.....	26
4. CONCLUSÕES	27
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	29
CAPÍTULO 2	
PEDOGÊNESE EM TRANSECTOS DE SOLOS DO PARQUE ESTADUAL DO IBITIPOCA: QUÍMICA, MINERALOGIA E RELAÇÕES SOLO-FITOFISIONOMIA	
	32
1. INTRODUÇÃO	32
1.1. Considerações gerais	32
2. MATERIAL E MÉTODOS	36
2.1. Coleta e descrição dos solos	36
2.2. Morfologia e micromorfologia	36
2.3. Análises químicas e texturais dos solos.....	38
2.4. Análises de tecidos vegetais e líquens	39
2.5. Carbono orgânico (fracionamento e mineralizável)	39
2.6. Caracterização mineralógica da fração argila.....	41
2.7. Extração de ferro com o ditionito e com oxalato	41
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	42
3.1. Morfologia e micromorfologia	42
3.2. Química e textura dos solos.....	46
3.3. Extração de ferro com ditionito e com oxalato.....	51
3.4. Correlações solo-fitofisionomia	55
3.5. Carbono orgânico (fracionamento e mineralizável)	57
3.5.1. Carbono orgânico do fracionamento da matéria orgânica	57
3.5.2. Carbono orgânico mineralizável	59
3.6. Caracterização mineralógica da fração argila.....	65
4. RESUMO E CONCLUSÕES	66
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	68
RESUMO E CONCLUSÕES	73
APÊNDICE	75

RESUMO

DIAS, Herly Carlos Teixeira, D.S., Universidade Federal de Viçosa, julho de 2000. **Geoambientes e pedogênese do Parque Estadual do Ibitipoca, município de Lima Duarte (MG)**. Orientador: Elpídio Inácio Fernandes Filho. Conselheiros: Carlos Ernesto R. Schaefer e Luiz Eduardo Ferreira Fontes.

Foram realizados dois estudos na área do Parque Estadual do Ibitipoca (PEI), Minas Gerais: o primeiro com a finalidade de identificar, mapear e caracterizar os geoambientes do parque; e o outro com o objetivo de caracterizar alguns dos solos mais representativos e a pedogênese dos diferentes geoambientes. Foram feitas coletas de solos georreferenciados por GPS (Geographic Position System), fotointerpretações a partir de ortofotos e uso de mapas planialtimétricos, além de intenso levantamento de campo. Oito geoambientes foram identificados e caracterizados: Patamares com Espodossolos, Cristas Ravinadas, Escarpas, Grotas, Mata Baixa com Candeia, Mata Alta sobre Xisto, Topos Aplainados e Rampas com Vegetação Aberta. A vegetação associada a cada um é fortemente condicionada pela profundidade do solo e pelo tempo de permanência de água no sistema. Os ambientes de mata, tanto sobre xistos quanto sobre quartzitos, sofrem menor estresse hídrico seja por melhores condições físicas do solo e maior retenção de água, seja pelo

próprio ambiente mais ombrófilo e úmido, como nas Grotas. Nestes geoambientes as concentrações de P e K se mostraram mais elevadas do que nos ambientes campestres abertos. Na Mata Baixa com Candeia, a pobreza química do ambiente parece ser limitante da não-ocorrência de uma floresta mais densa. Nos Campos de Altitude, as cotas elevadas parecem relacionadas com o estabelecimento desta vegetação, que diferem dos campos rupestres por estarem sobre solo mais profundo. Em geral, os solos estudados são álicos, com valores de saturação de Al superiores a 80% no horizonte A1, eletronegativos e com acentuado distrofismo. A CTC existente é quase exclusivamente atribuível à fração orgânica, em virtude da atividade muito baixa da fração argila dos solos. Os resultados indicaram a presença destacada de formas pouco cristalinas de Fe, a exemplo do descrito em solos em condições de altitude. Com acúmulo de carbono orgânico, há inibição da cristalização de óxidos de Fe ou Al. A vegetação que se desenvolve em solos O/R e Espodossolos apresenta maior concentração de N onde se verifica maior atividade de algas fotoautotróficas e fixadoras deste elemento. Observa-se que nitrogênio e bases são os elementos de maior concentração nas folhas e na casca da vegetação, e esse comportamento é comum em todos os solos onde haja forte ocorrência de líquens fixadores de N. Com relação ao carbono orgânico total, há diminuição esperada com a profundidade, mesmo nos perfis que apresentam descontinuidade. O fracionamento do carbono orgânico revelou predominância das frações humina e ácidos húmicos sobre a fração ácidos fúlvicos. No entanto, a relação entre as frações ácido húmico:ácidos fúlvicos tende a diminuir em profundidade devido à mobilidade da fração ácido fúlvico. Observou-se correlação entre o carbono orgânico mineralizável (COM) e a fertilidade do solo, destacando-se fósforo e potássio.

ABSTRACT

DIAS, Herly Carlos Teixeira, D.S., Universidade Federal de Viçosa, July of 2000. **Mineralogical attributes, color, adsorption and desorption of Ibitipoca, southern Lima Duarte (MG)** Adviser: Elpídio Inácio Fernandes Filho. Committee members: Carlos Ernesto R. Schaefer e Luiz Eduardo Ferreira Fontes.

This study was carried out with the objective of evaluating the phosphate adsorption and desorption processes and relate them to the soils mineralogy. Thirteen profiles were selected from three Brazilian States and their A and B horizons were collected. The samples were submitted to routine physical and chemical analyses and were subjected to intensive mineralogical characterization. Additionally, the soils were analysed by two techniques of recent use in Soil Science: Atomic Force Microscopy and Diffuse Reflectance Spectroscopy. The first technique presented small advantage when compared with the traditional Electron Microscopy, but both technique did not allow a good particles distinction. The Diffuse Reflectance Spectroscopy showed a good soil potential for studies of Soil Science, due to its simplicity and low cost. The color characterization, by this method, allowed an excellent quantification of the iron oxides and also the calculation of the hematite/(hematite + goethite) ratio. Organic matter did not affect the goethite and hematite quantification, but affected the color

coefficients determination. In the phosphate adsorption study the soils exhibited a large adsorptive capacity and almost all of them presented maximum adsorption values above 1,000 $\mu\text{g/g}$. The pH in NaF 1 mol/L and gibbsite were directly and, caulinite was inversely correlated with phosphate maximum adsorption. By stepwise regression analysis, goethite was the main mineral individually related with the phenomenon, and when considered together with gibbsite and caulinite explained more than 94% of the maximum adsorption variation. When most of the soils characteristics were considered in the stepwise regression analysis, the P-remainder and redness rating with an inverse relationships and pH (NaF) and specific surface (N_2) with a direct relationship, explained more than 96% of the maximum adsorption variation. The A and B horizons and the yellowish and reddish soils presented similar phosphate maximum adsorption, however it was observed a visual tendency of higher adsorption values associated with B horizon and yellowish samples in the adsorption curves. In the desorption study, the Johnson-Mehl model allowed successfully to fit the kinetic curves, with desorption maximum values ranging from 60 to 1,000 $\mu\text{g/g}$. It was recovered 25 to 66% of phosphorus previously applied, and the phosphate maximum desorption, by resin extraction, occurred approximately with 24 hours of reaction. The significant positive correlation between phosphate desorption and adsorption was caused by the chosen method to apply the phosphorus before incubation. The desorption process was dependent of the amounts previously applied to incubation. The maximum desorption significantly correlated with gibbsite contents and Al_2O_3 from sulfuric and digestion. The percent desorbed was inversely associated with iron oxides and surface area and, directly associated with caulinite, both statistically significant. There were no statistical differences between, yellow and red soil colors but the B horizons exhibited the highest maximum desorption values and lowest desorption velocity. The percent desorbed was similar in these two horizons.

INTRODUÇÃO

O Parque Florestal Estadual do Ibitipoca (PEI) possui 1.488 ha, cobertos, em sua maior parte, por campos de altitude onde predominam gramíneas, ciperáceas, arbustos esparsos e grande variedade de espécies arbustivas, como candeias, canelas e cássias, e espécies de orquídeas e bromélias, algumas endêmicas.

A característica mais notável da vegetação do PEI é a ocorrência de líquens recobrando galhos, troncos e o próprio solo nas áreas mais abertas, conferindo um caráter de “mata nebulosa”, com predomínio do gênero *Usnea* (barba-de-velho), cujo papel na ciclagem de nutrientes e fixação de N é pouco conhecido. O endemismo na área, com mais de 800 espécies botânicas catalogadas, torna de especial interesse as relações biogeoquímicas nos diferentes geoambientes do PEI e o seu papel nos processos de pedogênese e evolução da paisagem.

Além da vegetação, o quadro faunístico e pedogeomorfológico é também notável, pelas peculiaridades e pelo grande interesse científico. O PEI abriga a maior extensão de endocarste quartzítico de MG, sendo um dos mais importantes do Brasil. O controle tectono-estrutural e pedológico na gênese das cavernas quartzíticas ainda é pouco estabelecido, embora já existam estudos a respeito. Os solos de ocorrência no PEI denotam o destacado papel da dinâmica de acumulação e mineralização de carbono.

Há muitos solos com horizonte “A” húmico e turfoso, cujo papel na evolução da paisagem no PEI é, ainda, desconhecido.

Do ponto de vista fisiográfico, o PEI apresenta altitudes que alcançam 1.784 m, no Morro da Lombada, e 1.722 m, no Morro do Pião, e as trilhas que conduzem aos pontos mais elevados já apresentam problemas de erosão e degradação antrópica de difícil controle.

A atual administração do parque, sob a responsabilidade do Instituto Estadual de Floresta (IEF), tem a preocupação em controlar o processo de degradação antrópica, sem, contudo, vedar o acesso de turistas às diferentes áreas do PEI. A necessidade urgente de uma estratégia de manejo pode ser medida, por exemplo, pelo número de visitantes – 45.382 em 1999.

Para efetiva definição das estratégias de manejo geoambiental, há necessidade do conhecimento integral e adequado dos fatores e processos operantes na definição dos geoambientes. Estes fatores são, no caso do PEI, geotectônicos, morfogenéticos, pedológicos, biológicos e antropogênicos.

Subseqüentemente, com o uso de um Sistema de Informações Geográficas (SIG), a inter-relação desses fatores pode ser avaliada de forma integrada, dentro das unidades ambientais identificadas. Uma vez avaliadas, essas análises poderão servir para a administração do parque estabelecer medidas: (a) corretivas, (b) mitigadoras ou (c) de convivência, de forma que se busque um modelo permanente de gestão ecoturística do PEI e de seu entorno. Essas informações poderão ser associadas a uma documentação simplificada, objetiva e bem ilustrada, que poderá ser distribuída aos seus visitantes, para que estes se conscientizem do *modus operandi* ecogeográfico e busquem uma integração pessoal com a paisagem.

Dessa forma, o presente trabalho teve como objetivo geral aprofundar os conhecimentos sobre os fatores geoecológicos que determinam os geoambientes do parque, bem como gerar uma base de conhecimentos para o manejo, visando seu uso racional.

CAPÍTULO 1

GEOAMBIENTES DO PARQUE ESTADUAL DO IBITIPOCA

1. INTRODUÇÃO

1.1. Considerações gerais

Para efetiva proteção e preservação do meio ambiente, as unidades de conservação (UCs) são exemplos que têm merecido prioridade, tanto em nível federal quanto estadual e municipal.

Para um planejamento ambiental adequado, essas unidades de conservação devem ser bem conhecidas no que tange aos aspectos do meio físico e biológico, com o objetivo de permitir que atividades desenvolvidas dentro destas unidades possam ser mais bem executadas e com menores riscos ao meio ambiente.

Em geral, uma Unidade de Conservação não se traduz em extensão territorial homogênea. Assim, pode ser composta de várias unidades geoambientais, que devem ser identificadas e estudadas em seus atributos e sua funcionalidade, para receberem formas de manejo mais apropriadas. As alterações antrópicas dentro de uma UC, como edificações, estradas e áreas voltadas à educação ambiental, devem estar localizadas em áreas específicas, de forma que se minimizem os impactos. No contexto deste trabalho, geoambiente foi definido como ambiente geográfico que numa

extensão territorial apresenta homogeneidade com relação a determinados fatores ambientais de interesse ou à maioria deles. Assim, um conhecimento maior dos vários estratos ou geoambientes torna-se indispensável para nortear o planejamento e a gestão das UCs.

A distinção ou estratificação de geoambientes dentro de UC torna-se, nesse sentido, um procedimento indispensável. Esta estratificação é efetuada, segundo MILANO et al. (1986), ordenando-se porções homogêneas da área, sob uma mesma denominação, segundo suas características naturais ou físicas, e com base nos interesses culturais, recreativos e científicos.

De acordo com SILVA (1999), a superfície terrestre varia no que se refere às condições climáticas (precipitação, temperatura, nebulosidade, luminosidade, ventos etc.), às irregularidades topográficas (montanhas, vales, planaltos, rios, escarpas, ventos etc), à cobertura vegetal e ao uso pelo homem. Há, ainda, outras variações impostas pela fertilidade natural dos solos: pedregosidade, densidade da rede de drenagem, perenidade dos rios, altura do lençol freático e natureza da rocha subjacente. Essas qualidades, que diferenciam a superfície terrestre como em um mosaico, estão, na realidade, servindo para identificar diferentes ambientes.

O zoneamento consiste, assim, em importante instrumento de planejamento, que apóia a administração na definição de quais atividades podem ser desenvolvidas em cada unidade, orientando as formas de uso das diferentes áreas, ou proibindo determinados usos por falta de zonas apropriadas (MILANO et al., 1986).

1.2. O Parque Estadual do Ibitipoca

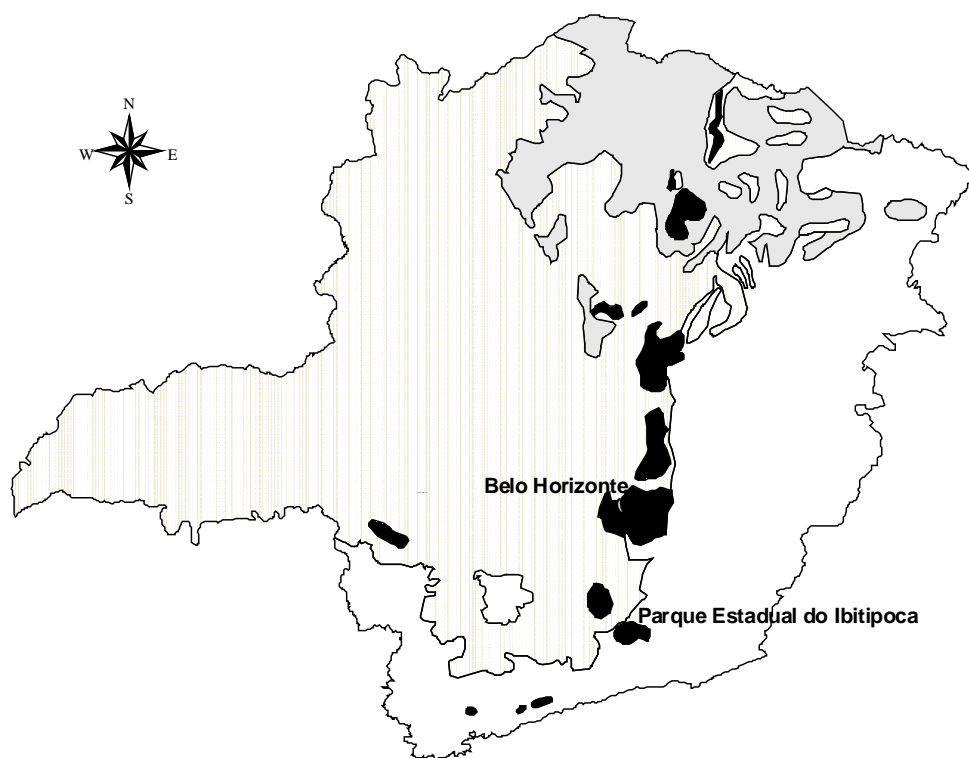
O parque Estadual do Ibitipoca está situado no distrito de Conceição do Ibitipoca, no município de Lima Duarte, sudeste de Minas Gerais, entre as coordenadas 21°40' - 21°44'S e 43°52'- 43°55'WGr., abrangendo 1.488 ha da Serra do Ibitipoca, em cotas altimétricas que variam de 1.050 a 1.784 m (FONTES, 1997; FEIO, 1990). A Figura 1 ilustra a localização do parque no Estado de Minas Gerais, bem como outras áreas de ocorrência de campo de altitude sobre o quartzito.

De acordo com FEIO (1990), o clima característico é o tropical de altitude, com verões amenos (Cw_b de Köppen). O regime de precipitação apresenta ciclo bem definido, com verão chuvoso e inverno seco, sendo junho, julho e agosto os meses mais secos e novembro, dezembro e janeiro os mais chuvosos, com precipitações médias anuais de 1.395 mm.

Os registros da estação meteorológica localizada no parque mostram que a temperatura média mínima no verão é de 21,5°C, e a máxima, de 36°C; no inverno, estas temperaturas são de 2°C a 14,5°C.

Em 1999, o PEI recebeu 45.382 visitantes, dos quais 8.880 ficaram acampados na área de *camping*. Os meses com maior número de visitantes foram janeiro e fevereiro (11.840), abril (5.927), julho (5.133) e setembro e outubro (8.142).

O parque é embasado por rochas proterozóicas, predominantemente quartzitos de grãos médios a grosseiros, quase sempre angulosos e com presença de muscovita e algum feldspato, e biotita xistos com feldspatos intercalados, ambos foliados e um tanto friáveis. Podem-se distinguir, nos quartzitos, pelo menos duas famílias de fraturas de direção quase ortogonais entre si, com a drenagem correndo segundo a direção dessas fraturas. Os quartzitos se destacam como resistatos, sustentando as grandes elevações e formando escarpamentos que se destacam na paisagem (INSTITUTO... IEF/TERRA CONSULTORIA E ASSESSORIA EM ESTUDOS GEOAMBIENTAIS, 1993). Normalmente ocorrem veios de quartzo leitoso, preenchendo planos de fratura e de foliação. Localmente, podem ocorrer veios pegmatóides, com cristais de muscovita muito desenvolvidos. A seqüência metassedimentar teve suas estruturas sedimentares primárias quase totalmente obliteradas pelo tectonismo, restando apenas, em alguns pontos, a estratificação plano-paralela, que define o contato entre o quartzito grosseiro e os níveis micáceos.



LEGENDA:


-  CAATINGA
-  CAMPO DE ALTITUDE
-  CERRADO
-  MATA ATLÂNTICA

Figura 1 - Localização do Parque Estadual do Ibitipoca e de outras áreas com ocorrência de Campo de Altitude no Estado de Minas Gerais (adaptado de EMATER\Geominas).

Para proceder a qualquer intervenção no parque, WILCOX (1978) recomendou a criação de um plano de manejo para o Parque Estadual do Ibitipoca, com a necessária caracterização geológica, pedológica, hídrica e biótica local. COSTA et al. (1998) classificaram o PEI na categoria de “Extrema Importância Biológica”, em razão do endemismo de anfíbios, de mamíferos e aves ameaçados, da relevância e singularidade espeleológica e da diversidade de habitats. Estes autores consideram que a maior pressão antrópica sobre a área é efetuada pelo turismo e recomendam o monitoramento da fauna, a ampliação dos limites do parque e o estudo dos impactos do turismo. Para o planejamento das UCs do Estado de Minas Gerais, de forma geral, COSTA et al. (1998) relacionam, entre os problemas detectados, falhas na disponibilidade de informações sobre características físicas, biológicas e de infra-estrutura e falta de planos de manejo/gestão, recomendando criar e implementar um banco de dados sobre áreas protegidas no estado e elaborar e implementar zoneamento e planos de manejo/gestão, entre outros. Muitos trabalhos já têm sido realizados, ainda que voltados principalmente ao meio biótico (SEMINÁRIO DE PESQUISA SOBRE O PARQUE ESTADUAL DO IBITIPOCA, 1997), com algumas análises e considerações gerais sobre os solos de ocorrência no PEI (ROCHA, 1997).

Com base no exposto, o presente capítulo teve como objetivo a identificação, a caracterização e o mapeamento dos geoambientes do Parque Estadual do Ibitipoca.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Para estratificação das unidades geoambientais, utilizou-se uma metodologia pedogeomorfológica, estratificando as unidades e identificando as características ecogeográficas e os problemas geoambientais associados (TRICART e KIEWITDEJONGE, 1992; SCHAEFER, 1997). Para este fim, foram utilizados ortofotocartas (COMPANHIA... - CEMIG, 1987), mapa planialtimétrico do IGA (1986), na escala 1:10.000, além de toda a base de dados já produzidos no PEI e visitas de campo, percorrendo intensamente a área em estudo.

A partir do reconhecimento de campo e da identificação nos mapas base, os geoambientes foram demarcados em papel-acetato. Na digitalização e edição dos mapas foram utilizados os programas ARC/INFO (ESRI, 1994) e ARCVIEW GIS (ENVIROMENTAL... ESRI, 1998).

Foram abertos perfis de solo (Figura 2) representativos da área e procedeu-se à coleta de amostras de solo para análises químicas e texturais. Os perfis de solos foram georreferenciados com uso de GPS (Geographic Position System) de navegação.

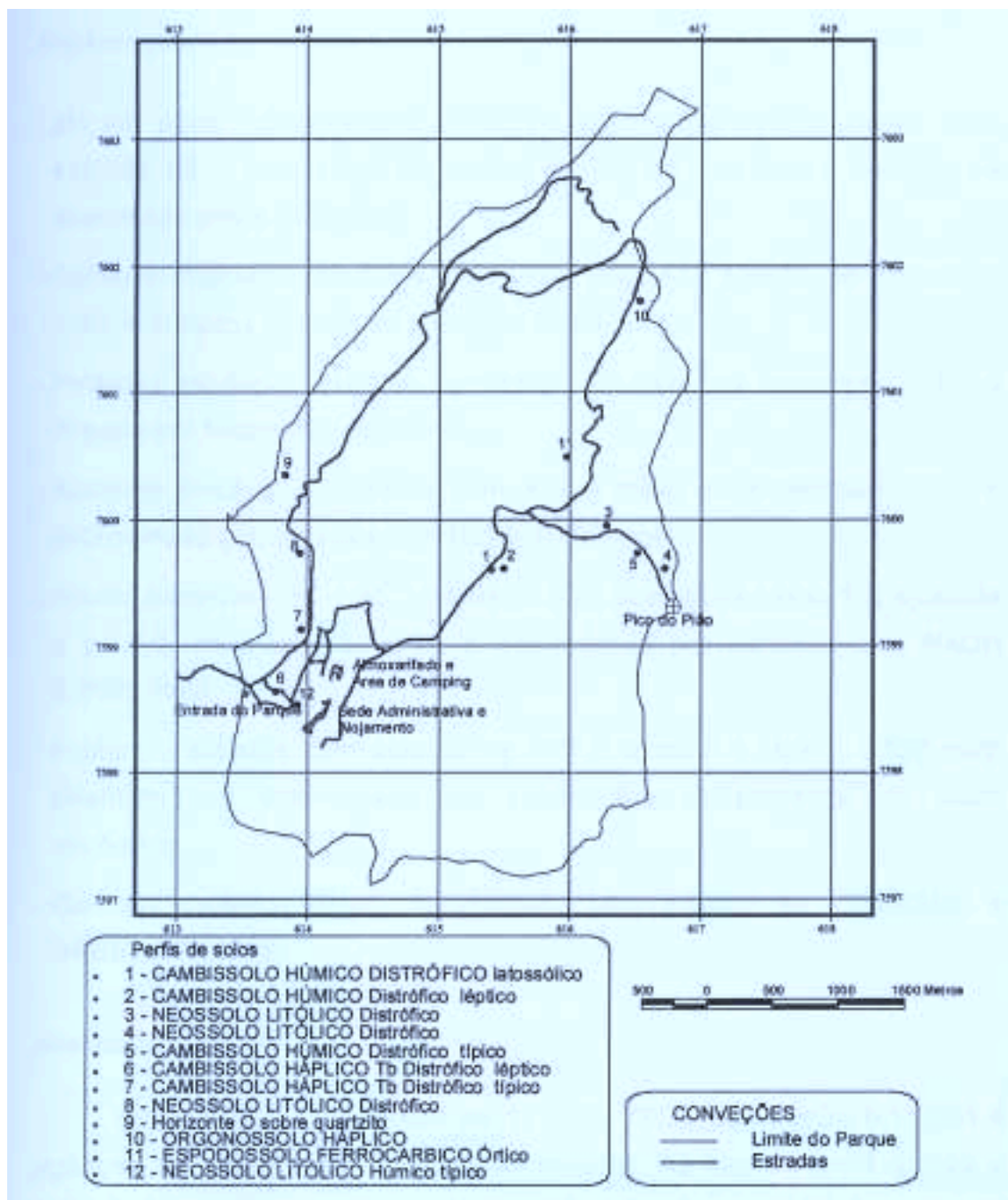


Figura 2 - Localização dos perfis de solos coletados no Parque Estadual do Ibitipoca, município de Lima Duarte (MG).

2.1. Análises químicas e texturais de solos

As análises foram feitas em laboratórios do Departamento de Solos da Universidade Federal de Viçosa. Com exceção da análise de carbono total, todas as demais seguiram os métodos da EMPRESA... – EMBRAPA (1997).

Análises químicas:

- pH em água - determinado potenciométricamente na suspensão solo-solução 1:2,5, com tempo de contato mínimo de uma hora e agitação da suspensão antes da leitura.
- Cálcio e magnésio trocáveis - extraídos com KCl 1 mol/l, na proporção 1:20, e dosados através de absorção atômica.
- Potássio trocável - extraído com HCl 0,05 mol/l, na proporção 1:10, e dosado por fotometria de chama.
- Alumínio trocável - extraído com KCl 1 mol/l, na proporção 1:20, e determinado por titulação com NaOH 0,025 mol/l.
- Acidez extraível - ($H^+ + Al^{3+}$) - extraída com acetato de cálcio 1 N ajustada a pH 7,0, na proporção 1:15, e determinada por titulação com NaOH 0,0606 mol/l.
- Fósforo - extraído com solução de HCl 0,05 mol/l e H_2SO_4 0,025 mol/l (Mehlich-1) e determinado por colorimetria na presença de ácido ascórbico.
- Carbono orgânico total - determinado pelo método de YEOMANS e BREMNER (1988).

Análise textural

Procedeu-se à dispersão de 10 g de TFSA com NaOH 0,1 mol/l e agitação em alta rotação, durante 15 minutos. As frações areia grossa e areia fina foram separadas por tamização. A fração argila foi determinada pelo método da pipeta, e a fração silte, calculada por diferença.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A metodologia utilizada para identificação de geoambientes permitiu separar oito unidades ambientais dentro do PEI, conforme pode ser observado no mapa de geoambientes (Figura 1A). Alguns destes geoambientes estão ilustrados nas Figuras 3, 4 e 5. Estas unidades foram caracterizadas conforme atributos geológicos, geomorfo-pedológicos e vegetacionais (Quadro 1). A seguir encontram-se as descrições das unidades geoambientais representadas no mapa.

3.1. Patamares com Espodossolos

São áreas aplainadas em patamares sucessivos, correspondendo a 4% da área total do parque, localizadas na porção norte. Ocorrem em relevos suave-ondulados com concentração de areias quartzosas, espaiadas por leques aluviais, provenientes da decomposição e sedimentação do quartzito, e associados a Espodossolos. A vegetação de campo de altitude de caráter aberto, encontrada nesse padrão, é típica dos ambientes distróficos areno-quartzosos e muito lixiviados do PEI.

A rocha encontrada nesta unidade é o quartzito, que é encontrada também nas unidades Cristas Ravinadas, Escarpas, Grotas, Mata Baixa

com Candeia, Topos Aplainados e Rampas com Vegetação Aberta. Assim, a rocha, por si só, não é um elemento indicador de ambiente.

O quartzito encontrado no parque é, em sua maioria, de granulometria grossa a muito grossa, com freqüentes intercalações de quartzito fino micáceo e, mais raramente, de biotita xisto feldspático (IEF/TERRA CONSULTORIA, 1993). Toda a área do PEI é destacada do seu entorno por altitudes maiores, entre 1.000 e 1.780 m, sendo circundada por um relevo mais baixo colinoso, onde predominam gnaisses.

Os solos encontrados nesta unidade são predominantemente Espodossolos (podzóis). Essa classe é constituída de solos areno-quartzosos com nítida diferenciação e seqüência de horizontes dos tipos A, E, B espódico (Bhs) e C. O horizonte A, de cor escura, contrasta com o horizonte subjacente E alábico, de coloração clara, o qual, por sua vez, contrasta com o horizonte Bhs abaixo, que possui coloração escura e alaranjada e profundidades em geral maiores que 50 cm.

A vegetação nos Patamares com Espodossolos é denominada Campo de Altitude, sendo encontrada nas unidades Cristas Ravinadas, Escarpas, Topos Aplainados e Rampas com Vegetação Aberta. São campos encontrados normalmente em altitudes superiores a 1.000 m, com dominância de herbáceas, gramíneas e arbustos esparsos. Estes campos representam a endemidade que existe no PEI e compreendem, na verdade, um mosaico de tipos vegetacionais que estão aparentemente controlados pela profundidade do solo, associado, assim, à permanência da água no sistema.

As fitofisionomias dos campos encontradas nos Patamares com Espodossolos e das unidades Topos Aplainados e Rampas com Vegetação Aberta são bastante distintas das fitofisionomias dos campos encontradas nas unidades Cristas Ravinadas e Escarpas. Essas diferenças são provavelmente relacionadas com diferentes espessuras do *solum*. Existe ainda uma indefinição na separação destas tipologias, porém OLIVEIRA-FILHO e FLUMINHAN-FILHO (1999) consideram a vegetação herbácea de altitude associada a afloramento de rocha como sendo campo rupestre e, quando não ocorre afloramento, campo de altitude.

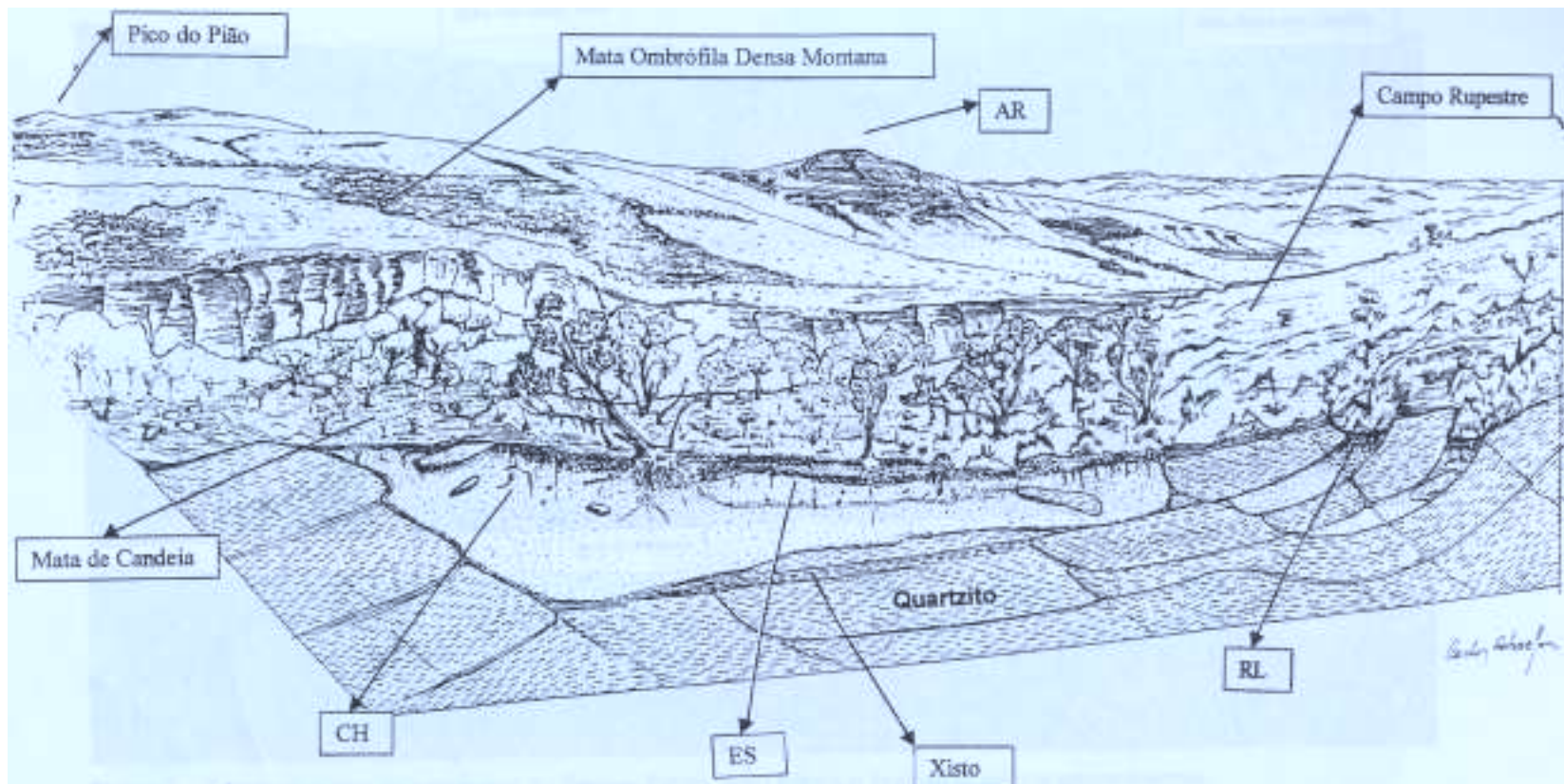


Figura 3 - Bloco-diagrama ilustrando os solos e o substrato rochoso, avistado da estrada que liga a sede do parque ao Pico do Ibitipoca, sendo visíveis, em primeiro plano, a Mata de Candeia (“Elfin Forest”) e, em segundo plano, as grotas, com vegetação florestal e Campo de Altitude sobre o quartzito. Ao fundo, à esquerda, o Pico do Pião. ES – Espodossolo; CH – Cambissolo Húmico; AR – Afloramento de Rocha; RL – Neossolo Litólico.



Figura 4 - Fotosseqüência de paisagens do Parque Estadual do Ibitipoca, ilustrando alguns geoambientes.

Quadro 1 - Geoambientes do Parque Estadual do Ibitipoca e seus atributos

Unidades geoambientais	Rocha	Solos	Relevo	Vegetação	Área(%)	Perfis
Patamares com Espodosolos	Quartzito e sedimentos arenosos	Espodosolos	Ondulado (altitude 1.760-1.540 m)	Campo de Altitude	4,0	Tradagens
Cristas ravinadas	Quartzito	Afloramento de Rocha, Neossolo Litólico	Escarpado (altitude 1.770-1.390 m)	Campo de Altitude	11,1	Tradagens
Escarpas	Quartzito	Afloramento de Rocha, Neossolo Litólico	Escarpado a montanhoso (altitude 1.640-1.370 m)	Campo de Altitude	15,6	10
Grotas	Quartzito	Espodosolo, Organossolo	Inclinado em ravinas	Matas de galeria	19,2	4, 13, 14
Mata baixa com cadeia	Quartzito	Cambissolos álicos e distróficos	Suave ondulado, ondulado a forte ondulado (altitude 1.680-1.000 m)	Mata aberta com Candeia	24,4	6, 16, 8, 7, 9
Mata alta sobre xisto	Xisto	Cambissolos de caráter latossólico	Ondulado (altitude 1.500-1.240 m)	Floresta Ombrófila Densa Montana	7,3	1, Tradagens
Topos aplainados	Quartzito e sedimentos de cobertura	Cambissolos húmicos	Suave ondulado, (altitude 1.780-1.630 m)	Campo de Altitude	6,1	Tradagens
Rampas com vegetação aberta	Quartzito, quartzito xisto. Sedimentos arenosos	Cambissolos álicos, Cambissolos húmicos	Ondulado e Suave ondulado (altitude 1.700-1.300 m)	Campo de Altitude	12,1	2, 3 e 5

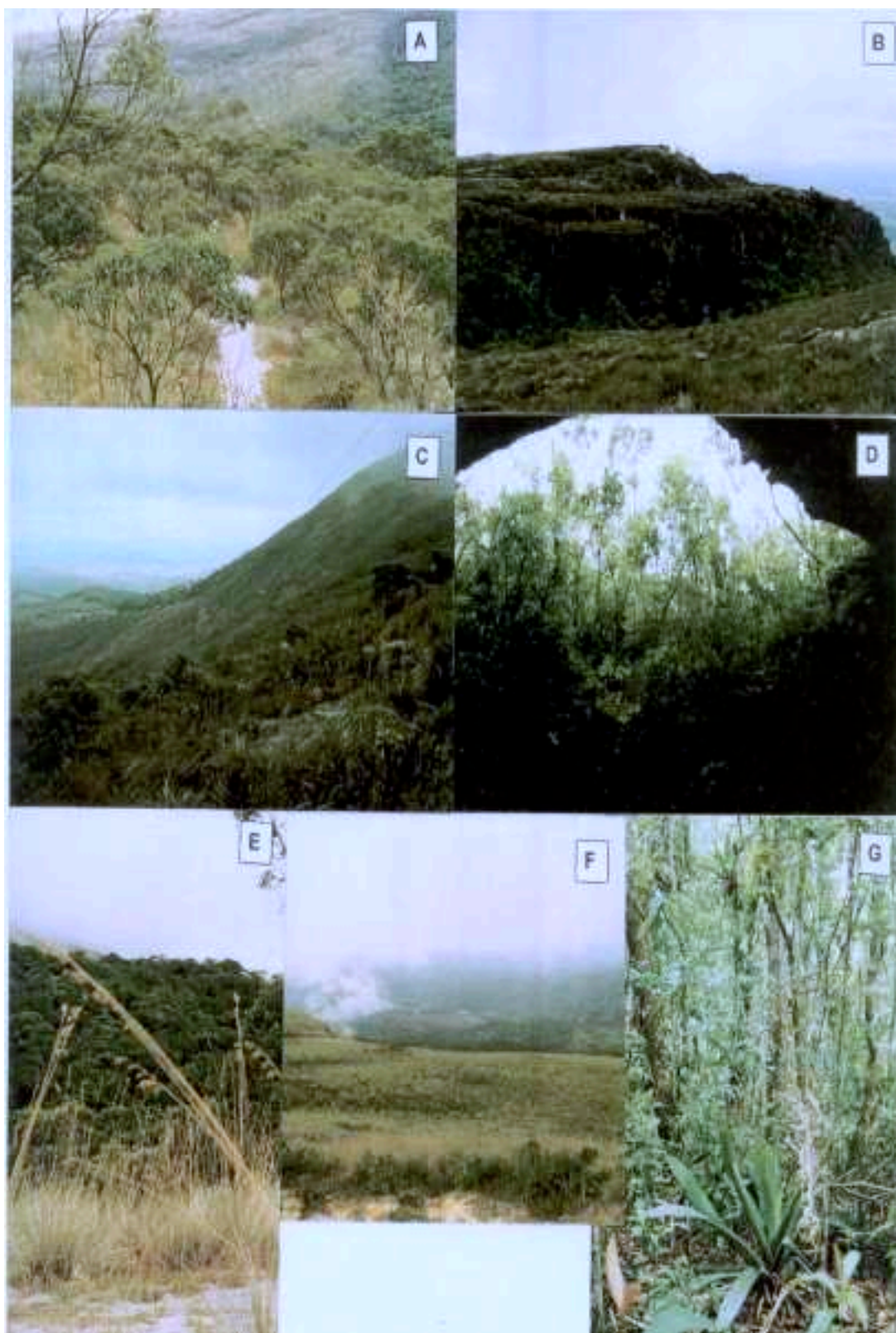


Figura 5 - Ilustrações de alguns geoambientes do Parque Estadual do Ibitipoca: Mata Baixa com Candeia (A); Escarpas (B); Rampas com Vegetação Aberta (C); Grotas, detalhe da entrada de uma caverna (D); Mata Alta sobre Xisto, ao fundo (E); Topos Aplainados (F); Interior da Mata Alta (G).

Nas Escarpas e Cristas Ravinadas o *solum* desenvolvido sobre a rocha é muito pouco profundo, com o espessamento local em zonas de contatos, o que permite pouca retenção de água, levando a um déficit hídrico nos meses mais secos do ano. Nesses campos a tipologia da vegetação é mais herbácea e espaçada.

Em ambientes mais elevados, como no PEI, a umidade atmosférica é maior, devido a precipitação mais elevada (1.395 mm) e temperaturas mais baixas, podendo formar neblinas e geadas; em contraste, as características do solo mais raso, relevo acentuado e regime de ventos, favorecem uma menor permanência de água no sistema, ocorrendo acentuado déficit hídrico nos meses mais secos do ano. A escassez de água nos microambientes mais elevados condiciona, assim, a existência dessa vegetação.

Nas plantas adaptadas ao estresse hídrico dos campos de altitude, o controle de abertura de estômatos feitos pelo ácido abscísico inibe o crescimento das plantas (TAIZ e ZEIGER, 1991), condicionando, junto ao oligotrofismo, elementos arbóreos de pequeno porte. Ocorrem ainda adaptações biológicas e morfológicas, convergência de formas, folhas coriáceas, pilosas e com disposição vertical, além de órgãos subterrâneos mais grossos (FUNDAÇÃO... - IBGE, 1977; FIGUEIRA e NETO, 1991).

Nas outras unidades associadas a campos de altitude, onde o solo é mais profundo, bem drenado e com baixa retenção de água, há maior área para exploração radicular da vegetação. Há o estabelecimento de um campo, dominado por gramíneas e ciperáceas e arbustos esparsos.

Nos ambientes sobre quartzito, mas em relevos mais suavizados e solos incipientes (Cambissolos), a profundidade maior parece propiciar uma vegetação um pouco mais densa que os campos rupestres, do tipo savanóide, com inúmeros arbustos anões.

3.2. Rampas com Vegetação Aberta

Os solos associados à unidade Rampas com Vegetação Aberta, que ocupam 12,1% da área total do PEI, estão representados pelos perfis 2, 3 e 5, como pode ser observado no mapa do Apêndice A. Estes solos

apresentam profundidade até o horizonte C de até 45 cm. A colmatação desses vales se deu com material carreado das vizinhanças, com influência local de xistos, como pode ser observado no perfil 2, que apresenta linha de pedra com fragmentos de xisto rolado. A diversidade de materiais de origem e o acúmulo de substâncias húmicas parecem não afetar a fertilidade e o pH das camadas superficiais destes solos (Quadros 2 e 3), e todos os solos amostrados caracterizam-se pela fertilidade natural muito baixa e pHs ácidos (entre 3,1 e 5,1) em todos os horizontes. Assim, a maior profundidade dos solos favorece a presença de uma vegetação graminosa, mais adensada, admitindo pequenos arbustos. O incremento de argila no perfil 2, pela influência do xisto, está também relacionado com o estabelecimento desta vegetação, com caráter arbóreo mais adensado. No entanto, a melhoria observada neste ambiente não é suficiente para o estabelecimento de uma vegetação de porte maior, como no ambiente de Mata, possivelmente pela deficiência de água.

3.3. Cristas Ravinadas

Nas unidades Cristas Ravinadas (11,1% da área total) não há praticamente desenvolvimento de manto pedogenizado, mas principalmente afloramentos rochosos ou Neossolos Litólicos muito rasos. A vegetação que se desenvolve neste substrato pode ser classificada como campo rupestre; em alguns locais podem ocorrer campos de altitude.

3.4. Escarpas

As Escarpas (15,6% da área total) apresentam características bastante semelhantes às das Cristas Ravinadas com relação a solo e vegetação, quando ocorrem, diferindo-se por apresentar maior declividade, parecendo-se com uma parede de pedra. O quartzito, neste caso, funciona como uma resistência ao aprofundamento do intemperismo. Os pontos mais elevados das Escarpas oferecem grande atrativo visual e podem, em locais estrategicamente escolhidos, ser explorados como mirantes naturais.

3.5. Grotas

São padrões encontrados por todo o parque, controlados estruturalmente pelas falhas e diáclases das rochas, onde as águas de percolação abriram lentamente profundas incisões. É por esses ambientes, que correspondem a 19,2% da área do PEI, que se iniciam as drenagens de cabeceira e formam-se canais de drenagem organizados a jusante. Acumulam-se neste local materiais decompostos de regiões mais elevadas e deposições laterais, com maior disponibilidade de água. O sistema ombrófilo favorece o crescimento de uma vegetação de maior porte, formando Matas de Grotas. Esta vegetação propicia proteção à fauna de maior porte e grande diversidade de habitats.

Nas Grotas, foram detectados Espodossolos e Organossolos. São solos em geral muito ricos em matéria orgânica produzida pela vegetação e mantida pelo ambiente oligotrófico, tendo sua decomposição bioquímica retardada, devido às condições de encharcamento permanente, deficiência de oxigênio e baixas temperaturas. Embora as Grotas se apresentem muito declivosas, a presença da água nesta unidade é constante, por serem ambientes de acúmulo, nascentes e de cursos de água. A profundidade e a maior umidade dos solos desta unidade propiciam também o desenvolvimento de vegetação mais adensada. As Matas de Grotas predominantes nesta unidade podem atingir grande porte, em busca de maior luminosidade.

As Grotas têm importância especial pelas formações espeleológicas e pela possível vegetação endêmica, como a mata rica em bromélias. Essas cavernas quartzíticas são as principais atrações turísticas do parque, que constitui o principal Distrito Espeleológico Quartzítico de Minas Gerais. Hoje, o Cadastro Nacional de Cavidades Naturais Subterrâneas, da Sociedade Brasileira de Espeleologia, registra a existência de 15 cavernas no parque, com destaque para a Gruta das Bromélias, considerada a maior caverna quartzítica do mundo, restando muitas outras cavernas a serem exploradas no parque.

Para CORRÊA NETO et al. (1993), as cavernas da serra podem ser divididas em três grupos, relacionados à sua morfologia, rocha encaixante e gênese.

O grupo I engloba as cavidades de maior porte existentes na região. Nele enquadram-se as grutas das Bromélias, das Casas (600 m de extensão) e dos Moreiras (900 m de extensão, estimado), além de outras menores, como a Gruta dos Coelho (125 m de extensão) e a dos Três Arcos (30 m de extensão). São formadas em uma camada de quartzito fino micáceo extremamente friável, com 1,5 m de espessura. Suas galerias seguem zonas de concentração de fraturas com direções NE-SW, N-S e E-W. No piso das galerias há pequenos cursos d'água, que marcaram o limite entre as zonas vadasas e as freáticas. Na junção de condutos formam-se salões de perfil dômico, resultantes do equilíbrio entre a exfoliação da rocha e o conseqüente colapso. São comuns galerias abandonadas, entulhadas por sedimentos ou por desabamentos, denotando mudanças no curso dos “rios” subterrâneos, localizadas a 1,5 a 2 m acima do atual nível freático. O desnível dessas grutas alcança dezenas de metros.

O grupo II, composto por cavernas como a Gruta dos Fugitivos (186 m de extensão) e a do Pião (122 m de extensão), é caracterizado por galerias meandantes ou retilíneas, com inclinações entre 1 e 2 graus em média. O seu desnível, em geral, não ultrapassa 10 metros. Pode haver salões, formados no entroncamento de galerias ou mesmo como resultado do alargamento de um duto, que podem atingir até 12 m de altura, às vezes sem exibir o perfil dômico. São comuns reentrâncias nas galerias ao nível do piso, com formato circular, semelhantes a cacimbas. No seu fundo, muitas vezes há água estagnada acumulada, mesmo nas épocas de seca. Estas cavidades desenvolvem-se em quartzitos grosseiros micáceos ocasionalmente feldspáticos e nos quartzitos sacaroidais grosseiros comuns da serra.

Nas paredes também há “pipes” de dissolução, concentrados agora em níveis que aparentam representar planos de foliação ou acamamento, ou, ainda, níveis freáticos pretéritos.

As cavernas do grupo III formaram-se por dissolução ao longo do curso dos rios, em especial do Rio do Salto. Algumas, como a Ponte de Pedra (86 m de extensão) e a Gruta do Gnomo (25 m de extensão), desenvolveram-se devido à menor resistência à erosão do quartzito fino.

Outras, como a Gruta do Monjolinho, independem de controle litológico. Todas, entretanto, seguem zonas de fraturamento intenso.

Na unidade de Grotas, as formações espeleológicas devem merecer atenção especial quanto ao tipo de manejo a receber. A restrição, ou seleção, de acesso em determinadas áreas se faz necessária. A educação ambiental é imprescindível e, neste sentido, o controle do acesso é uma atividade que deve ser implantada em algumas áreas desta unidade.

3.6. Mata Baixa com Candeia

A vegetação encontrada no geoambiente denominado Mata Baixa com Candeia, com área equivalente a 24,4% do PEI, é dominada por Candeia (*Vanillosmopsis erytropappa* Sch. Bip), com ocorrência de outras espécies, sendo esta unidade popularmente conhecida como Mata Baixa. A presença intensa de líquens na parte aérea desses indivíduos justifica a associação com Floresta de Duendes (*Elfin Forest*, Floresta Nebular). Embora não tenham sido observadas diferenças aparentes nos níveis de nutrientes no solo, na folha, na casca e nos líquens entre os ambientes em estudo (Quadro 3), sem levar em conta a produtividade de biomassa em cada um deles, a vegetação é muito diferenciada. A localização deste geoambiente, contudo, permite constatar que a menor altitude pode estar propiciando o estabelecimento da vegetação local. Os Cambissolos desenvolvidos nessas áreas são arenosos, com, no mínimo, 84% de areia (Quadro 2), o que dificulta o estabelecimento de uma vegetação florestal mais densa, pela excessiva drenagem do solo e rápida lixiviação de bases.

Quadro 2 - Características químicas e granulometria dos perfis de solos selecionados no Parque Estadual do Ibitipoca, município de Lima Duarte, Minas Gerais

Horizonte	Profundidade	pH H ₂ O	Complexo sortivo						P	t	m	C	N	Areia grossa	Areia fina	Silte	Argila
			Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	SB	Al ³⁺	H ⁺									
		cmol _c dm ⁻³						mg dm ⁻³			%						
P1 - CAMBISSOLO HÚMICO Distrófico latossólico																	
O	10-0	3,1	0,2	0,3	0,34	2,70	3,4	29,4	20,4	4,2	80,2	52,2	1,68				
A1	10-20	3,6	0,0	0,1	0,16	0,52	3,8	22,9	8,5	4,1	93,6	11,8	0,55	48	13	12	27
BA	20-40	4,1	0,0	0,1	0,08	0,20	1,4	9,7	1,9	1,6	88,6	4,7	0,19	42	13	7	38
Bi	40-80	4,4	0,0	0,0	0,01	0,25	0,5	5,8	0,6	0,5	98,0	1,8	0,07	36	14	7	43
P2 - CAMBISSOLO HÚMICO Distrófico léptico																	
O		5,2	3,1	0,8	0,21	4,11	0,6	5,8	4,7	4,7	12,7	18,6	0,49				
A1	0-7	4,2	0,1	0,1	0,07	0,27	1,0	5,9	0,9	1,3	88,7	2,4	0,13	34	25	10	31
AB	7-18	4,7	0,0	0,0	0,04	0,04	0,4	3,7	0,4	0,4	90,9	1,5	0,07	42	18	11	29
Bi	18-37	4,9	0,2	0,0	0,03	0,23	0,1	3,4	0,4	0,3	30,3	1,2	0,06	41	17	11	32
BC	37-60	5,1	0,0	0,0	0,01	0,01	0,0	1,5	0,4	0,0	0,0	0,5	0,02	30	23	22	25
CR	60-120 ⁺	4,8	1,2	0,0	0,19	1,39	0,3	2,0	0,4	1,7	17,8	0,5	0,01	25	22	33	19
P3 - NEOSSOLO LITÓLICO Distrófico																	
O		4,3	1,2	0,3	0,19	1,69	1,3	9,8	7,7	3,0	43,5	6,0	0,36				
A1	0-15	4,1	0,1	0,0	0,05	0,15	1,9	6,4	2,9	2,1	92,7	1,9	0,16	82	10	5	3
A2	15-30	4,1	0,0	0,0	0,02	0,02	2,2	8,4	3,3	2,2	99,1	1,5	0,01	84	5	2	8
A3	30-70	4,2	0,0	0,0	0,01	0,01	1,0	5,4	1,9	1,1	99,1	1,0	0,07	91	3	1	4
P4 - NEOSSOLO LITÓLICO Distrófico																	
O		3,8	0,4	0,2	0,11	0,71	0,6	6,8	7,9	1,3	45,0	3,8	0,24				
A1	0-20	3,8	0,1	0,0	0,06	0,16	1,2	5,2	5,6	1,4	88,2	1,7	0,01	83	9	4	4
A2	20-65	4,2	0,1	0,0	0,04	0,14	1,4	4,9	2,7	1,5	90,9	1,2	0,07	89	5	1	4

Continua...

Quadro 2, Cont.

Horizonte		PH H ₂ O	Complexo sortivo						P	t	m	C	N	Areia grossa	Areia fina	Silte	Argila
Profundidade			Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	SB	Al ³⁺	H ⁺									
cm		cmol _c dm ⁻³						mg dm ⁻³			%						
P5 - CAMBISSOLO HÚMICO Distrófico típico																	
O		4,1	0,5	0,1	0,14	0,74	2,6	17,2	3,3	3,3	77,8	9,5	0,49				
A1	0-12	4,1	0,2	0,1	0,12	0,42	2,8	18,3	2,9	3,2	87,0	6,8	0,45	45	18	15	22
A2	12-35	4,2	0,0	0,0	0,02	0,02	2,3	14,5	1,5	2,3	99,1	4,3	0,20	43	24	11	21
AB	35-45	4,2	0,0	0,0	0,02	0,12	1,4	7,8	0,6	1,5	92,1	1,8	0,09	43	18	10	29
Bi	45-75	4,6	0,1	0,0	0,02	0,12	0,4	3,2	0,4	0,5	76,9	0,8	0,03	46	6	5	43
BC	75-120	4,6	0,0	0,0	0,01	0,01	0,4	2,6	0,6	0,4	97,6	0,8	0,02	64	8	6	23
P10 - ORGANOSSOLO HÁPLICO																	
O		3,9	0,0	0,3	0,00	0,30	1,9	18,1	20,4	2,2	86,4	7,3	0,13				
A1	0-10	3,5	0,4	0,1	0,17	0,68	2,2	13,3	14,6	2,9	76,4	4,5	0,28	76	11	6	8
E	10-25	3,5	0,1	0,1	0,07	0,27	2,8	12,5	11,6	2,9	91,2	3,7	0,22	76	12	6	7
2A	25-60	3,2	0,1	0,0	0,06	0,16	9,1	36,8	11,0	3,1	98,3	3,1	0,20	54	14	19	13
2C	60-85	3,7	0,2	0,4	0,04	0,64	4,0	14,5	6,1	9,3	86,2	11,5	0,38	82	8	4	6
P11 - ESPODOSSOLO FERROCÁRBICO Órtico																	
O		3,6	1,6	0,1	0,20	1,90	1,6	14,9	6,1	3,5	45,7	7,0	0,36				
A1	0-5	3,7	0,1	0,1	0,08	0,28	2,0	8,1	6,9	2,3	87,7	3,2	0,17	77	7	4	12
E	5-15	3,7	0,1	0,1	0,07	0,27	1,8	8,8	4,7	2,1	87,0	3,0	0,15	80	6	4	10
Bh	15-65	3,6	0,0	0,0	0,05	0,05	1,9	9,8	2,7	2,0	97,4	2,4	0,15	77	5	6	12
Bhs	65-83	4,4	0,1	0,0	0,03	0,13	0,8	4,3	0,6	0,9	86,0	1,0	0,04	78	8	3	10
Bs1	83-85	4,3	0,1	0,0	0,00	0,10	0,8	6,6	2,1	0,9	88,9	1,1	0,04	76	8	4	12
Bs2	85-130 ⁺	4,7	0,1	0,0	0,01	0,11	0,6	2,5	2,1	0,7	84,5	0,7	0,03	81	9	3	7

Continua...

Quadro 2, Cont.

Horizonte		pH H ₂ O	Complexo sortivo						P	t	m	C	N	Areia grossa	Areia fina	Silte	Argila
Profundidade			Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	SB	Al ³⁺	H ⁺									
cm		cmol _c dm ⁻³						mg dm ⁻³		%							
P6 - CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico léptico																	
O		3,7	0,0	0,1	0,19	0,79	1,80	10,7	4,9	2,6	69,5	7,0	0,50				
A1	0-5	3,8	0,0	0,0	0,08	0,18	1,80	6,9	2,3	2,0	90,9	2,0	0,11	67	16	3	14
E	5-16	3,9	0,0	0,0	0,04	0,14	1,40	5,0	1,7	1,5	90,9	1,4	0,06	75	14	2	9
2A	16-40	4,0	0,1	0,0	0,03	0,03	1,40	5,4	1,1	1,4	97,9	1,4	0,07	70	13	3	14
Bi	40-60	4,2	0,0	0,0	0,02	0,12	1,00	3,5	0,7	1,1	89,3	0,8	0,04	68	13	4	15
CR	60-100 ⁺	4,7	0,0	0,0	0,01	0,11	0,50	1,8	0,6	0,6	82,0	0,4	0,02	81	7	3	9
P7 - CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico típico																	
O		4,2	0,1	0,1	0,12	0,62	1,30	6,1	3,3	1,9	67,7	3,0	0,04				
A1	0-10	3,8	0,1	0,0	0,09	0,19	1,80	6,5	2,9	2,0	90,5	2,2	0,09	70	14	5	10
E	10-18	4,1	0,1	0,0	0,02	0,12	1,30	4,8	1,9	1,4	91,5	1,5	0,08	70	16	5	9
2A	18-40	4,3	0,0	0,0	0,02	0,02	1,00	4,1	1,1	1,0	98,0	1,5	0,07	69	16	5	10
AB	40-60	4,5	0,1	0,0	0,02	0,12	0,80	3,5	0,7	0,9	87,0	1,0	0,06	70	15	4	10
Bi	60-90	4,7	0,0	0,0	0,01	0,01	0,60	1,9	0,4	0,6	98,4	0,6	0,03	74	11	3	12
C1	90-120	4,9	0,0	0,0	0,01	0,01	0,20	1,9	0,2	0,2	95,2	0,6	0,03	75	12	5	8
C2	120-160 ⁺	5,0	0,1	0,3	0,01	0,41	0,10	2,0	0,4	0,5	19,6	0,7	0,02	69	15	7	9

Continua...

Quadro 2, Cont.

Horizonte		pH H ₂ O	Complexo sortivo						P	t	m	C	N	Areia grossa	Areia fina	Silte	Argila
Profundidade			Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	SB	Al ³⁺	H ⁺									
cm		cmol _c dm ⁻³						mg dm ⁻³				%					
P8 - NEOSSOLO LITÓLICO Distrófico																	
O		4,5	1,3	0,0	0,17	1,47	1,00	8,9	7,1	2,5	40,5	4,6	0,27				
A1	0-10	4,1	0,2	0,0	0,06	0,26	1,40	5,4	3,5	1,7	84,3	1,9	0,14	73	14	5	8
A2/E	10-30	4,7	0,0	0,0	0,04	0,04	1,30	5,0	2,3	1,3	97,0	1,1	0,08	73	13	5	10
C1	30-60	4,7	0,1	0,1	0,03	0,23	0,50	2,5	2,5	0,7	68,5	0,5	0,01	75	12	6	7
P9 – Horizonte O sobre o quartzito																	
O		4,1	0,3	0,1	0,07	0,47	1,40	5,5	5,6	2,3	74,9	6,8	0,30	61	17	11	11
P12 - NEOSSOLO LITÓLICO Húmico típico																	
O		3,6	0,2	0,1	0,12	0,42	2,30	8,9	5,1	2,7	84,6	2,9	0,20				
A1	0-10	3,4	0,1	0,0	0,05	0,15	2,70	12,8	5,1	3,1	94,7	2,8	0,15	75	10	5	9
A2	10-40	3,3	0,1	0,0	0,03	0,13	1,50	5,4	2,3	2,9	92,0	2,1	0,16	77	9	5	8
A3	40-80	4,0	0,1	0,0	0,02	0,12	1,00	6,8	1,9	1,6	89,3	2,0	0,07	92	2	3	3
A/E	80-120	4,2	0,1	1,0	0,01	1,11	0,80	4,2	2,3	1,1	41,9	0,9	0,04	85	8	3	3
CR	120-140 ⁺	4,4	0,4	0,1	0,18	0,68	2,20	13,3	14,6	1,9	76,4	0,7	0,03	82	5	6	6

SB = soma de bases; t = capacidade de troca efetiva; m = saturação por alumínio; C = carbono orgânico total; N = nitrogênio total.

3.7. Mata Alta sobre Xisto

A Floresta Ombrófila Densa Altimontana, ocupando uma área correspondente a 7,3% do PEI, parece estar associada ao aparente aumento nos teores de argila do horizonte B (43%), bem como aos efeitos das maiores profundidades do solo. O aumento de argila, em relação aos outros ambientes, é explicado pelo material de origem: xisto-rocha metamórfica intensamente fraturada. Os solos são mais desenvolvidos, e mesmo os Cambissolos Húmicos distróficos latossólicos mostram estrutura mais favorável à manutenção da umidade e maior Capacidade de Troca de Cátions (CTC), como pode ser observado no Quadro 2. Assim, as espécies florestais encontram melhores condições para se estabelecerem, suprindo a deficiência de nutrientes do solo com maior eficiência pela ciclagem. A melhoria nas características físicas dos solos (porosidade, drenagem, textura, umidade, profundidade e permeabilidade) pode compensar propriedades químicas ou biológicas adversas. Conforme observado no campo, a maior produção de biomassa e liter e o horizonte O mais desenvolvido podem indicar maior produtividade primária e ciclagem mais intensa de nutrientes.

3.8. Topos Aplainados

Áreas de cimeira, interligando as grandes elevações, normalmente ocorrendo entre 1.620 a 1.780 m de altitude, em relevo suave ondulado, formam superfícies aplainadas pela erosão, sendo, portanto, uma formação em transição, com área de 6,1% do PEI. Neste geoambiente predominam Cambissolos com caráter latossólico sobre o saprolito residual de xisto, na maioria húmicos, Organossolos e Neossolos litólicos sobre o substrato quartzítico. A vegetação é predominantemente campestre, como já descrito anteriormente. É uma área de forte atração turística, com visitação restrita, em vista do risco de acidentes nas trilhas de difícil conservação e com pouca visibilidade em dias nublados.

4. CONCLUSÕES

Os resultados obtidos levaram às seguintes conclusões:

- A metodologia utilizada para estratificação do Parque Estadual do Ibitipoca permitiu a distinção de oito geoambientes. A vegetação e a profundidade dos solos parecem ser os melhores indicadores de ambientes.
- Os 1.488 ha do parque estão percentualmente divididos entre os geoambientes, da seguinte forma: Patamares com Espodossolos, 4,0%; Cristas Ravinadas, 11,1%; Escarpas, 15,6%; Grotas, 19,2%; Mata Baixa com Candeia, 24,4%; Mata Alta sobre Xisto, 7,3%; Topos Aplainados 6,1%; Rampas com Vegetação Aberta, 12,1%.
- A vegetação, estabelecida em cada um dos geoambientes, tanto em termos de fisionomia quanto tipologia, parece condicionada pela disponibilidade de água no solo. De forma geral, os solos, em todos os geoambientes, são ácidos e pobres em nutrientes.
- Os geoambientes Mata Alta e Grotas sofrem menor estresse hídrico, em razão das condições físicas do solo (profundidade e textura) e do possível aumento da retenção de água. Há, nestes ambientes, concentrações maiores de P e K do que nos ambientes de campo.

- Na Mata com Candeia, a pobreza de nutrientes do ambiente parece ser limitante para a não-ocorrência de uma tipologia florestal mais densa. Nos campos de altitude, o bioclima mais frio parece estar relacionado com o estabelecimento desta vegetação. Sua presença difere da dos campos rupestres, por associar-se a solos mais profundos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- COMPANHIA ENERGÉTICA DE MINAS GERAIS – CEMIG. **Levantamento aerofotogramétrico**. Bias Fortes: 1987. Mapa, escala 1:10.000 (ortofoto).
- CORRÊA NETO, A.V., ANÍSIO, L.C.C., BRANDÃO, C.P. Um endocaste quartzítico na Serra do Ibitipoca, sudeste de Minas Gerais. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DE MINAS GERAIS, 7., 1993, Belo Horizonte: **Anais...** Belo Horizonte: Sociedade Brasileira de Geologia, Núcleo Minas Gerais, 1993. p.83-86.
- COSTA, C.M.R, HERMANN, G., MARTINS, C.S., LINS, L.V., LAMAS, I.R. (Orgs.) **Biodiversidade em Minas Gerais**: um atlas para sua conservação. Belo Horizonte: Fundação Biodiversistas, 1998. 94p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Ciências do Solo. **Manual de métodos e análises de solo**. Rio de Janeiro: 1997. 212p.
- ENVIROMENTAL SYSTEMS RESEARCH INSTITUTE - ESRI. **Arc/INFO**, versão 7.2.1. Redlands: 1994.
- ENVIROMENTAL SYSTEMS RESEARCH INSTITUTE -ESRI. **ArcView GIS**, versão 3.1. Redlands: 1998.

- FEIO, R.N. **Aspectos ecológicos dos anfíbios registrados no parque Estadual do Ibitipoca, Minas Gerais (Amphibia, Anura)**. Rio de Janeiro: UFRJ, 1990. 1065p. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas/Zoologia) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, 1990.
- FIGUEIRA, J.E.C., VASCONCELOS NETO, J. Paepalanthus, cupins e aranhas. **Ciência Hoje**, v. 13, n.75, p. 20-25, 1991.
- FONTES, M.A.L **Análise da composição florística das florestas nebulares do parque Estadual do Ibitipoca, Minas Gerais**. Lavras: UFLA, 1997. 50p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal de Lavras, 1997.
- FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Geografia do Brasil: região suldeste**. Rio de Janeiro: SERGRAF – IBGE, 1977. 667p.
- INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS APLICADAS – IGA. Minas Gerais: **parque Florestal do Ibitipoca**. Belo Horizonte: 1986. Mapa, escala 1:10.000.
- INSTITUTO ESTADUAL DE FLORESTAS – IEF. TERRA CONSULTORIA E ASSESSORIA EM ESTUDOS GEOAMBIENTAIS. **Caracterização geoespeleológica do parque Estadual do Ibitipoca**. Belo Horizonte: 1993. 25p. (Relatório parcial)
- MILANO, M.S., RIZZI, N.E., KANIAC, V.C. **Princípios básicos de manejo e administração de áreas silvestres**. Curitiba: ITCF, 1986. 57p.
- OLIVEIRA-FILHO, A.T., FLUMINHAN-FILHO, M. Ecologia da vegetação do parque Florestal Quedas do Rio Grande. **Revista Cerne**, v.5, n.2, p.51-64, 1999.
- ROCHA, G.C. **Solos do parque Estadual do Ibitipoca**. In: SEMINÁRIO DE PESQUISA SOBRE O PARQUE ESTADUAL DO IBITIPOCA, 1., 1997, Juiz de Fora. Núcleo de Pesquisa em Zoneamento Ambiental da UFJF, p.33-42, 1997.
- SCHAEFER, C.E.R. Ecogeography and Human Scenario. **Ciência e Cultura**, v.49, n.4, p.241-252. 1997.
- SEMINÁRIO DE PESQUISA SOBRE O PARQUE ESTADUAL DO IBITIPOCA. **Anais do 1º seminário de pesquisa sobre o parque Estadual do Ibitipoca**. Juiz de Fora: Núcleo de Pesquisa em Zoneamento Ambiental da UFJF, 1997. 116p.

- SILVA, A.B. **Ambientes e uso agrícola do município de Camocim de São Félix (PE)**. Viçosa: UFV, 201p., 1999. Tese (Doutorado em Solos) – Universidade Federal de Viçosa, 1999.
- TAIZ, L., ZEIGER, E. **Plant physiology**. California: Benjamin/Cummings Publishing Company, 1991. 559p.
- TRICART, J., KIEWITDEJONGE, C. **Ecogeography and rural management**. Harlow: Longman Scintific, 1992. pags.
- YEOMANS, J.C., BREMNER, J.M. A rapid and precise method for rutine determination of organic carbon in soil. **Communications Soil Science Plant Analysis**, v.19, n.13, p.1467-1476, 1988.
- WILCOX, A.T. **Short term consultant in park and recreation administration to the superior school of Forestry Federal University of Viçosa: Colorado State University**. Viçosa: UFV, 1978. p.40-50.

CAPÍTULO 2

PEDOGÊNESE EM TRANSECTOS DE SOLOS DO PARQUE ESTADUAL DO IBITIPOCA: QUÍMICA, MINERALOGIA E RELAÇÕES SOLO-FITOFISIONOMIA

1. INTRODUÇÃO

1.1. Considerações gerais

Os estudos de solos como interface da biosfera com o meio físico podem prover valiosas informações sobre a constituição e dinâmica das paisagens.

O Parque Estadual do Ibitipoca, criado em 4 de julho de 1973, está situado no distrito de Conceição do Ibitipoca, no município de Lima Duarte, sudeste de Minas Gerais, entre as coordenadas 21°40' - 21°44'S e 43°52'-43°55'WGr., abrangendo 1.488 ha da Serra do Ibitipoca, com cotas altimétricas que variam de 1.050 m a 1.784 m. (FONTES, 1997; FEIO, 1990). A Serra do Ibitipoca é parte da Mantiqueira Mineira (CENTRO..., CETEC, 1983), sendo constituída de Quartzitos Sacaroidais grosseiros com muscovita, intercalações de quartzitos finos micáceis e biotita - xisto, do grupo Andrelândia (CORRÊA NETO et al., 1993).

O PEI é uma unidade de conservação administrada pelo Instituto Estadual de Florestas de Minas Gerais, e, embora seja protegido desde

1965, foi criado em 4 de julho de 1973, através da Lei 6.126. Engloba toda a parte alta da Serra do Ibitipoca, que está situada dentro da Unidade Geomorfológica da Serra da Mantiqueira, e é também referido como parte integrante dessa cadeia (FEIO, 1990). A mais antiga menção escrita da Serra do Ibitipoca, segundo DELGADO (1962), aparece nos relatos da “bandeira” do padre João Faria de Fialho, vigário de Taubaté, em 1692. Muitas das grutas existentes no parque já foram utilizadas como esconderijo por escravos fugidos de fazendas e engenhos da região.

Grande riqueza literária sobre o PEI pode ser encontrada no relatório final apresentado pelo IEF e BRANDT MEIO AMBIENTE (1995), que apresenta Conceição do Ibitipoca como uma das localidades mineiras mais antigas, ocupada em função de suas exuberâncias e riquezas, e, ainda, relata o seguinte:

“...Existem divergências quanto ao significado do termo. Os indianistas relacionam a expressão Ibitipoca com os topônimos tupis ‘ibi’ (pedra) e ‘oca’ (casca/gruta) - montanha partida. Já de acordo com outros autores, esta palavra significaria IBITU (ventania) ou serra da ventania e PUG (estalo/estrondo) ou pedra que explode. Em meados do século XVII, o pequeno arraial do Ibitipoca possuía uma expressiva população, com atividade econômica calcada, inicialmente, na mineração e mais tarde na agropecuária, sendo rodeada por fazendas de grandes extensões territoriais. Em 1781 ocorreu a repartição das terras do sul, no Rio do Peixe e suas adjacências. Com a concessão de sesmarias aos colonos, legalizou-se a situação dos moradores de Ibitipoca.

O começo do século XX marcou a revivescência do interesse científico pela Serra do Ibitipoca, o que pode também ser comprovado através da visita à serra do cientista Álvaro da Silveira, que, tendo percorrido seus principais pontos naturais, como Ribeirão do Salto, Lombada, Ponte da Pedra, Pico do Pião e algumas cavernas, fez registros fotográficos dos mesmos e da presença humana nos garimpos residuais e nas fazendas.

Em maio de 1973, criou-se o Parque Florestal de Ibitipoca. Nos primeiros anos de existência do Parque, foram realizados serviços básicos de manutenção e controle, como construção de trilhas e estradas e conservação de aceiros. A vocação turística da área se manifestou já neste período, quando foi instalada uma área de *camping*.

Entre os anos de 1984 e 1987, o Parque foi fechado para a visitação pública, objetivando sua reestruturação e implantação de infra-estrutura, como casas de funcionários, lanchonete, vestiários e áreas de convívio. Outros projetos arquitetônicos e funcionais foram executados em anos posteriores. Ainda que considerado um dos mais bem equipados parques do Estado, e com uma situação fundiária plenamente resolvida, o Parque do Ibitipoca convive, desde a sua criação, com problemas decorrentes do crescente fluxo turístico e da carência de recursos para implantação de programas amplos de educação ambiental e preservação”.

Alguns estudos preliminares sobre os solos do PEI podem ser encontrados na literatura. Para ANDRADE et al. (1984), os solos são litossolos originados das rochas quartzíticas, pouco desenvolvidos e de pouca espessura, podendo sustentar vegetação de pequeno porte, com exceção das zonas de fraturas intensas, onde os mantos de alteração são mais profundos e podem sustentar vegetação de maior porte. ROCHA (1997), estudando duas toposseqüências de solos na área leste do parque, observou diferenças no que diz respeito ao material de origem e às características texturais dos solos, que mostraram elevada acidez, baixa capacidade de troca de cátions e pobreza em nutrientes.

Conforme discutido no capítulo anterior, os solos mais desenvolvidos ocorrem na área sobre xistos, geoambiente denominado mata grande; nos demais geoambientes, todos relacionados aos quartzitos, há Neossolos, Cambissolos, Espodossolos e Organossolos.

Espodossolos e Organossolos são de expressiva ocorrência na área do parque; assim, o estudo da gênese destes solos pode fornecer informações capazes de auxiliar o manejo e a conservação do parque, bem como contribuir com o conhecimento da pedogênese destas classes de solos.

Em áreas de altitude, a importância qualitativa e quantitativa da matéria orgânica nos processos pedogenéticos tem sido demonstrada (BENITES et al., 1999), e outros estudos em áreas de conservação, onde as relações solo-vegetação se mostram pouco impactadas, são de destacada relevância científica.

Os Espodossolos são caracterizados por migrações do ferro e do alumínio, constituindo fenômeno comum abaixo do horizonte de húmus ácido em meio redutor, em qualquer tipo de material. Em regiões frias e úmidas, a taxa de decomposição do lítér é menor que a produção, o que ocasiona acúmulo de material orgânico sobre a superfície do solo, com capacidade de complexar e remover Fe e Al do sistema, formando horizontes superficiais alvícos sobrepostos a horizontes espódicos, caracterizando o processo pedogenético de podzolização (SENTIUS, 1958) ou espodização (EMBRAPA, 1999).

Devido às cargas desenvolvidas nos grupos funcionais das substâncias húmicas, estas podem interagir com Fe, Al e Si de várias formas, entre as quais estão as interações da matéria orgânica com os íons metais, com os oxiidróxidos de Fe e Al e com os minerais de argila silicatada. A interação da matéria orgânica com íons metais se dá pela complexação ou quelatação.

Observando-se a forte interação entre as características geoambientais e os solos, o objetivo deste trabalho foi avaliar os atributos químicos, físicos e mineralógicos, bem como as relações solo-vegetação nos solos do Parque Estadual do Ibitipoca e relacioná-las com a pedogênese.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Coleta dos solos

Foram coletados 12 perfis de solos, distribuídos em três transectos em diferentes ambientes do parque. Em cada perfil foram coletadas amostras para as análises químicas e texturais de cada horizonte. A Figura 1 ilustra alguns dos perfis coletados.

2.2. Morfologia e micromorfologia

Em virtude da natureza arenosa, não foram realizadas descrições morfológicas completas da estrutura, em que predominava grão simples. Amostras indeformadas, coletadas em caixetas de alumínio, foram secas em estufa de circulação forçada, à temperatura de aproximadamente 35°C, e impregnadas com resina. Após secagem e polimerização à temperatura ambiente, foram cortadas e polidas, confeccionando-se lâminas, que foram analisadas por microscopia ótica, para estudo das feições micropedológicas (microestrutura, porosidade, minerais do esqueleto e presença de horizonte espódico), de acordo com FITZPATRICK (1993).

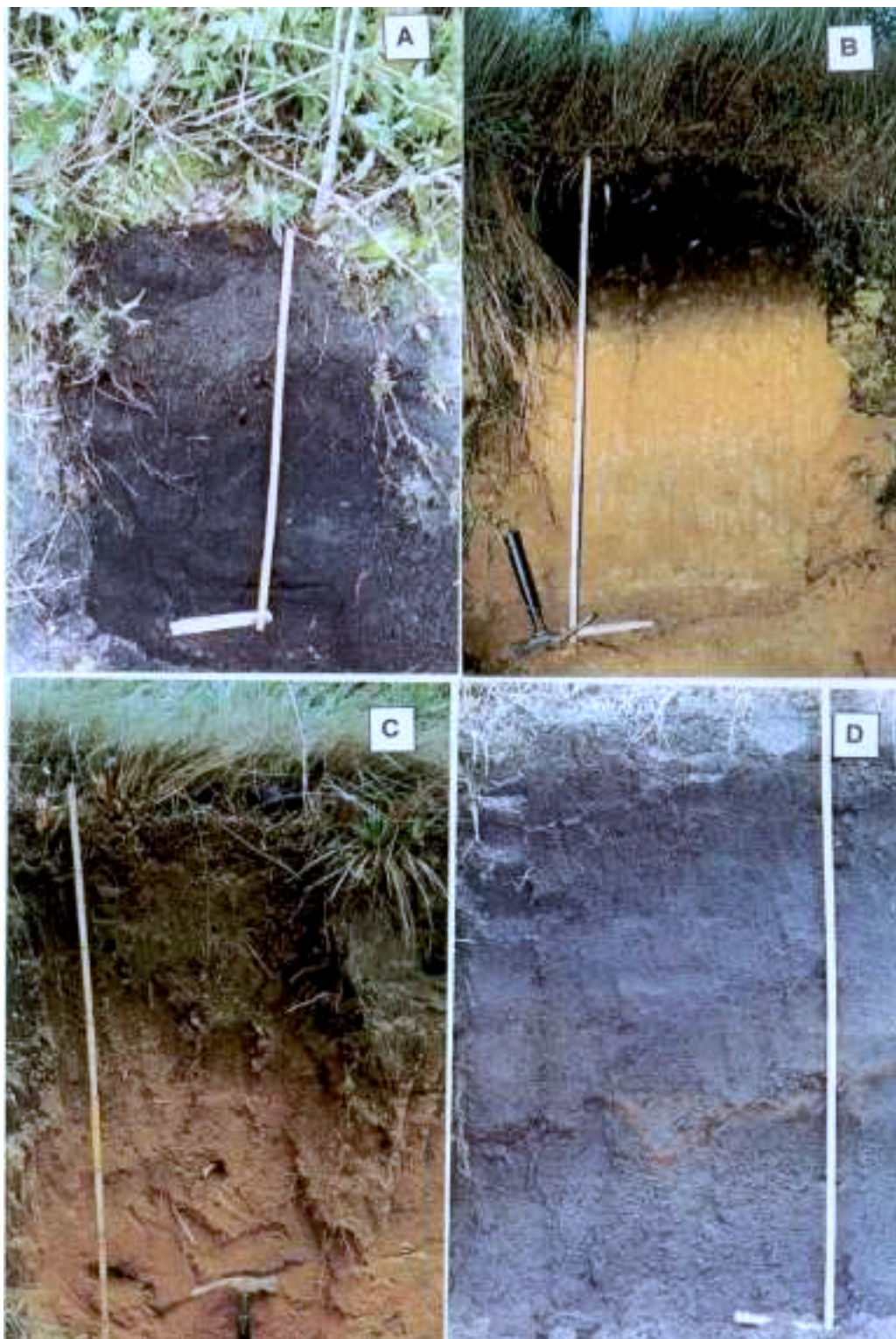


Figura 1 - Perfis de alguns dos solos coletados no Parque Estadual do Ibitipoca, município de Lima Duarte (MG): ORGANOSSOLO (A); CAMBISSOLO HÚMICO Distrófico típico (B); CAMBISSOLO HÁPLICO Distrófico típico (C); ESPODOSSOLO FERROCÁRBICO Órtico (D).

2.3. Análises químicas e texturais dos solos

As análises foram feitas em laboratórios do Departamento de Solos da Universidade Federal de Viçosa. Com exceção da análise de carbono total, todas as demais seguiram os métodos da EMBRAPA (1997).

Análises químicas

- pH em água e em KCl 1 mol/l - determinados potenciométricamente na suspensão solo-solução 1:2,5, com tempo de contato mínimo de uma hora e agitação da suspensão antes da leitura.
- Cálcio e magnésio trocáveis - extraídos com KCl 1 mol/l, na proporção 1:20, e dosados através de absorção atômica.
- Potássio trocável - extraído com HCl 0,05 mol/l, na proporção 1:10, e dosado por fotometria de chama.
- Alumínio trocável - extraído com KCl 1 mol/l, na proporção 1:20, e determinado por titulação com NaOH 0,025 mol/l.
- Acidez extraível - ($H^+ + Al^{3+}$) - extraída com acetato de cálcio 1 N ajustada a pH 7,0, na proporção 1:15, e determinada por titulação com NaOH 0,0606 mol/l.
- Fósforo - extraído com solução de HCl 0,05 mol/l e H₂SO₄ 0,025 mol/l (Mehlich-1) e determinado por colorimetria na presença de ácido ascórbico.
- Carbono orgânico total - determinado pelo método de YEOMANS e BREMNER (1988).

Análise textural

Procedeu-se à dispersão de 10 g de TFSA com NaOH 0,1 mol/l e agitação em alta rotação, durante 15 minutos. As frações areia grossa e areia fina foram separadas por tamização. A fração argila foi determinada pelo método da pipeta, e a fração silte, calculada por diferença (EMBRAPA, 1997).

2.4. Análises de tecidos vegetais e líquens

Em cada uma das unidades amostrais, foram coletados folhas, material lenhoso e casca, para análise química da biomassa. Coletaram-se indivíduos próximos aos perfis de solos de espécies dominantes na unidade e, quando não ocorria dominância aparente, foram utilizadas amostras de indivíduos mais próximos.

O material vegetal coletado, acondicionado em sacos de papel, foi seco em estufa com circulação de ar a 50°C durante 48 horas. Após secagem, este material foi triturado em moinho tipo martelo. Procedeu-se então à homogeneização e amostragem em cada categoria, com posterior encaminhamento ao Laboratório de Solos Florestais do Departamento de Solos da UFV, para análise química.

Devido à grande presença de líquens nos troncos e galhos dos indivíduos arbóreos, procedeu-se também a coleta, secagem, trituração e análise química deste material em separado.

2.5. Carbono orgânico (fracionamento e mineralizável)

Formas de Carbono e Fracionamento da Matéria Orgânica Solúvel

Para efeito de comparação entre formas de carbono total e oxidável, foram utilizados dois métodos de determinação de carbono, com análises em triplicatas. O primeiro foi o método de dicromatometria (Walkley-Black), conforme descrito por EMBRAPA (1997), utilizando-se na titulação o indicador de Ferrouso. Os valores de carbono obtidos por este método foram denominados carbono orgânico oxidável (COO). O segundo método empregado foi o de dicromatometria com uso de fonte externa de calor, conforme descrito por YOEMANS e BREMNER (1988). Os valores de carbono obtidos por este método foram denominados carbono orgânico total (COT), embora não seja considerado um método-padrão para determinação do COT (NELSON e SOMMERS, 1982). Foi empregado também o método gravimétrico de perda por ignição (PPI), que estima o teor de matéria orgânica após calcinação a 430°C por cinco horas (DAVIES e LOSS, 1974).

O fracionamento das substâncias húmicas foi feito em triplicatas das amostras estudadas, segundo a técnica de solubilidade diferencial, utilizando-se os conceitos de frações húmicas estabelecidos pela International Humic Substances Society, descritos por HAYES et al. (1989). Na extração dos ácidos húmicos e fúlvicos foi usada a solução de NaOH 0,1 mol/l na relação solo:extrator de 1:10 p/v, utilizando-se 1,0 g de solo ou 0,5 g para as amostras com teor de carbono total superior a 10,0 dag/kg e um tempo de contato de 12 horas. O resíduo do extrato alcalino foi recolhido e reservado para determinação de carbono na forma de humina (HUM). No extrato alcalino (EA), o pH foi ajustado para $2,0 \pm 0,1$ com solução aquosa de H₂SO₄ 20% e decantado por 12 horas. O precipitado, fração ácidos húmicos (FAH), foi separado da fração solúvel por centrifugação e rediluído em solução NaOH 0,1 mol/l, com seu volume aferido para 50 ml. A porção solúvel no extrato acidificado, fração ácidos fúlvicos (FAF), teve o volume aferido para 50 ml, utilizando-se água destilada. A determinação quantitativa de carbono nos extratos das frações ácidos fúlvicos e ácidos húmicos foi feita segundo o método de YEOMANS e BREMNER (1988), utilizando alíquotas de 5 ml de extrato e 2,5 ml de dicromato, e mantendo-se a relação 1:2 solução:ácido sulfúrico. Foram calculadas as relações entre as frações ácidos húmicos e ácidos fúlvicos (AH:AF) e a relação entre as frações solúveis no extrato alcalino (fração ácidos fúlvicos + fração ácidos húmicos) e o resíduo (Humina), obtendo-se o índice (EA:H).

Carbono Mineralizável através da Evolução de CO₂

Em amostras dos horizontes A e B dos perfis de referência e sob manejo, avaliou-se o carbono mineralizável, pelo CO₂ produzido pela microbiota do solo, determinado por captura em solução de NaOH (CURL e RODRIGUEZ-KABANA, 1972; GREGORICH e ZECH, 1990). Para isso, amostras de 100 g de TFSA foram incubadas, com umidade igual a 80% do equivalente de umidade, sob circulação forçada de ar livre de CO₂. O CO₂ produzido foi recolhido por borbulhamento em erlenmeyer com NaOH 0,25 mol/l, determinando-se o excesso de NaOH por titulação com HCl 0,1 mol/l.

2.6. Caracterização mineralógica da fração argila

A argila natural, dos perfis que apresentaram horizonte B, obtida por sedimentação, após dispersão com NaOH, foi avaliada qualitativamente por difratometria de raios X e rodada entre 4 e 40° 2θ, em difratômetro com tubo de ferro e filtro de manganês.

2.7. Extração de ferro com ditionito e com oxalato

Foi realizada uma extração de Fe na terra fina seca ao ar com ditionito-citrato-bicarbonato de sódio, para quantificação do teor de óxidos de ferro livres (MEHRA e JACKSON, 1960), e com oxalato ácido de amônio 0,2 mol/l, pH 3,0, no escuro (McKEAGUE e DAY, 1966), para quantificação de formas de ferro menos cristalinas; a relação Fe_{DCB}/Fe_{OXA} foi calculada a partir dos teores de Fe_2O_3 determinados nos extratos por absorção atômica.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Morfologia e micromorfologia

Alguns aspectos pedogenéticos foram identificados em seções finas do Espodossolo, compreendendo os principais horizontes (A1, E, Bh, Bhs, Bs1).

As principais feições observadas são compatíveis com os modelos de pedogênese (De CONINCK e McKEAGUE, 1985) desses solos, a saber: no horizonte A1, há predomínio de grãos minerais, em sua quase totalidade quartzo, entremeados de fragmentos polimórficos de matéria orgânica, com raros restos orgânicos, Figura 2 (A); nos espaços intergranulares, são comuns pontuações orgânicas com padrão típico de pelotas fecais de microartrópodes, Figura 2 (B), além de canais biológicos de raízes ou fauna, Figura 2 (B). A microestrutura é em grãos simples, com algum recobrimento orgânico nos grãos de quartzo.

A parte superior do horizonte E, Figura 2 (C), evidencia menor participação relativa dos fragmentos orgânicos intergranulares e concentração residual de quartzo, a exemplo do descrito por BENITES (1998) e MELO MARQUES (2000) em podzóis do Brasil e ESWARAM et al. (1972) e RIGHI e De CONINCK (1974) em outros continentes. Na parte inferior do horizonte E observa-se presença de grãos simples, com

recobrimento difuso de materiais inorgânicos amorfos ou cristalinos, provavelmente hidróxidos de Fe/Al, Figura 2 (D). Assim, em pouco mais de 5 cm verificou-se a transição do horizonte eluvial com transição para A1 (5 cm de profundidade) para o eluvial típico (10 cm de profundidade), onde as formas cristalinas de Fe/Al estão em processo ativo de quelatação e remoção por “descendun” para os horizontes espódicos, abaixo.

Na parte inferior da lâmina, observa-se a borda de transição abrupta entre E e Bhs, Figura 2 (E), em que os grãos de quartzo formam o esqueleto básico, com agregados organominerais, com maior ou menor participação orgânica, Figura 2 (F). As diferenças entre o Bh e o Bhs são basicamente de cor: valor e croma baixos no Bh, Figura 3 (A), e croma mais elevada em Bhs, Figura 3 (B). O padrão descrito é absolutamente convergente aos Ortsteins descritos na literatura em horizontes Bs de podzóis (De CONINCK et al., 1974; De CONINCK e McKEAGUE, 1985; MELO MARQUES, 2000) e dominados por material organomineral monomórfico fraturado, Figura 3 (C e D), com Al e Fe precipitados, além de teores de P mais elevados (Quadro 1). Feições semelhantes ao horizonte plácico podem ser constatadas, Figura 3 (E), onde duas gerações de deposição ferruginosas são observáveis: uma mais avermelhada (ferridrita-hematita) e outra xantinizada, possivelmente de goethita, embora esses óxidos não tenham sido observados por DRX.

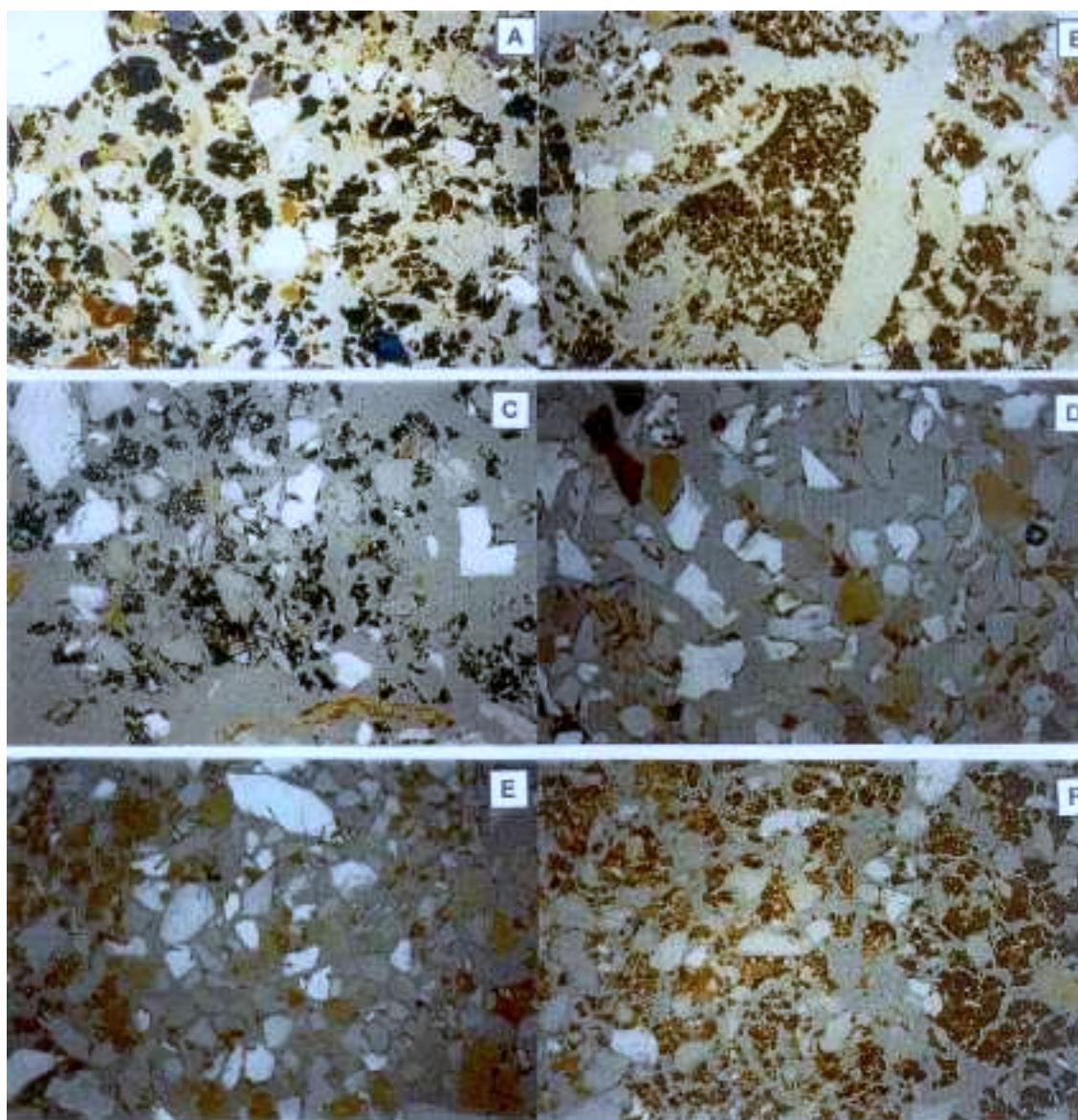


Figura 2 - Fotomicrografia das seções finas dos horizontes pedogenéticos E e Bh do Espodossolo (P11) do Parque Estadual do Ibitipoca, município de Lima Duarte, MG. A largura de cada fotografia corresponde a 1.000 μ .

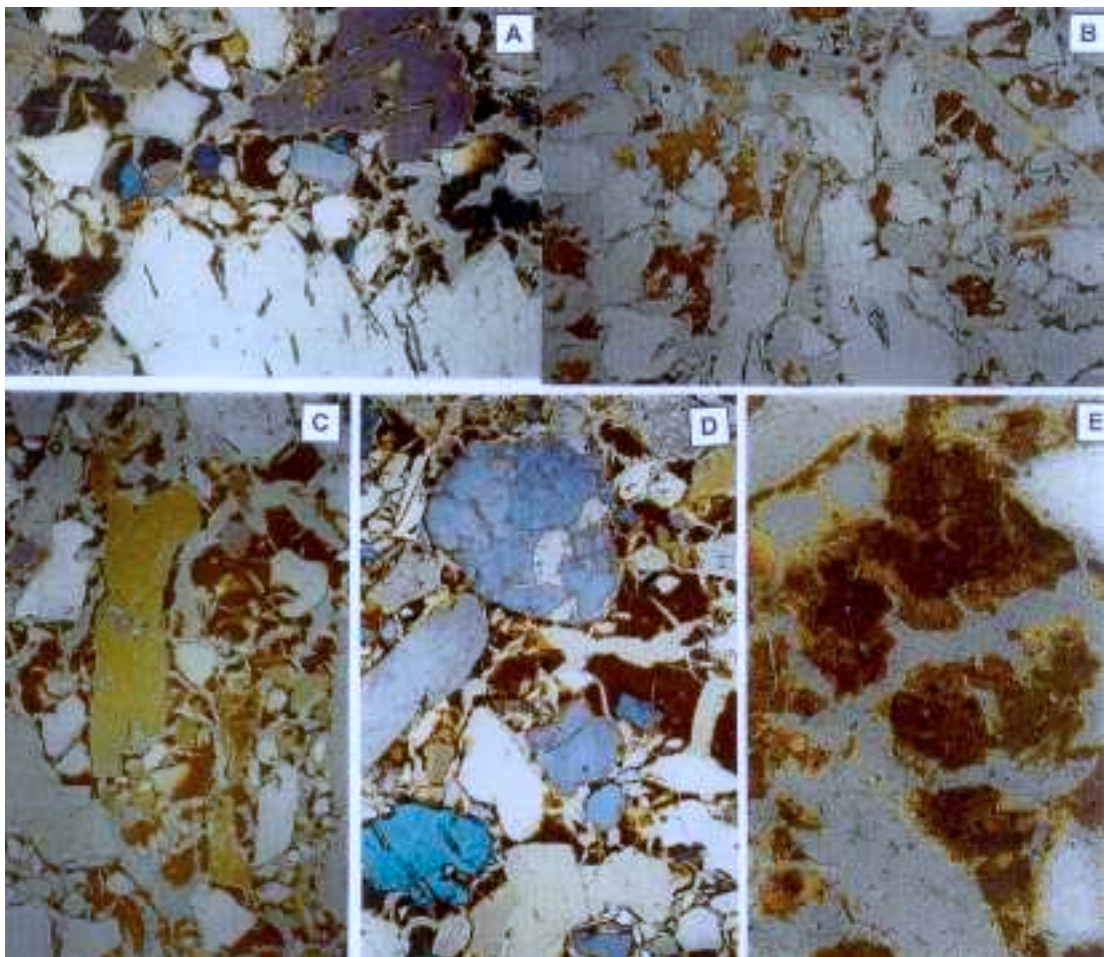


Figura 3 - Fotomicrografia das seções finas dos horizontes pedogenéticos Bhs e Bs1 do Espodosolo (P11) do Parque Estadual do Ibitipoca, município de Lima Duarte, MG. A largura de cada fotografia corresponde a 1.000 μ .

3.2. Química e textura dos solos

Todos os solos estudados são álicos, com valores de saturação de Al superiores a 80% no horizonte A1, eletronegativos e com acentuado distrofismo (Quadros 1 e 2). O pH em água corrobora a natureza ácida dos solos – valores na faixa de 3,5 a 4,2 em A1, iniciando uma acentuada remoção de bases pelo intemperismo mineral, agravado pela acidez orgânica. A CTC existente é quase exclusivamente atribuível à fração orgânica, em virtude da atividade muito baixa da fração argila dos solos.

Os elevados teores de carbono mostram que as condições pedoambientais não são favoráveis à decomposição de MO, sobretudo pela baixa produção de biomassa da vegetação (excetuando o perfil do Cambissolo sob Mata Densa). Além da baixa disponibilidade de nutrientes, as temperaturas baixas (média mínima de 2,0°C no inverno) devem ser fatores condicionantes do reduzido metabolismo microbiano. A toxidez de alumínio contribui, ainda, para limitar a atividade microbiana; além do efeito biotóxico, a formação de complexos estáveis de Al-MO torna a MO mais resistente à oxidação, preservando-a, como reportado por VOLKOFF et al. (1984), MENDONÇA (1995) e BENITES et al. (1999), em solos tropicais e subtropicais. Em condições de elevado Al trocável, as plantas produzem maior quantidade de compostos fenólicos, reduzindo mais ainda a sua degradabilidade (DAVIES et al., 1964).

Em todos os horizontes A1, os teores de P são muito baixos, inferiores a 8,5 mg/dm³ (exceto o perfil 9). Os valores de Ca e Mg são baixos ou nulos em muitos horizontes. O potássio, aparentemente, foi mais concentrado pela ciclagem, com valores sempre superiores a 18 cmol_c/dm³ nos horizontes A1, reduzindo em profundidade. As menores perdas de K, em relação ao Ca e Mg, neste caso, devem ser atribuídas à presença de biotita e muscovita no quartzito, que, por serem resistentes, constituem uma certa reserva de K⁺ ciclável no solo.

Quadro 1 - Características químicas dos perfis selecionados no transecto 1, Pico do Pião, no Parque Estadual do Ibitipoca, município de Lima Duarte, MG

Horizonte		pH			Complexo sortivo						P	t	T	V	m	C	N	C/N
Profundidade		H ₂ O	KCl	ΔpH	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	SB	Al ³⁺	H ⁺								
cm		cmol/dm ³								mg/dm ³	-cmol/dm ³		%					
P1 - CAMBISSOLO HÚMICO Distrófico latossólico																		
	10-0	3,1	2,6	-0,5	0,2	0,3	0,34	2,70	3,40	29,4	20,4	4,2	33,6	2,5	80,2	52,2	1,68	31
A1	10-20	3,6	3,1	-0,5	0,0	0,1	0,16	0,52	3,80	22,9	8,5	4,1	27,0	1,0	93,6	11,8	0,55	21
BA	20-40	4,1	3,9	-0,2	0,0	0,1	0,08	0,20	1,40	9,7	1,9	1,6	11,3	1,6	88,6	4,7	0,19	24
Bi	40-80	4,4	4,2	-0,2	0,0	0,0	0,01	0,25	0,50	5,8	0,6	0,5	6,3	0,2	98,0	1,8	0,07	25
P2 - CAMBISSOLO HÚMICO Distrófico léptico																		
		5,2	3,6	-1,6	3,1	0,8	0,21	4,11	0,6	5,8	4,7	4,7	16,5	24,9	12,7	18,6	0,49	38
A1	0-7	4,2	4,0	-0,2	0,1	0,1	0,07	0,27	1,00	5,9	0,9	1,3	7,2	3,8	88,7	2,4	0,13	18
AB	7-18	4,7	4,2	-0,5	0,0	0,0	0,04	0,04	0,40	3,7	0,4	0,4	4,1	1,0	90,9	1,5	0,07	21
Bi	18-37	4,9	4,5	-0,4	0,2	0,0	0,03	0,23	0,10	3,4	0,4	0,3	3,7	6,2	30,3	1,2	0,06	20
BC	37-60	5,1	5,3	0,2	0,0	0,0	0,01	0,01	0,00	1,5	0,4	0,0	1,5	0,7	0,0	0,5	0,02	25
CR	60-120 ⁺	4,8	4,4	-0,4	1,2	0,0	0,19	1,39	0,30	2,0	0,4	1,7	3,7	37,7	17,8	0,5	0,01	50
P3 - NEOSSOLO LITÓLICO Distrófico																		
		4,3	3,7	-0,6	1,2	0,3	0,19	1,69	1,3	9,8	7,7	3,0	12,8	13,2	43,5	6,0	0,36	16
A1	0-15	4,1	3,6	-0,5	0,1	0,0	0,05	0,15	1,90	6,4	2,9	2,1	8,5	1,8	92,7	1,9	0,16	11
A2	15-30	4,1	3,8	-0,3	0,0	0,0	0,02	0,02	2,20	8,4	3,3	2,2	10,6	0,2	99,1	1,5	0,01	150
A3	30-70	4,2	4,0	-0,2	0,0	0,0	0,01	0,01	1,00	5,4	1,9	1,1	6,4	0,2	99,1	1,0	0,07	14
P4 - NEOSSOLO LITÓLICO Distrófico																		
		3,8	3,2	-0,6	0,4	0,2	0,11	0,71	0,6	6,8	7,9	1,3	8,1	8,8	45,0	3,8	0,24	15
A1	0-20	3,8	3,4	-0,4	0,1	0,0	0,06	0,16	1,20	5,2	5,6	1,4	6,6	2,4	88,2	1,7	0,01	170
A2	20-65	4,2	3,6	-0,6	0,1	0,0	0,04	0,14	1,40	4,9	2,7	1,5	6,4	2,2	90,9	1,2	0,07	17

Continua...

Quadro 1, Cont.

Horizonte		pH			Complexo sortivo						P	t	T	V	m	C	N	C/N
Profundidade		H ₂ O	KCl	ΔpH	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	SB	Al ³⁺	H ⁺								
cm		cmol/dm ³								mg/dm ³	-cmol/dm ³		%					
P5 - CAMBISSOLO HÚMICO Distrófico típico																		
A1	0-12	4,1	3,7	-0,4	0,5	0,1	0,14	0,74	2,6	17,2	3,3	3,3	20,5	3,6	77,8	9,5	0,49	19
		4,1	3,8	-0,3	0,2	0,1	0,12	0,42	2,80	18,3	2,9	3,2	21,5	2,0	87,0	6,8	0,45	15
A2	12-35	4,2	4,0	-0,2	0,0	0,0	0,02	0,02	2,30	14,5	1,5	2,3	16,8	0,1	99,1	4,3	0,20	21
AB	35-45	4,2	4,1	-0,1	0,0	0,0	0,02	0,12	1,40	7,8	0,6	1,5	9,3	1,3	92,1	1,8	0,09	20
Bi	45-75	4,6	4,4	-0,2	0,1	0,0	0,02	0,12	0,40	3,2	0,4	0,5	3,7	3,2	76,9	0,8	0,03	26
BC	75-120	4,6	4,3	-0,3	0,0	0,0	0,01	0,01	0,40	2,6	0,6	0,4	3,0	0,3	97,6	0,8	0,02	40
P10 - ORGANOSSOLO HÁPLICO																		
A1	0-10	3,9	3,1	-0,8	0,0	0,3	0,00	0,30	1,90	18,1	20,4	2,2	20,3	1,5	86,4	7,3	0,13	56
		3,5	2,9	-0,6	0,4	0,1	0,17	0,68	2,20	13,3	14,6	2,9	16,2	4,2	76,4	4,5	0,28	20
E	10-25	3,5	2,9	-0,6	0,1	0,1	0,07	0,27	2,80	12,5	11,6	2,9	16,2	1,7	91,2	3,7	0,22	16
2A	25-60	3,2	2,8	-0,4	0,1	0,0	0,06	0,16	9,10	36,8	11,0	3,1	15,6	0,3	98,3	3,1	0,20	15
2C	60-85	3,7	3,3	-0,4	0,2	0,4	0,04	0,64	4,00	14,5	6,1	9,3	46,1	3,3	86,2	11,5	0,38	30
P11 - ESPODOSSOLO FERROCÁBICO Órtico																		
A1	0-5	3,6	3,3	-0,3	1,6	0,1	0,20	1,90	1,6	14,9	6,1	3,5	18,4	10,3	45,7	7,0	0,36	19
		3,7	3,6	-0,1	0,1	0,1	0,08	0,28	2,0	8,1	6,9	2,3	10,4	2,7	87,7	3,2	0,17	18
E	5-15	3,7	3,7	0,0	0,1	0,1	0,07	0,27	1,8	8,8	4,7	2,1	10,4	2,5	87,0	3,0	0,15	20
Bh	15-65	3,6	3,9	0,3	0,0	0,0	0,05	0,05	1,9	9,8	2,7	2,0	11,8	0,4	97,4	2,4	0,15	16
Bhs	65-83	4,4	4,2	-0,2	0,1	0,0	0,03	0,13	0,8	4,3	0,6	0,9	5,2	2,5	86,0	1,0	0,04	25
Bs1	83-85	4,3	4,2	-0,1	0,1	0,0	0,00	0,10	0,8	6,6	2,1	0,9	7,5	1,3	88,9	1,1	0,04	27
Bs2	85-130+	4,7	4,3	-0,4	0,1	0,0	0,01	0,11	0,6	2,5	2,1	0,7	3,2	3,4	84,5	0,7	0,03	23

SB = soma de bases trocáveis; t = CTC efetiva; T = CTC a pH 7,0; V = índice de saturação de bases; m = índice de saturação de alumínio; C = carbono orgânico total; N = nitrogênio total; C/N = relação entre carbono e nitrogênio.

Quadro 2 - Características químicas dos perfis selecionados no transecto 2, Pico do Ibitipoca, no Parque Estadual do Ibitipoca, município de Lima Duarte, MG

Horizonte		pH			Complexo sortivo						P	t	T	V	m	C	N	C/N
Profundidade		H ₂ O	KCl	ΔpH	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	SB	Al ³⁺	H ⁺								
cm		cmol/dm ³								Mg/dm ³	cmol/dm ³		%					
P6 – CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico léptico																		
A1	0-5	3,7	3,2	-0,5	0,0	0,1	0,19	0,79	1,80	10,7	4,9	2,6	3,3	5,9	69,5	7,0	0,50	14
E	5-16	3,8	3,6	-0,2	0,0	0,0	0,08	0,18	1,80	6,9	2,3	2,0	8,9	2,0	90,9	2,0	0,11	18
2A	16-40	3,9	3,8	-0,1	0,0	0,0	0,04	0,14	1,40	5,0	1,7	1,5	6,5	2,1	90,9	1,4	0,06	23
Bi	40-60	4,0	4,0	0,0	0,1	0,0	0,03	0,03	1,40	5,4	1,1	1,4	6,8	0,4	97,9	1,4	0,07	20
CR	60-100 ⁺	4,2	4,3	0,1	0,0	0,0	0,02	0,12	1,00	3,5	0,7	1,1	4,6	2,6	89,3	0,8	0,04	20
		4,7	4,2	-0,5	0,0	0,0	0,01	0,11	0,50	1,8	0,6	0,6	2,4	4,6	82,0	0,4	0,02	20
P7 – CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico típico																		
A1	0-10	4,2	3,5	-0,7	0,1	0,1	0,12	0,62	1,30	6,1	3,3	1,9	8,0	7,7	67,7	3,0	0,04	75
E	10-18	3,8	3,6	-0,2	0,1	0,0	0,09	0,19	1,80	6,5	2,9	2,0	8,5	2,2	90,5	2,2	0,09	24
2A	18-40	4,1	3,9	-0,2	0,1	0,0	0,02	0,12	1,30	4,8	1,9	1,4	6,2	1,9	91,5	1,5	0,08	18
AB	40-60	4,3	4,1	-0,2	0,0	0,0	0,02	0,02	1,00	4,1	1,1	1,0	5,1	0,4	98,0	1,5	0,07	21
Bi	60-90	4,5	4,2	-0,3	0,1	0,0	0,02	0,12	0,80	3,5	0,7	0,9	4,4	2,7	87,0	1,0	0,06	16
C1	90-120	4,7	4,2	-0,5	0,0	0,0	0,01	0,01	0,60	1,9	0,4	0,6	2,5	0,4	98,4	0,6	0,03	20
C2	120-160 ⁺	4,9	4,4	-0,5	0,0	0,0	0,01	0,01	0,20	1,9	0,2	0,2	2,1	0,5	95,2	0,6	0,03	20
		5,0	4,4	-0,6	0,1	0,3	0,01	0,41	0,10	2,0	0,4	0,5	2,5	16,3	19,6	0,7	0,02	35
P8 – NEOSSOLO LITÓLICO Distrófico																		
A1	0-10	4,5	3,4	-1,1	1,3	0,0	0,17	1,47	1,00	8,9	7,1	2,5	11,4	12,9	40,5	4,6	0,27	17
A2/E	10-30	4,1	3,7	-0,4	0,2	0,0	0,06	0,26	1,40	5,4	3,5	1,7	7,1	3,7	84,3	1,9	0,14	13
C1	30-60	4,7	4,0	-0,7	0,0	0,0	0,04	0,04	1,30	5,0	2,3	1,3	6,3	0,6	97,0	1,1	0,08	13
		4,7	4,3	-0,4	0,1	0,1	0,03	0,23	0,50	2,5	2,5	0,7	3,2	7,1	68,5	0,5	0,01	50

Continua...

Quadro 2, Cont.

Horizonte	Profundidade	pH			Complexo sortivo						P	t	T	V	m	C	N	C/N
		H ₂ O	KCl	ΔpH	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	SB	Al ³⁺	H ⁺								
cm		cmol _c /dm ³									Mg/dm ³	-cmol _c /dm ³		%				
P9 – Horizonte O sobre o quartzito																		
O		4,1	3,1	-1,0	0,3	0,1	0,07	0,47	1,40	5,5	5,6	2,3	13,6	6,4	74,9	6,8	0,30	22
P12 – NEOSSOLO LITÓLICO Húmico típico																		
A1	0-10	3,6	3,3	-0,3	0,2	0,1	0,12	0,42	2,30	8,9	5,1	2,7	11,6	3,6	84,6	2,9	0,20	14
A2	10-40	3,4	3,3	-0,1	0,1	0,0	0,05	0,15	2,70	12,8	5,1	3,1	12,9	1,0	94,7	2,8	0,15	18
A3	40-80	3,3	3,6	0,3	0,1	0,0	0,03	0,13	1,50	5,4	2,3	2,9	15,7	1,8	92,0	2,1	0,16	13
A/E	80-120	4,0	4,1	0,1	0,1	0,0	0,02	0,12	1,00	6,8	1,9	1,6	7,0	1,5	89,3	2,0	0,07	28
CR	120-140 ⁺	4,2	4,1	-0,1	0,1	1,0	0,01	1,11	0,80	4,2	2,3	1,1	7,9	18,2	41,9	0,9	0,04	22
		4,4	4,3	-0,1	0,4	0,1	0,18	0,68	2,20	13,3	14,6	1,9	6,1	4,2	76,4	0,7	0,03	23

SB = soma de bases trocáveis; t = CTC efetiva; T = CTC a pH 7,0; V = índice de saturação de bases; m = índice de saturação de alumínio; C = carbono orgânico total; N = nitrogênio total; C/N = relação entre carbono e nitrogênio.

Esses solos são arenosos, com predominância de areia grossa na maior parte dos horizontes (Quadros 3 e 4). Somente os Cambissolos, principalmente aqueles sobre o xisto, apresentam teores mais elevados de argila, chegando, neste caso, à argila arenosa. Em tais circunstâncias, a perda de bases e a mobilidade de certas frações da matéria orgânica são ainda acentuadas e interferem diretamente na pedogênese desses ambientes. Em raras ocasiões a relação silte:argila apresentou-se elevada, provavelmente em razão da presença da matéria orgânica na fração silte.

3.3. Extração de ferro com ditionito e com oxalato

Os teores de Fe_2O_3 livres (óxidos) extraídos com DCB foram muito baixos, exceto nos perfis P1, P2 e P5, onde o horizonte Bi apresentava maior contribuição de minerais micáceos degradados. Nos demais perfis, os teores foram sempre menores que 1,0%, exceto nos horizontes espódicos, onde há acumulação de compostos Fe-MO iluviados (P11). Os teores de Fe amorfos, embora também baixos, mostraram-se relativamente elevados, com relações $\text{Fe}_{\text{oxa}}/\text{Fe}_{\text{DCB}}$ altas nos solos mais arenosos e, notadamente, no Espossolo (P11), evidenciando a translocação descendente de complexos Fe-MO. Neste solo, observou-se tendência de aumento da relação $\text{Fe}_{\text{oxa}}/\text{Fe}_{\text{DCB}}$ com profundidade, acompanhando o aumento dos valores absolutos de Fe_{oxa} . Nos Cambissolos Húmicos, os valores de Fe_{oxa} decresceram em profundidade, o que sugere remoção sem reprecipitação de Fe-MO.

Conforme esperado, os resultados indicaram a presença destacada de formas pouco cristalinas, a exemplo do descrito em solos em condições de altitude (BENITES, 1998). Com acúmulo de carbono orgânico, há inibição da cristalização de óxidos de Fe (SCHWERTMANN, 1966) ou Al (HSU, 1989). Remoções de Fe complexado com MO em formas solúveis são esperadas nos solos do PEI.

Quadro 3 - Cor e textura dos perfis selecionados no transecto 1, Pico do Pião, no Parque Estadual do Ibitipoca, município de Lima Duarte, MG

Horizonte		Cor	Granulometria (%)					Classe Textural
Símbolo	Profundidade		Ag	Af	S	Arg	S/Arg	
	cm	Seco						
P1 – CAMBISSOLO HÚMICO Distrófico latossólico								
A1	10-20	10YR/3/4	48	13	12	27	0,4	Franco argilo-arenoso
BA	20-40	10YR/5/8	42	13	7	38	0,2	Argila arenosa
Bi	40-80	10YR/6/8	36	14	7	43	0,2	Argila arenosa
P2 – CAMBISSOLO HÚMICO Distrófico léptico								
A1	0-7	10YR/5/8	34	25	10	31	0,3	Franco argilo-arenoso
AB	7-18	10YR/6/8	42	18	11	29	0,4	Franco argilo-arenoso
Bi	18-37	10YR/6/8	41	17	11	32	0,3	Franco argilo-arenoso
BC	37-60	7,5YR/7/4	30	23	22	25	0,9	Franco argilo-arenoso
CR	60-120 ⁺	2,5YR/7/3	25	22	33	19	1,7	Franco arenoso
P3 – NEOSSOLO LITÓLICO distrófico								
A1	0-15	2,5YR/4/1	82	10	5	3	1,7	Areia
A2	15-30	2,5YR/4/1	84	5	2	8	0,3	Areia
A3	30-70	10YR/4/1	91	3	1	4	0,3	Areia
P4 – NEOSSOLO LITÓLICO distrófico								
A1	0-20	10YR/4/1	83	9	4	4	1,0	Areia
A2	20-65	10YR/3/1	89	5	1	4	0,3	Areia
P5 – CAMBISSOLO HÚMICO Distrófico típico								
A1	0-12	7,5YR/3/1	45	18	15	22	0,7	Franco argilo-arenoso
A2	12-35	7,5YR/3/1	43	24	11	21	0,5	Franco argilo-arenoso
AB	35-45	2,5YR/5/4	43	18	10	29	0,3	Franco argilo-arenoso
Bi	45-75	10YR/7/8	46	6	5	43	0,1	Argila arenosa
BC	75-120	10YR/6/6	64	8	6	23	0,3	Franco argilo-arenoso
P10 – ORGANOSSOLO HÁPLICO								
A1	0-10	10YR/4/1	76	11	6	8	0,8	Areia
E	10-25	10YR/4/1	76	12	6	7	0,9	Areia
2A	25-60	2,5YR/2,5/1	54	14	19	13	1,5	Areia franca
2C	60-85	10YR/2/1	82	8	4	6	0,6	Areia
P11 – ESPODOSOLO FERROCÁRBICO Órtico								
A1	0-5	10YR/3/2	77	7	4	12	0,4	Areia franca
E	5-15	10YR/3/2	80	6	4	10	0,4	Areia franca
Bh	15-65	10YR/3/1	77	5	6	12	0,5	Areia franca
Bhs	65-85	10YR/5/4	78	8	3	10	0,3	Areia
Bs1		10YR/5/4	76	8	4	12	0,3	Areia franca
Bs2	85-130+	2,5YR/5/3	81	9	3	7	0,4	Areia

Ag.= areia grossa; Af. = areia fina; S = silte; Arg = argila; S/Arg = relação silte argila.

Quadro 4 - Cor e textura dos perfis selecionados no transecto 2, Pico do Ibitipoca, no Parque Estadual do Ibitipoca, município de Lima Duarte, MG

Horizonte		Cor	Granulometria (%)					Classe Textural
Símbolo	Profundidade		Ag	Af	S	Arg	S/Arg	
	cm	Seco						
P6 – CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico léptico								
A1	0-5	10YR/5/2	67	16	3	14	0,2	Areia franca
E	5-16	10YR/6/2	75	14	2	9	0,3	Areia
2A	16-40	10YR/5/2	70	13	3	14	0,2	Areia franca
Bi	40-60	10YR/6/2	68	13	4	15	0,2	Areia franca
CR	60-100 ⁺	10YR/7/3	81	7	3	9	0,4	Areia
P7 – CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico típico								
A1	0-10	10YR/6/3	70	14	5	10	0,5	Areia franca
E	10-18	10YR/6/3	70	16	5	9	0,6	Areia franca
2A	18-40	2,5YR/6/3	69	16	5	10	0,5	Areia franca
AB	40-60	2,5YR/6/4	70	15	4	10	0,4	Areia franca
Bi	60-90	2,5YR/7/6	74	11	3	12	0,3	Areia franca
C1	90-120	7,5YR/7/8	75	12	5	8	0,6	Areia
C2	120-160 ⁺	10YR/8/6	69	15	7	9	0,8	Areia franca
P8 – NEOSSOLO LITÓLICO Distrófico								
A1	0-10	10YR/5/2	73	14	5	8	0,6	Areia
A2/E	10-30	10YR/6/2	73	13	5	10	0,5	Areia franca
C1	30-60	2,5YR/7/4	75	12	6	7	0,9	Areia
P9 – Horizonte O sobre o quartzito								
O	20-65		61	17	11	11	1,0	
P12 – NEOSSOLO LITÓLICO Húmico típico								
A1	0-10	10YR/3/2	75	10	5	9	0,6	Areia franca
A2	10-40	10YR/3/2	77	9	5	8	0,6	Areia
A3	40-80	10YR/3/1	92	2	3	3	0,9	Areia
A/E	80-120	10YR/5/2	85	8	3	3	1,1	Areia
CR	120-140 ⁺	7,5YR/6/3	82	5	6	6	1,1	Areia

Ag.= areia grossa; Af. = areia fina; S = silte; Arg = argila; S/Arg = relação silte argila.

Quadro 5 - Resultados analíticos de teores de ferro citrato ditionito (Fe_{DCB}) e oxalato (Fe_{oxa}), da relação Fe_{oxa}/Fe_{DCB} e da mineralogia da fração argila de alguns horizontes dos solos do Parque Estadual do Ibitipoca, município de Lima Duarte, MG

Horizonte	Profundidade	Fe_{DCB}	Fe_{oxa}	Fe_{oxa}/Fe_{DCB}	Mineralogia (fração argila) ⁽¹⁾
	cm	%			
P1 – CAMBISSOLO HÚMICO Distrófico latossólico					
A1	10-20	2,96	0,20	0,07	
Bi	40-80	4,30	0,17	0,04	Ct, Gibb
P2 – CAMBISSOLO HÚMICO Distrófico léptico					
A1	0-7	3,27	0,10	0,03	
Bi	18-37	3,45	0,06	0,02	Ct, VHE (tr), Gibb
BC	37-60	3,91	0,02	0,01	
P4 – NEOSSOLO LITÓLICO distrófico					
A1	0-20	0,11	0,03	0,27	
A2	20-65	0,11	0,06	0,55	
P5 – CAMBISSOLO HÚMICO Distrófico típico					
A1	0-12	2,52	0,97	0,38	
Bi	45-75	3,03	0,25	0,08	Ct, illi/Mi, Qtz, Gbb
BC	75-120	2,13	0,18	0,08	
P10 – ORGANOSSOLO HÁPLICO					
A1	0-10	0,02	0,02	1,00	
2A	25-60	0,15	0,15	1,00	
P6 – CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico léptico					
A1	0-5	0,55	0,07	0,13	
E	5-16	0,38	0,05	0,13	
2A	16-40	0,49	0,09	0,18	
Bi	40-60	0,54	0,09	0,17	Ct, illi/Mi, VHE, Qtz, Gibb (tr)
P11 – ESPODOSSOLO FERROCÁRBICO Órtico					
A1	0-5	0,72	0,17	0,24	
E	5-15	0,92	0,23	0,25	
Bh	15-65	0,89	0,34	0,38	Ct, Illi/Mi, VHE,
Bhs	65-85	1,16	0,42	0,36	
Bs ₁		2,54	1,13	0,44	Ct, illi/Mi, VHE, Qtz, Gibb (tr)
P12 – NEOSSOLO LITÓLICO Húmico típico					
A1	0-10	0,16	0,08	0,50	
A2	10-40	0,13	0,12	0,92	
A/E	80-120	0,04	0,02	0,50	
CR	120-140 ⁺	0,00	0,06	0,00	

⁽¹⁾ No perfil 7 horizonte Bi = Ct, micas, VHE, Qtz, Gibb.

Ct = caulinita; VHE = vermiculita com água entre camadas; Qtz = quartzo; Gibb = gibbsita; Illi/Mi = illita/micas; (tr) = traços.

3.4. Correlações solo-fitofisionomia

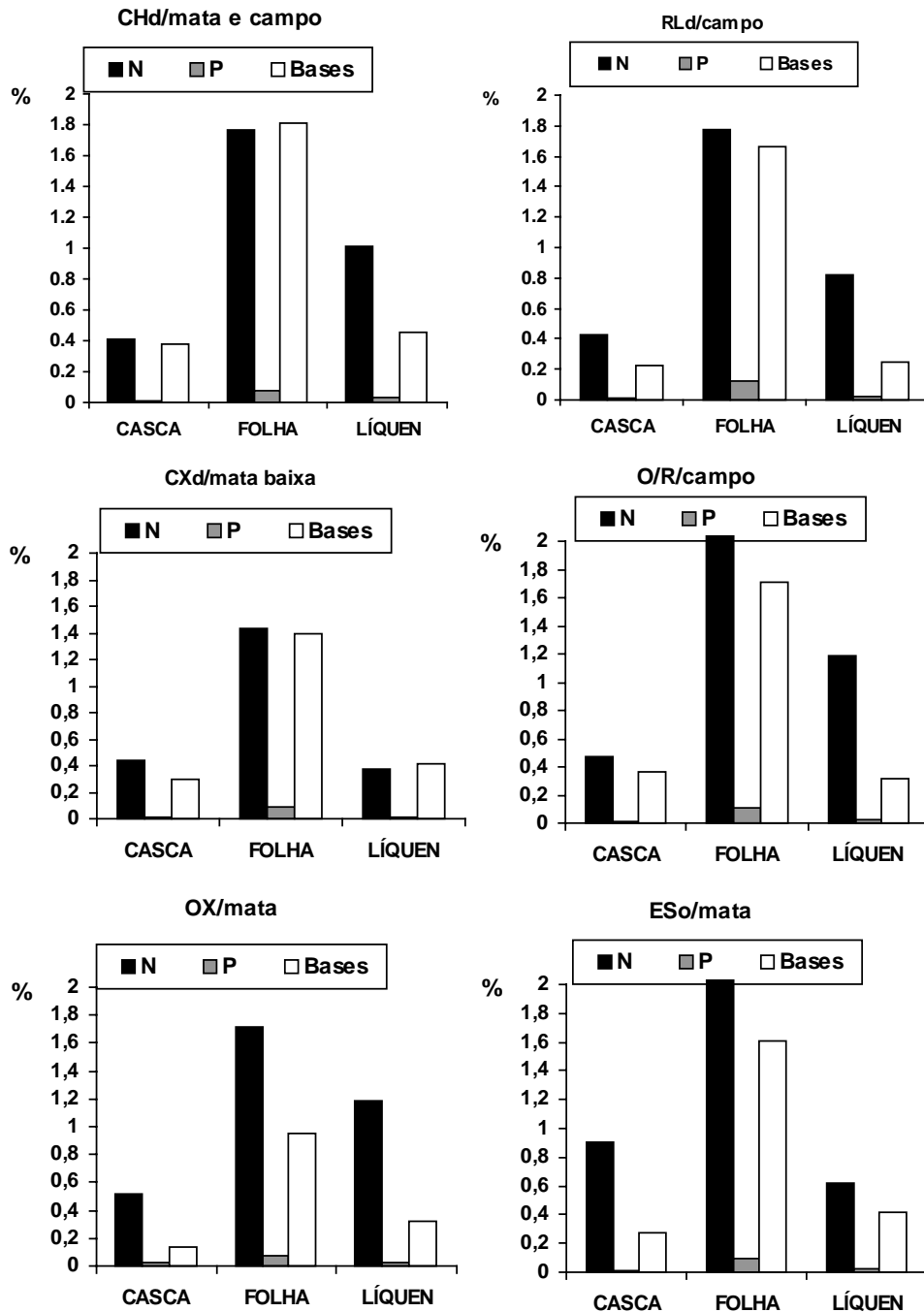
Pela Figura 4 observa-se que as concentrações de nutrientes nas folhas variaram entre 1,4-2,1% de N, em torno de 0,1% de P e entre 0,8-1,8% da soma de Ca, Mg e K. Estes valores estão de acordo com os reportados por LUGO e MURPHY (1986), SCOTT et al. (1992), VENEKLAAS (1991) e VILLELA e PROCTOR (1999), nas folhas de vegetações nativas tropicais.

A vegetação campestre do parque, onde ocorre horizonte O pouco espesso sobre a rocha, e no Espodossolo fase mata da grota apresentou as maiores concentrações de N nas folhas. A menor concentração de N foi encontrada nas Matas de Candeias, sobre os Cambissolos Háplicos. A soma de bases foi maior nas matas e nos campos de ocorrência de Cambissolos Húmicos e menor na mata da grota sobre Organossolo Háplico. A vegetação campestre sobre os Neossolos Litólicos apresentou valores intermediários de N e bases nas folhas com pequena superioridade na concentração de P em relação a N. Em geral, a vegetação que se desenvolve em solos O/R e Espodossolos apresenta maior concentração de N.

A mata densa que ocorre sobre o Cambissolo Húmico apresenta maiores concentrações de bases. Nitrogênio e bases são os elementos de maior concentração nas folhas e na casca da vegetação em todos os solos, concordando com os resultados encontrados por DRUMOND et al. (1997), os quais afirmam ainda que a concentração de nutrientes nas árvores segue a ordem: $N > Ca > K > Mg > P$, conforme a ordem de demanda nutricional das espécies.

Como as diferenças nas concentrações são pequenas, uma correlação entre a vegetação e o solo se torna difícil, em razão da complexidade que envolve fatores bióticos e abióticos.

O retorno de nutrientes da biomassa para os solos é feito através da matéria orgânica acumulada na camada superior do solo devido à baixa atividade microbiana do solo, às altas concentrações de Al e às baixas temperaturas do ambiente, conforme verificado também por ROSA (1998) em Latossolos sob mata.



Fonte: Viçosa, Minas Gerais (2000).

Figura 4 - Conteúdos de nitrogênio (N), fósforo (P) e bases (Ca + K + Mg), em porcentagem, em cascas, folhas e liquens encontrados nas classes de solos do Parque Estadual do Ibitipoca, município de Lima Duarte (MG): CHd – Cambissolo Húmico distrófico; RLd – Neossolo Litólico distrófico; CX – Cambissolo Háplico; O/R – horizonte O sobre a rocha; OX – Organossolo Háplico; ESo – Espodossolo Ferrocárbico.

Nos diferentes geoambientes do PEI, a contribuição biogeoquímica dos líquens epifíticos assume importância no aporte de N (0,4 e 1,2%), de P (0,1%) e soma das bases entre (0,3 e 0,5%). Em solos com distrofia tão acentuada, essas concentrações tornam-se essenciais para a ciclagem de nutrientes e, conseqüentemente, para o estabelecimento da vegetação. Segundo ZIMMERMAN (1993), as algas cianofíceas (fitossimbiontes), nos líquens, são colonizadoras fotoautotróficas que sintetizam compostos orgânicos e fixam N₂ atmosférico, constituindo elemento essencial na sucessão ecológica (SPRENT, 1979; VILES e PENTECOST, 1994; HARRIS, 1988; PÉREZ, 1997).

3.5. Carbono orgânico (fracionamento e mineralizável)

3.5.1. Carbono orgânico do fracionamento da matéria orgânica

Com relação ao carbono orgânico total, houve diminuição esperada com a profundidade, mesmo nos perfis que apresentaram descontinuidade. Os valores de carbono orgânico total (COT) foram elevados, se comparados com solos minerais. Os fatores que ocasionaram acúmulo de matéria orgânica nos solos foram baixas temperaturas, pH baixos, distrofia e acidez dos solos.

Na Figura 5 pode-se observar correlação significativa entre o COT e o COO ($R^2 = 0,97^{**}$). O valor de transformação (1,7639) encontrado foi superior ao observado por BENITES (1998), mas os fatores de correção foram também diferentes, limitando a comparação entre valores de transformação. O fator de recuperação (FWB) variou entre 0,8 e 2,0. A recuperação, no entanto, foi aleatória nos perfis.

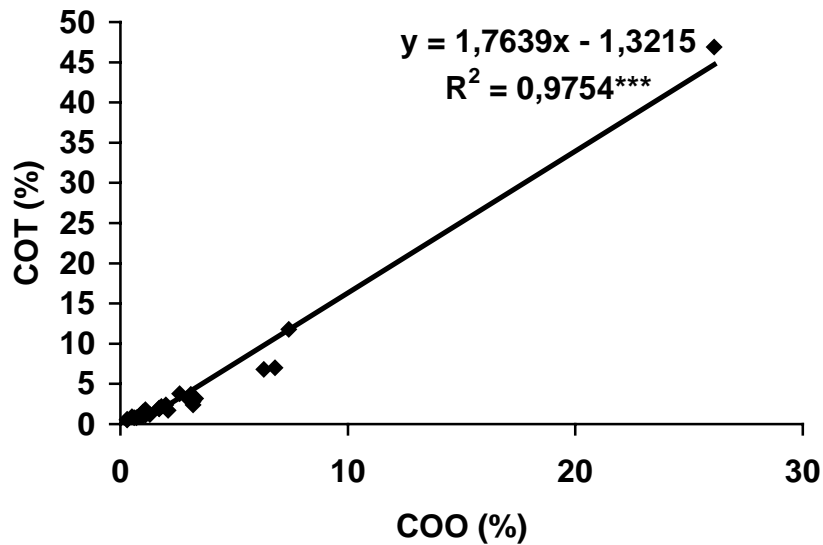


Figura 5 - Regressão linear entre carbono orgânico total (COT) e carbono orgânico oxidável (COO), dos perfis selecionados no Parque Estadual do Ibitipoca, município de Lima Duarte, MG.

Os resultados de perda por ignição observados no Quadro 6 demonstram valores quase 10 vezes superiores aos valores de COT e bastante superiores aos valores de 3,4, encontrado por BENITES (1998), e de 1,74, reportado por NELSON e SOMMERS (1982). A tendência do aumento deste valor em profundidade pode estar demonstrando a presença das micas na fração argila, inclusive com H₂O entre camadas ou outros minerais hidratados.

O fracionamento do carbono orgânico (Quadro 6) revelou predominância das frações humina e ácidos húmicos sobre a fração ácidos fúlvicos. No entanto, a relação entre as frações ácidos húmicos/ácidos fúlvicos tendeu a diminuir em profundidade, devido à mobilidade da fração ácidos fúlvicos. Os dois Cambissolos mais argilosos (perfis 1 e 2) tenderam a ser mais conservadores, pois apresentaram maior interação entre a matéria orgânica e a matriz argilosa do solo, estabilizando as substâncias húmicas (TISDALL e OADES, 1982), embora não tenham revelado correlações significativas. A fertilidade do solo, entretanto, é altamente correlacionada

com o teor de COT (Figura 6) com linearidade ($R^2 = 0,93$). De acordo com SCHNITZER (1986), ácidos húmicos em associação com colóides formam complexos insolúveis em pH inferior a 6,5, possibilitando a imobilização e o acúmulo dessa fração em solos ácidos. Já no caso dos solos mais arenosos (demais perfis), a pouca proteção gera instabilidade de algumas frações orgânicas, ocasionando maior perda de ácidos fúlvicos por lixiviação, conjuntamente com nutrientes provenientes da ciclagem ou do intemperismo de micas. Esse fato pode ter influência no porte da vegetação que se desenvolve nestes solos.

3.5.2. Carbono orgânico mineralizável

As primeiras camadas dos solos apresentam maiores proporções de carbono orgânico, de forma geral, principalmente pela entrada de carbono da biomassa vegetal. Nestas camadas ocorre maior atividade biológica, com predominância de respiração aeróbia, pela proximidade com a atmosfera. O carbono orgânico consumido por esta atividade biológica é considerado mineralizável devido à sua pronta disponibilidade, sendo o compartimento que mais se aproxima do “carbono lábil”.

Na Figura 8 observam-se as curvas que representam a evolução de CO_2 , que por sua vez representa a atividade biológica, em amostras do horizonte O dos solos amostrados no transecto 2, perfis 1, 3, 4, 5 e 14. As curvas apresentam comportamento bastante semelhante, com cinco fases bem distintas. Numa primeira fase, aparentemente de adaptação a um novo microambiente, a atividade evolui lentamente, produzindo pouco CO_2 , até aproximadamente 96 horas. De 96 até 144 horas, aproximadamente, ocorre forte incremento da atividade microbiana, que a partir daí volta a evoluir lentamente até um novo incremento, que ocorre 312 horas depois e vai até 360 horas. Novamente a atividade tende a aumentar lentamente ou mesmo estabilizar-se. Assim, observam-se três fases de estabelecimento e duas de crescimento acentuado.

Quadro 6 - Carbono orgânico e suas frações em solos do Parque Estadual do Ibitipoca, município de Lima Duarte, MG

Identidade	COO	COT	PPI	FWB	AF	AH	Hu	Total	AH/HF	AF + AH/Hu
% —————										
P1 – CAMBISSOLO HÚMICO Distrófico latossólico										
O	26,1	46,9	52,2	1,8	11,4	19,8	52,1	83	1,7	0,6
A1	7,4	11,8	15,7	1,6	18,3	27,6	44,9	91	1,5	1,0
Bi	1,1	1,8	7,1	1,6	40,7	41,5	21,4	104	1,0	3,8
P2 – CAMBISSOLO HÚMICO Distrófico léptico										
A1	2,0	2,4	6,7	1,2	35,3	27,3	39,9	103	0,8	1,6
Bi	0,9	1,2	5,0	1,3	43,1	31,0	17,2	91	0,7	4,3
BC	0,3	0,5	5,0	1,8	58,6	33,1	40,3	132	0,6	2,3
P3 – NEOSSOLO LITÓLICO distrófico										
A1	1,7	1,9	2,3	1,1	31,6	44,7	15,7	92	1,4	4,9
P4 – NEOSSOLO LITÓLICO distrófico										
O	2,6	3,8	4,2	1,5	21,1	32,5	36,1	90	1,5	1,5
A1	2,1	1,7	1,9	0,8	19,2	63,2	26,3	109	3,3	3,1
A2	1,3	1,2	1,6	0,9	41	53,0	2,6	97	1,3	36,2
P5 – CAMBISSOLO HÚMICO Distrófico típico										
A1	6,3	6,8	11,9	1,1	25,5	42,8	38,3	107	1,7	1,8
Bi	0,7	0,8	5,1	1,2	53,9	53,8	12,1	108	1,0	8,9
P6 – CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico léptico										
A1	1,7	2	3,5	1,2	34,6	52,3	16,8	104	1,5	5,2
E	1,1	1,4	1,6	1,3	21,1	98,0	4,4	124	4,6	27,1
Bi	0,6	0,8	1,8	1,2	42,6	60,2	3,1	103	1,4	33,2
P7 – CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico típico										
A1	1,8	2,2	2,9	1,2	32,8	31,9	19,9	85	1,0	3,3
E	1,0	1,5	2,3	1,5	21,9	43,9	19,5	85	2,0	3,4
Bi	0,3	0,6	1,3	2,0	12,6	76,4	15,1	107	6,1	5,9
P8 – NEOSSOLO LITÓLICO Distrófico										
A1	1,7	1,9	4,1	1,1	35,4	95,3	23,4	154	2,7	5,6
P12 – NEOSSOLO LITÓLICO Húmico típico										
A1	3,2	2,8	3,1	0,9	23,5	36,8	26,2	87	1,6	2,3
P10 – ORGANOSSOLO HÁPLICO										
A1	3,1	3,7	4,5	1,2	18,3	42,5	41,3	102	2,3	1,5
E	3,0	3,1	4,0	1,0	9,5	58,0	32,2	100	6,1	2,1
P11 – ESPODOSSOLO FERROCÁRBICO Órtico										
O	6,8	7		1,0	17,8	28,9	61,4	108	1,6	0,8
A1	3,3	3,2	4,1	1,0	16,1	25,0	31,1	72	1,6	1,3
E	3,2	3	3,6	0,9	13,3	28,3	31,7	73	2,1	1,3
Bh	3,2	2,4	3,1	0,7	14,1	40,1	21,5	76	2,8	2,5
Bhs	0,5	0,9	1,6	1,8	-	-	-	-	-	-
Bs1	1,1	1,1	1,8	1,0	-	-	-	-	-	-

COO = carbono orgânico oxidável; COT = carbono orgânico total; PPI = perda por ignição; FWB = fator de recuperação; AF = ácidos fúlvicos; AH = ácidos húmicos; Hu = humina.

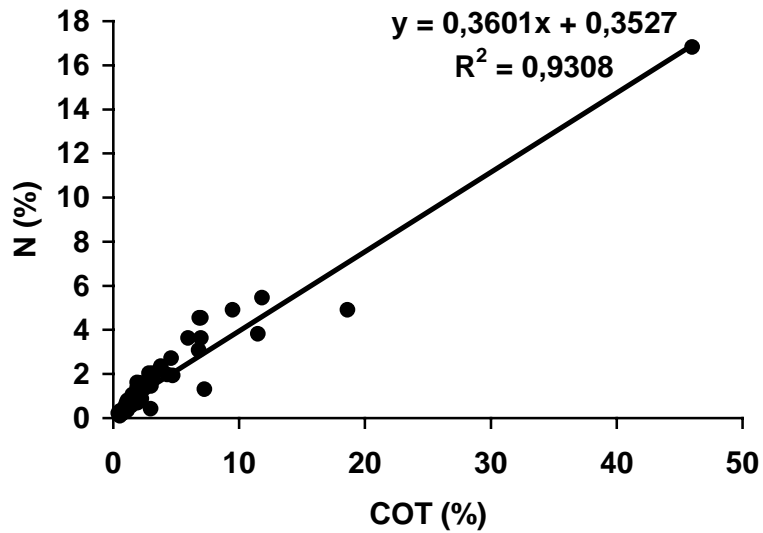


Figura 6 - Regressão linear entre carbono orgânico total (COT) e nitrogênio (N), em amostras de solos selecionadas no Parque Estadual do Ibitipoca, município de Lima Duarte, MG.

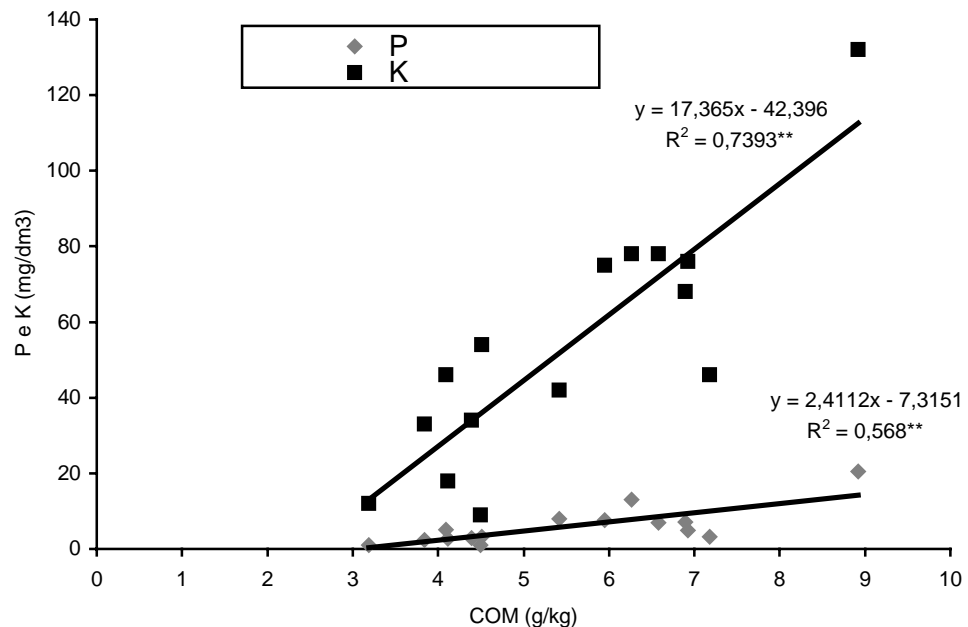


Figura 7 - Regressão linear entre carbono orgânico mineralizável (COM) e concentrações de fósforo (P) e potássio (K) em amostras de solos selecionados no Parque Estadual do Ibitipoca, município de Lima Duarte, MG.

A atividade biológica no horizonte O dos solos sob mata (P1-O, Figura 8) se destaca das demais quantitativamente. Este resultado é esperado, uma vez que a vegetação de maior porte e produtividade neste ambiente é consequência da melhoria das condições para o crescimento da vegetação. A fração argila neste solo é maior que nos demais, o que contribui para a sua estruturação, ainda que incipiente, e, por conseguinte, para a atividade biológica.

O horizonte Bh do perfil 11 (Figura 8) mostrou baixa atividade biológica, talvez pela baixa atividade de microrganismos anaeróbios nativos. Os horizontes O dos perfis 3 e 4 apresentaram comportamento quantitativo bastante semelhante, o que era esperado, pela igualdade entre os ambientes e por se tratar de dois Neossolos Litólicos Húmicos distróficos.

A exemplo do que foi discutido para a Figura 8, os comportamentos da evolução de CO₂ dos solos do transecto 1, representados na Figura 9 (perfis 6 O, A1 e 2A; 7 O, A1 e 2A; 8 O; e 16 O), foram ainda mais semelhantes entre si. As diferenças se mostram na última fase, em que as amostras retiradas em maiores profundidades (A1, 2A) tenderam a liberar menos CO₂ do que as amostras mais superficiais, provavelmente em razão da menor população de microrganismos em amostras mais profundas e menor disponibilidade de carbono.

De forma geral, observa-se correlação entre o carbono orgânico mineralizável (COM) e a fertilidade do solo. Fósforo e potássio se correlacionaram com o COM e apresentaram regressão linear significativa ($R^2 = 0,7393$ e $0,568$, respectivamente, Figura 7). Esses resultados estão de acordo com CERRI et al. (1992), que mostram a relação direta entre o nível de atividade da biomassa microbiana e a fertilidade do solo.

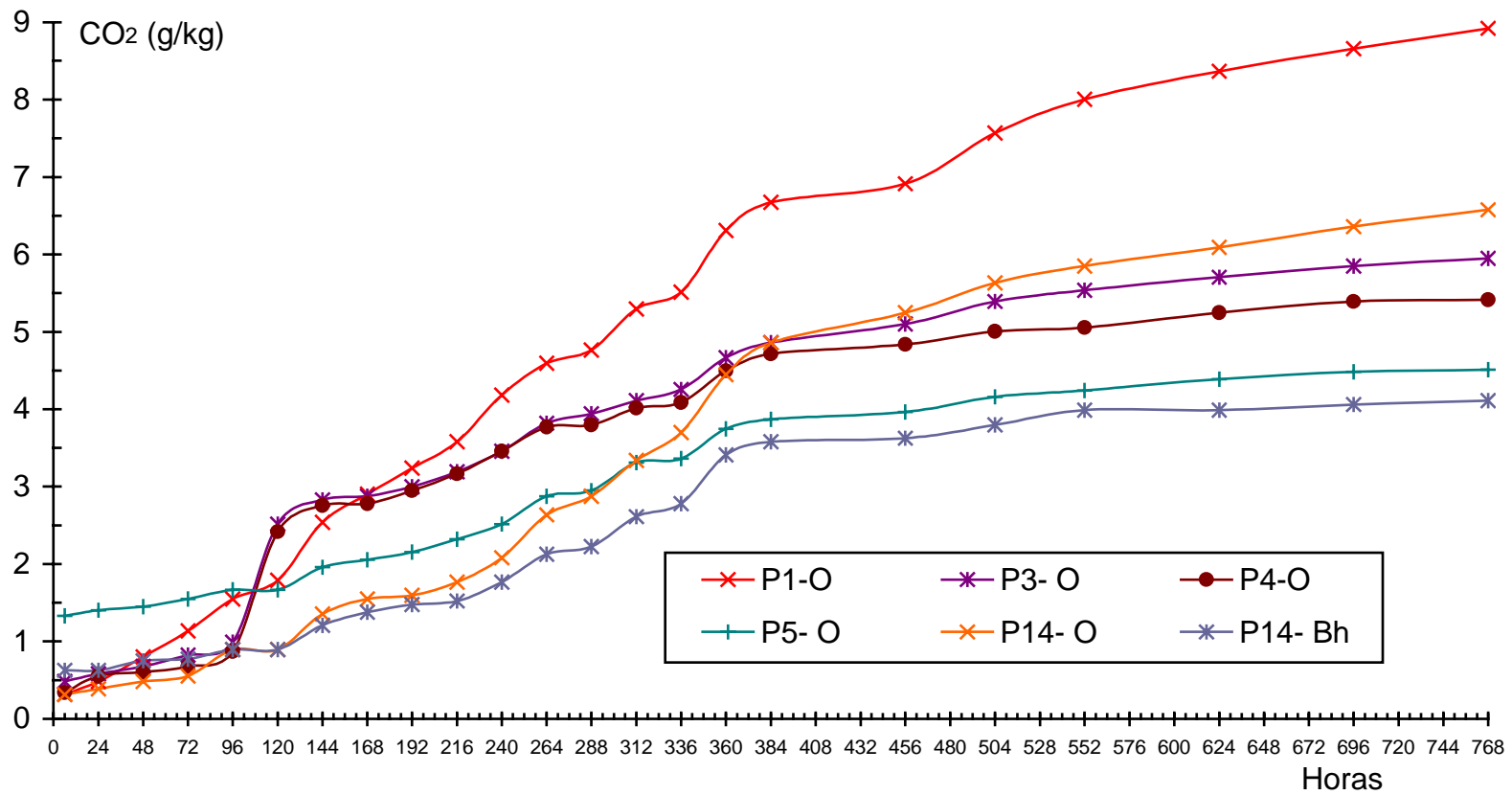


Figura 8 - Evolução de CO₂ em amostras do solo do transecto 2, Pico do Pião, no Parque Estadual do Ibitipoca, município de Lima Duarte, MG (P = perfil; O e Bh = horizontes).

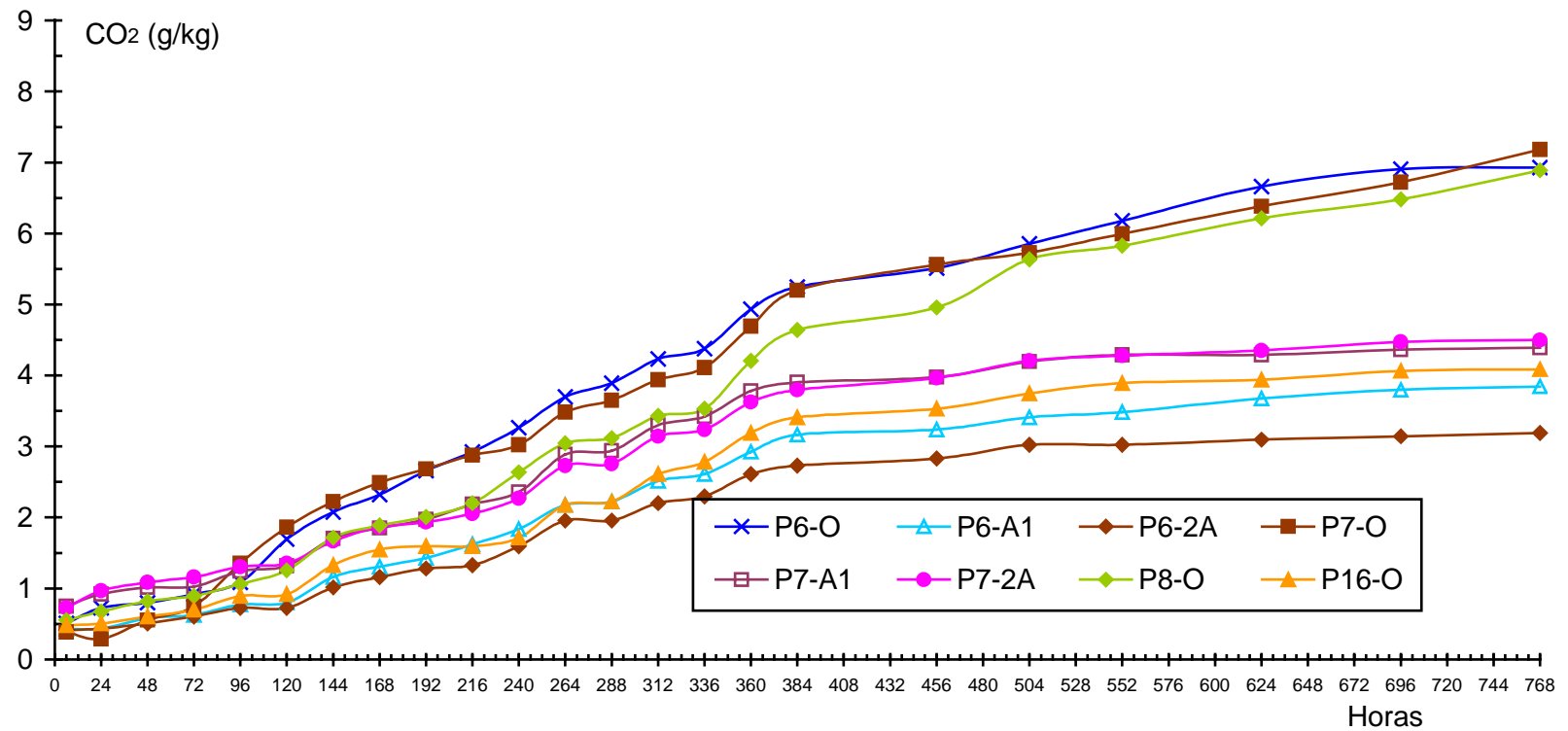


Figura 9 - Evolução de CO₂ em amostras do solo do transecto 1, Pico do Ibitipoca, no Parque Estadual do Ibitipoca, município de Lima Duarte, MG (P = perfil; O, A1 e 2A = horizontes).

3.6. Caracterização mineralógica da fração argila

Em todos os solos observou-se presença de caulinita, que foi predominante no perfil 1, Cambissolo Húmico Distrófico latossólico, desenvolvido de xisto; no perfil 2, Cambissolo Húmico Distrófico léptico; e no horizonte Bs1 do perfil 11, Espodossolo Ferrocárbico Órtico. Nos demais solos, houve considerável proporção de minerais 2:1 do grupo das ilitas/micas e vermiculitas com hidróxi-entrecamadas (VHE), denotando a resistência desses minerais à alteração em condições de acentuado intemperismo e a forte presença de micas (sericitas) nos quartzitos do Ibitipoca.

Cabe destacar, ainda, a coexistência de gibbsita, quartzo e ilita no perfil 5; Cambissolo Húmico, no perfil 6; e Cambissolo Háplico, no horizonte Bs1 do perfil 11, ilustrando ao mesmo tempo o elevado grau de intemperismo e a presença de quartzo mais coloidal nos solos de natureza arenosa e quartzosa, onde tal fato é comum (BENITES, 1998). De todos os solos, o perfil 1 foi o que mostrou a melhor definição de pico de gibbsita, por se tratar de solo desenvolvido de material pelítico aluminoso, com baixo teor de sílica (xisto biotítico).

A gibbsita (traços) presente em Bs do Espodossolo e ausente no Bh acima indica neogênese *in situ* através da precipitação de complexos MO-Al, em virtude da flutuação do nível freático.

4. RESUMO E CONCLUSÕES

Todos os solos estudados são álicos, com valores de saturação de Al superiores a 80% no horizonte A1, eletronegativos e com acentuado distrofismo. O pH em água corrobora a natureza ácida dos solos – valores na faixa de 3,5 a 4,2 em A1, iniciando uma acentuada remoção de bases pelo intemperismo mineral, agravado pela acidez orgânica. A CTC existente é quase exclusivamente atribuível à fração orgânica, em virtude da atividade muito baixa da fração argila dos solos. Conforme esperado, os resultados indicaram a presença destacada de formas pouco cristalinas de Fe, a exemplo do descrito em solos em condições de altitude. Com acúmulo de carbono orgânico, há inibição da cristalização de óxidos de Fe ou Al. Remoções de Fe complexado com MO em formas solúveis são esperadas nos solos do PEI.

A vegetação que se desenvolve em solos O/R e Espodossolos apresenta maior concentração de N. A mata densa que ocorre sobre o Cambissolo Húmico apresentou maiores concentrações das bases. A vegetação campestre sobre os Neossolos Litólicos apresentou pequena superioridade no valor da concentração de P. Visualizou-se que nitrogênio e bases foram os elementos de maior concentração nas folhas e na casca da vegetação, e esse comportamento foi comum na vegetação de todos os solos estudados.

Com relação ao carbono orgânico total, houve diminuição esperada com a profundidade, mesmo nos perfis que apresentaram descontinuidade. O fracionamento do carbono orgânico revelou predominância das frações humina e ácidos húmicos sobre a fração ácidos fúlvicos. No entanto, a relação entre as frações ácido húmico/ácidos fúlvicos tendeu a diminuir em profundidade, devido à mobilidade da fração ácidos fúlvicos.

Observou-se correlação entre o carbono orgânico mineralizável (COM) e a fertilidade do solo. Fósforo e potássio se correlacionaram com COM.

A partir desses resultados, pode-se concluir que os solos do PEI são bastante pobres em nutrientes e ácidos e de textura arenosa, devido à influência do material de origem e à baixa atividade microbológica, desenvolvendo uma vegetação de maior porte nos locais onde estas condições são menos desfavoráveis. A pedogênese dos solos do PEI é profundamente marcada pela ação da matéria orgânica e pelas suas relações com a fração mineral.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDRADE, M.A., CASTRO, P.T.A., FREITAS, M.V., ANDRADE, M.V.G. **Levantamento preliminar da fauna e avaliação geológica do Parque Florestal Estadual do Ibitipoca, Lima Duarte.** Belo Horizonte: Instituto Estadual de Florestas, 1984. não paginado.
- BENITES, V.M. **Caracterização química e espectroscópica da matéria orgânica e suas relações com a gênese de solos da Serra do Brigadeiro, Zona da Mata Mineira.** Viçosa: UFV, 1998. 123p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa, 1998.
- BENITES, V.M., MENDONÇA, E.S., SCHAEFER, C.E.R., MARTIN NETO, L. Caracterização dos ácidos húmicos extraídos de um latossolo vermelho-amarelo e de um podzol por análise termodiferencial e pela espectroscopia de absorção no infravermelho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, n. 23, p.543-551, 1999.
- CENTRO TECNOLÓGICO DE MINAS GERAIS – CETEC. **Diagnóstico ambiental do Estado de Minas Gerais.** Belo Horizonte: 1983.
- CERRI, C.C., ANDREUZ, F., EDUARDO, B.P. O ciclo do carbono no solo. In: CARDOSO, E.J.B.N., TSAI, S.M., NEVES, M.C.P. (Coords.) **Microbiologia do solo.** Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1992. p.73-90.

- CORRÊA NETO, A.V., ANÍSIO, L.C.C., BRANDÃO, C.P. Um endocaste quartzítico na Serra do Ibitipoca, sudeste de Minas Gerais. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DE MINAS GERAIS, 7., 1993, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: Sociedade Brasileira de Geologia, Núcleo Minas Gerais, 1993. p.83-86.
- CURL, E.A., RODRIGUEZ-KABANA, R. Microbial interactions. In: WILKINSON, R.E. (Ed.). **Research methods in weed science**. Atlanta: Southern Weed Science Society, 1972. p.162-194.
- DAVIES, B.E., LOSS, O.N. Ignition as an estimate of soil organic matter. **Soil Science American Proceedings**, v.38, p.150-151, 1974.
- DAVIES, R.I., COULSON, C.B., LEWIS, D.A. Polyphenols in plant humus and soil: 3. **Journal Soil Science**, n.15, 229-309, 1964.
- De CONINCK, F., MCKEAGUE, J.A. Micromorphology of spodosols. In.: DOUGLAS, L.A., THOMPSON, M.L. (Eds.) **Soil micromorphology and soil classification**. Madison: SSSA, 1985. p.121-144.
- De CONINCK, F., RIGHI, D., MAUCORPS, J., ROBIN, A.M. Origin and micromorphological nomenclature of organic matter in sandy Spodosols. In: SOIL MICROSCOPY INTERNATIONAL WORKING MEETING SOIL MICROMORPHOLOGY, 4., 1974, Kingston, Ontario. **Proceedings...** Kingston, Ontario: The Limestone Press, 1974. p.263-280.
- DELGADO, A.M. **Memória histórica sobre a cidade de Lima Duarte e seu município**. Publicação comemorativa do centenário da paróquia de Nossa Senhora das Dores: 1859-1959. Juiz de Fora: 1962. 339p.
- DRUMOND, M.A., BARROS, N.F., SOUZA, A.L., SILVA, A.F. TEIXEIRA, J.L. Composição mineral e demanda nutricional de espécies florestais da Mata Atlântica. **Revista Árvore**, v.21, n.1, p.1-10, 1997.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA, Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Rio de Janeiro. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: 1999. 412p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Ciências do Solo. **Manual de métodos e análises de solo**. Rio de Janeiro: 1997. 212p.
- ESWARAN, H., De CONINCK, F., CONTRY, M.J. A comparative micromorphological study of light and medium textured podzols. In: SOIL MICROSCOPY INTERNATIONAL WORKING MEETING SOIL MICROMORPHOLOGY, 3., 1972, Wroclaw, Poland. **Proceedings...** Wroclaw, Poland: Panstwowe Wydawnictwo Naukowe, 1972. p.269-286.

- FEIO, R.N. **Aspectos ecológicos dos anfíbios registrados no Parque Estadual do Ibitipoca, Minas Gerais (Amphibia, Anura)**. Rio de Janeiro: UFRJ, 1990. 165p. Dissertação (Mestrado em Biologia) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, 1990.
- FITZPATRICK, E.A. **Soil microscopy and micromorphology**. New York: John Wiley & Sons, 1993. 304p.
- FONTES, M.A.L. **Análise da composição florística das florestas nebulares do Parque Estadual do Ibitipoca, Minas Gerais**. Lavras: UFLA, 1997. 50p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal de Lavras, 1997.
- GREGORICH, E.G., ZECH, W. Turnover of carbon through the microbial biomass in soils with different textures. **Soil Science American Journal**, v.12, n.1, p.28-34, 1990.
- HARRIS, P.J. The micorbial population of the soil. In: WILD, Alan (Ed.) **Russell's soil conditions and plant growth**. Harlow: Longman Scientific e Technical, 1988. p.449-471.
- HAYES, M.H.B., MACCARTHY, P., MALCOLM, R.L., SWIFT, R.S. The search for structure: setting the scene. In: HAYES, M.H.B. (Ed.) **Humic substances II: In search of structure**. John Wiley, Chichester, 1989. p.3-33.
- HSU, P.H. Aluminium hydroxides and oxyhydroxides. In: DIXON, J.B., WEED, S.B. (Eds.) **Minerals in soils environments**. Madison, SSSA, 1989. p.1051-1088.
- INSTITUTO ESTADUAL DE FLORESTAS – IEF, BRANDT MEIO AMBIENTE, **Parque Estadual do Ibitipoca: levantamento dos aspectos históricos e culturais**. Belo Horizonte: 1995. v1. (Relatório Final)
- LUGO, A.E., MURPHY, P.G. Nutrient dynamics of a Puerto Rican subtropical dry forest. **Journal of Tropical Ecology**, n.2, p.55-72, 1986.
- McKEAGUE, J.A., DAY, J.H. Dithionite and oxalate-extractable Fe and Al as aids in differentiating various classes of soils. **Canadian Journal Soil Science**, v.46, p.13-22, 1966.
- MEHRA, J.P., JACKSON, M.L. Iron oxides removal from soils and clays by a dithionite-citrate-bicarbonate system buffered with sodium bicarbonate. **Clays and Clay Minerals**, v.7, n.4, p.317-327, 1960.

- MELO MARQUES, SÁ. A.F. **Geoambientes e uso atual na bacia do Rio Alcobaça (MG e BA)**. Viçosa: UFV, 2000. 185p. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) - Universidade Federal de Viçosa, 2000.
- MENDONÇA, E.S. Oxidação da matéria orgânica e sua relação com diferentes formas de alumínio de Latossolos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.19, p.25-30, 1995.
- NELSON, D.W., SOMMERS, L.E. Total carbon, organic carbon and organic matter. In: PAGE, A.L., MILLER, R.H., KEENEY, D.R. (Eds.) **Methods of soil analysis**. Madison: SSSA, 1982. p.539- 579.
- PÉREZ, F.L. Microbiotic crusts in the high equatorial Andes, and their influence on parano soils. **Catena**, v.31, p.173-198, 1997.
- RIGHI, D., De CONINCK, F. Micromorphological aspects of humods and haplaquods of the "Landes du Médoc", France. In: SOIL MICROSCOPY INTERNATIONAL WORKING MEETING SOIL MICROMORPHOLOGY, 4., 1974, Kingston, Ontario. **Proceedings...** Kingston, Ontario: The Limestone Press, 1974. p.567-588.
- ROCHA, G.C. Solos do parque estadual do ibitipoca. In: SEMINÁRIO DE PESQUISA SOBRE O PARQUE ESTADUAL DO IBITIPOCA, 1., 1996. Juiz de Fora. **Anais...** Núcleo de Pesquisa em Zoneamento Ambiental da UFJF, 1997. p.116.
- ROSA, M.E.C. **Formas de carbono e características físicas, químicas e mineralógicas de um latossolo roxo sob plantio direto e mata, no sistema biogeográfico do cerrado**. Viçosa: UFV, 1998. 79p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa, 1998.
- SCHNITZER, M. Binding of Humic substances by soil mineral colloids. In: HUANG, P.M., SHCITZER, M. (Eds), **Interactions of soil minerals with natural organics and microbes**. Madison; SSSA, 1986. p.77-101.
- SCHWERTMANN, U. Inhibitory effect of soil organic matter on the crystallization of amorphous ferric hydroxides. **Nature**, n.212, p.645-646, 1966.
- SCOTT, D.A., PROCTOR, J., THOMPSON, J. Ecological studies on a lowland evergreen rain forest on Manacá Island, Roraima, Brasil: II. Litter and nutrient cycling. **Journal of Ecology**, n.80, p.705-717, 1992.
- SENTIUS, W.W. Climax forms of rock-weathering. **American Scientist**, n.46, p.355-367, 1958.

- SPRENT, J. **The biology of nitrogen-fixing organisms**. London: McGraw-Hill Book Company, 1979. 196p.
- TISDALL, J.M., OADES, J.M. Organic matter and water-stable aggregates in soils. **Journal of Soil Science**, n.33, p.141-163, 1982.
- VENEKLAAS, E.J. Litterfall and nutrient fluxes in two montane tropical rain forests, Colombia. **Journal Tropical Ecology**, n.7, p.319-336, 1991.
- VILES, H., PENTECOST, A. Problems in assessing the weathering action of lichens with an example of epiliths on sandstone. IN: ROBINSON, D.A., WILLIAMS, R.B.G. (Eds.) **Rock weathering and landform evolution**. Chichester: John Wiley & Sons, 1994. p.99-116.
- VILLELA, D.M., PROCTOR, J. Litterfall mass, chemistry, and nutrient retranslocation in a monodominant forest on Maracá Island, Roraima, Brazil. **Biotropica**, v.31, n.2, p.198-211, 1999.
- VOLKOFF, B., CERRI, C.C., MELFI, A.J. Humus e mineralogia dos horizontes superficiais de três solos de campos de altitude dos estados de Minas Gerais, Paraná e Santa Catarina. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, n.8, p.277-283, 1984.
- YOEMANS, J.C., BREMNER, J.M. A rapid and precise method for routine determination of organic carbon in soil. **Communications Soil Science Plant Analyses**, v.19, n.13, p.1467-1476, 1988.
- ZIMMERMAN, W.J. Microbial biotechnology and applications in agriculture. In: F. BLAINE METTING, Jr. (Eds.) **Soil microbial ecology. Applications in agricultural and environmental management**. New York: Marcel Dekker, 1993. p.457-479.

RESUMO E CONCLUSÕES

Foram realizados dois estudos na área do Parque Estadual do Ibitipoca (PEI), Minas Gerais: o primeiro com a finalidade de identificar, mapear e caracterizar os geoambientes do parque; e o outro com o objetivo de caracterizar alguns dos solos mais representativos e a pedogênese dos diferentes geoambientes. Foram feitas coletas de solos georreferenciados por GPS (Geographic Position System), fotointerpretações a partir de ortofotos e uso de mapas planialtimétricos, além de intenso levantamento de campo. Oito geoambientes foram identificados e caracterizados: Patamares com Espodossolos, Cristas Ravinadas, Escarpas, Grotas, Mata Baixa com Candeia, Mata Alta sobre Xisto, Topos Aplainados e Rampas com Vegetação Aberta. A vegetação associada a cada um é fortemente condicionada pela profundidade do solo e pelo tempo de permanência de água no sistema. Os ambientes de mata, tanto sobre xistos quanto sobre quartzitos, sofrem menor estresse hídrico seja por melhores condições físicas do solo e maior retenção de água, seja pelo próprio ambiente mais ombrófilo e úmido, como nas Grotas. Nestes geoambientes as concentrações de P e K se mostraram mais elevadas do que nos ambientes campestres abertos. Na Mata Baixa com Candeia, a pobreza química do ambiente parece ser limitante da não-ocorrência de uma floresta mais densa. Nos Campos de Altitude, as cotas elevadas

parecem relacionadas com o estabelecimento desta vegetação, que diferem dos campos rupestres por estarem sobre solo mais profundo. Em geral, os solos estudados são álicos, com valores de saturação de Al superiores a 80% no horizonte A1, eletronegativos e com acentuado distrofismo. A CTC existente é quase exclusivamente atribuível à fração orgânica, em virtude da atividade muito baixa da fração argila dos solos. Os resultados indicaram a presença destacada de formas pouco cristalinas de Fe, a exemplo do descrito em solos em condições de altitude. Com acúmulo de carbono orgânico, há inibição da cristalização de óxidos de Fe ou Al. A vegetação que se desenvolve em solos O/R e Espodossolos apresenta maior concentração de N onde se verifica maior atividade de algas fotoautotróficas e fixadoras deste elemento. Observa-se que nitrogênio e bases são os elementos de maior concentração nas folhas e na casca da vegetação, e esse comportamento é comum em todos os solos onde haja forte ocorrência de líquens fixadores de N. Com relação ao carbono orgânico total, há diminuição esperada com a profundidade, mesmo nos perfis que apresentam descontinuidade. O fracionamento do carbono orgânico revelou predominância das frações humina e ácidos húmicos sobre a fração ácidos fúlvicos. No entanto, a relação entre as frações ácido húmico:ácidos fúlvicos tende a diminuir em profundidade devido à mobilidade da fração ácido fúlvico. Observou-se correlação entre o carbono orgânico mineralizável (COM) e a fertilidade do solo, destacando-se fósforo e potássio.

APÊNDICE

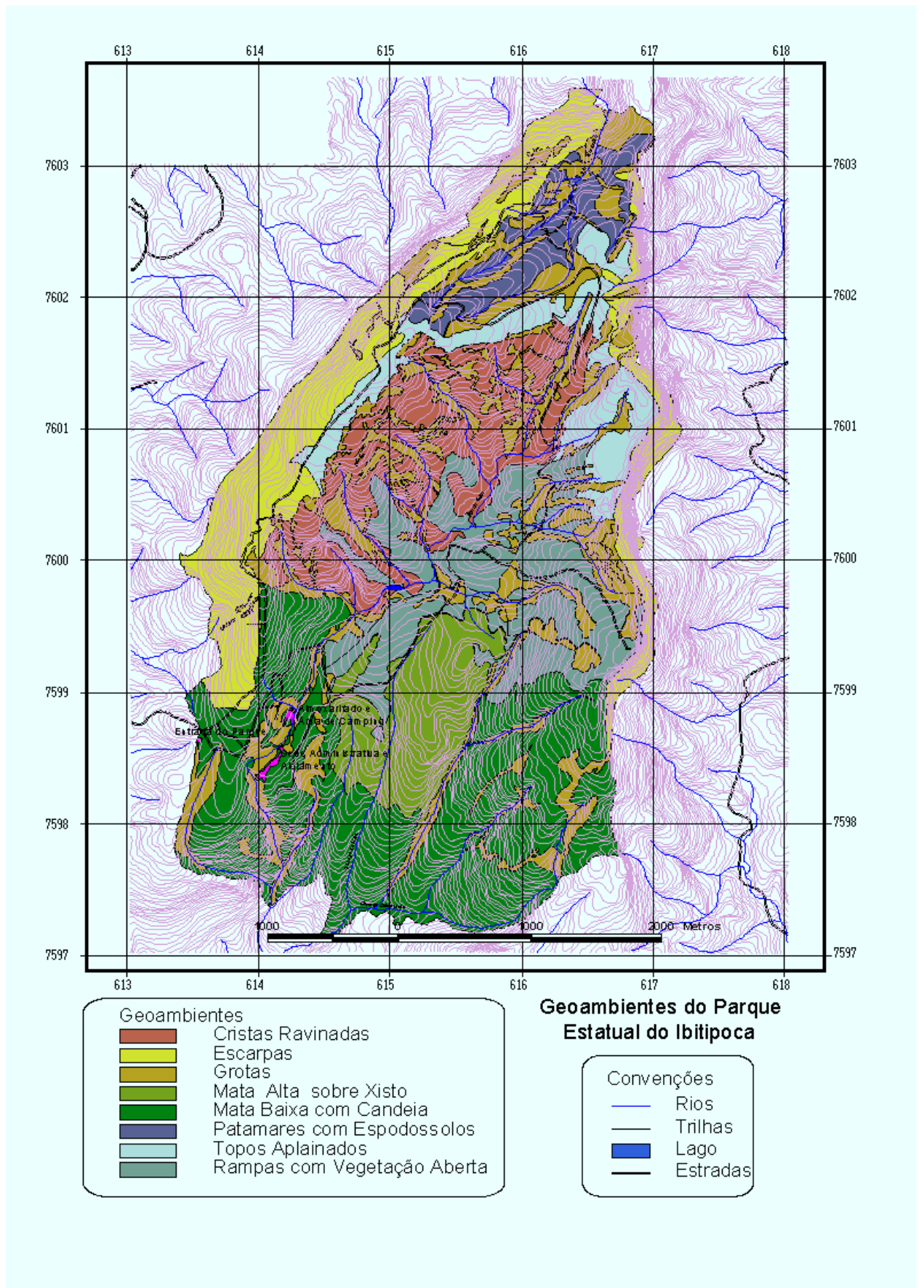


Figura 1A - Mapa representando geoambientes do Parque Estadual do Ibitipoca, município de Lima Duarte (MG).