

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS

UFMG

**INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO
MESTRADO E DOUTORADO EM GEOGRAFIA**



*Caracterização de solos nos arredores da Serra Três Irmãos e da
Serra da Moeda - Quadrilátero Ferrífero/MG*

CLÁUDIO GREGÓRIO DE SOUZA

*Orientador(a):
Profª. Dra. Cristiane Valéria de Oliveira*

Belo Horizonte
2006

Cláudio Gregório de Souza

Geógrafo

Caracterização de solos nos arredores da Serra Três Irmãos e da Serra da Moeda - Quadrilátero Ferrífero/MG

Dissertação apresenta ao Programa de Pós-Graduação do Departamento de Geografia da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção do título de “Mestre em Geografia”.

Área de Concentração: Análise Ambiental

**Orientador (a):
Prof^a Dr^a. Cristiane Valéria de Oliveira**

Belo Horizonte
Minas Gerais – Brasil
2006

S729c
2006

Souza, Cláudio Gregório de.

Caracterização de solos nos arredores da Serra Três Irmãos e da Serra da Moeda [manuscrito]: Quadrilátero Ferrífero/MG / Cláudio Gregório de Souza. – 2006.

ix, 97 f. : il.; enc.

Orientadora: Prof. Dr^a. Cristiane Valéria de Oliveira.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Geociências, 2006.

Área de concentração: Análise Ambiental.

Bibliografia: f. 90-97

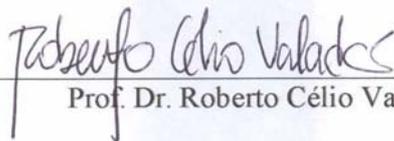
1. Solos – Erosão – Minas Gerais – Teses. 2. Solos – Composição – Teses. 3. Solos – Uso - Planejamento – Teses. 4. Quadrilátero Ferrífero (MG) - Teses. I. Oliveria, Cristiane Valéria de. II. Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Geociências, Departamento de Geografia. III.Título.

CDU: 551.34.234(815.12)

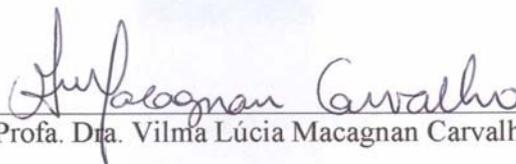
Dissertação defendida e aprovada, em 10 de julho de 2006, pela Banca Examinadora constituída pelos professores:



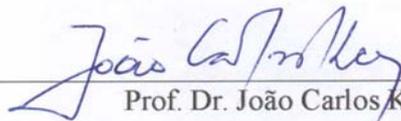
Prof. Dra. Cristiane Valéria de Oliveira



Prof. Dr. Roberto Célio Valadão



Prof. Dra. Vilma Lúcia Macagnan Carvalho



Prof. Dr. João Carlos Ker

SUMÁRIO

	<i>Lista de figuras</i>	iii
	<i>Lista de tabelas</i>	iv
	<i>Lista de quadros</i>	v
	Resumo	vi
	Abstract	viii
	1- Introdução	1
1.1-	Justificativas e objetivos.....	2
	2- Aporte Teórico	5
2.1-	Estudos pedológicos: breve histórico e caracterização.....	5
2.2-	<i>Fatores de formação do solo</i>	7
2.2.1-	Clima (<i>cl</i>).....	7
2.2.2-	Organismos (<i>o</i>).....	9
2.2.3-	Relevo (<i>r</i>).....	10
2.2.4-	Material de origem (<i>p</i>).....	11
2.2.4.a-	Relações entre material de origem e propriedades do solo.....	14
2.2.5-	Tempo (<i>t</i>).....	16
2.3-	<i>Processos erosivos: aspectos gerais</i>	18
2.4-	<i>Erosão e suscetibilidade erosiva: fatores correlatos</i>	20
	3- Classes de solo nos arredores das Serras “Três Irmãos” e “da Moeda”: caracterização e aspectos associados ao uso	24
3.1-	As seqüências pedológicas: localização e contexto regional.....	24
3.2-	<i>Principais características do meio natural</i>	25
3.2.1-	Sinopse do arcabouço geológico.....	25
3.2.2-	Geomorfologia e solos.....	31
3.2.3-	Aspectos climáticos.....	33
3.2.4-	Vegetação.....	34
	4- Metodologia	35
4.1-	Análises físicas.....	36
4.2-	Análises químicas.....	37

5-	Resultados e Discussão.....	39
5.1-	Transectos geomorfológicos e perfis de solo selecionados.....	39
5.2-	Discussão e análise dos perfis de solo.....	45
	<i>Perfil 1 – Neossolo Litólico Distrófico típico.....</i>	45
	<i>Perfil 2 – Latossolo Vermelho-Amarelo Ácrico câmbico.....</i>	49
	<i>Perfil 3 – Neossolo Regolítico Distrófico típico.....</i>	53
	<i>Perfil 4 – Cambissolo Háptico Tb Distrófico típico.....</i>	56
	<i>Perfil 5 – Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico típico.....</i>	60
	<i>Perfil 6 – Cambissolo Háptico Tb Distrófico típico.....</i>	65
	<i>Perfil 7– Cambissolo Háptico Tb Distrófico típico.....</i>	69
	<i>Perfil 8 – Gleissolo Háptico Tb Distrófico “flúvico”.....</i>	73
	<i>Perfil 9 – Latossolo Vermelho Ácrico típico.....</i>	78
6-	Análise Integrada: classes de solo — relevo — uso e ocupação.....	83
7-	Considerações Finais.....	88
8-	Referências Bibliográficas.....	90

LISTA DE FIGURAS

1-	Esboço das áreas municipais abrangidas pelos limites da APA-SUL RMBH...	3
2-	Mapa de localização das seqüências de solos coletados e as principais vias de acesso.....	24
3-	Contexto geológico da região em que está inserido o estudo em relação ao Quadrilátero Ferrífero/MG.....	26
4-	Esboço geológico regional simplificado dos arredores das Serras “Três Irmãos” e “da Moeda” com indicação dos transectos.....	27
5-	Relevo realçado das circunvizinhanças da Serra Três Irmãos e da Serra da Moeda – Quadrilátero Ferrífero/MG.....	32
6-	Transecto geomorfológico da Serra Três Irmãos com indicação da seqüência e dos perfis de solo estudados.....	40
7-	Transecto geomorfológico dos arredores da Serra da Moeda com indicação do perfil de solo analisado.....	40
8-	Fotos ilustrativas do perfil 1 (Neossolo Litólico).....	46
9-	Fotos ilustrativas do perfil 2 (Latosolo Vermelho-Amarelo).....	50
10-	Fotos ilustrativas do perfil 3 (Neossolo Regolítico).....	54
11-	Fotos ilustrativas do perfil 4 (Cambissolo Háplico).....	57
12-	Fotos ilustrativas do perfil 5 (Latosolo Vermelho-Amarelo).....	61
13-	Fotos ilustrativas do perfil 6 (Cambissolo Háplico).....	66
14-	Fotos ilustrativas do perfil 7 (Cambissolo Háplico).....	70
15-	Fotos ilustrativas do perfil 8 (Gleissolo Háplico).....	74
16-	Fotos ilustrativas do perfil 9 (Latosolo Vermelho).....	79
17-	Indicação das classes de solo estudadas — perfis 1 a 8 — e respectivo contexto geológico-geomorfológico associado.....	83
18-	Indicação da classe de solo estudada — perfil 9 — e respectivo contexto geológico-geomorfológico associado.....	85

LISTA DE TABELAS

1-	Fator de intemperismo de <i>Raman</i>	8
2-	Perdas de terra e água em dois tipos de solo conforme a classe de textura predominante.....	22
3-	Principais dados de balanço hídrico – Bacia do Rio Paraopeba – Brumadinho/MG.	33
4-	Resultados das análises físicas dos solos.....	41
5-	Resultados das análises químicas dos solos.....	43
6-	Determinação do delta pH - PERFIL 2 – LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Ácrico câmbico.....	52
7-	Determinação do delta pH - PERFIL 9 – LATOSSOLO VERMELHO Ácrico típico.....	81

LISTA DE QUADROS

1-	Características morfológicas - Perfil 1.....	47
2-	Características morfológicas - Perfil 2.....	51
3-	Características morfológicas - Perfil 3.....	55
4-	Características morfológicas - Perfil 4.....	58
5-	Características morfológicas - Perfil 5.....	62
6-	Características morfológicas - Perfil 6.....	67
7-	Características morfológicas - Perfil 7.....	71
8-	Características morfológicas - Perfil 8.....	75
9-	Características morfológicas - Perfil 9.....	80

Caracterização de solos nos arredores da Serra Três Irmãos e da Serra da Moeda – Quadrilátero Ferrífero/MG

Autor: Cláudio Gregório de Souza

Orientador(a): Prof^a Dr^a Cristiane Valéria de Oliveira

RESUMO

No intuito de contribuir para o conhecimento detalhado dos atributos químicos, físicos e morfológicos dos solos ocorrentes nos arredores da Serra Três Irmãos e da Serra da Moeda - Quadrilátero Ferrífero, procedeu-se à caracterização e análise de nove perfis de solo dispostos em dois transectos representativos do relevo e litologias regionais. Objetivou-se, também, fornecer subsídios, através dos dados apurados, para o planejamento de uso e ocupação do solo na região — eixo sul da Região Metropolitana de Belo Horizonte (RMBH), principalmente em aspectos relacionados à suscetibilidade erosiva dos solos analisados.

A metodologia utilizada para a execução da pesquisa baseou-se na análise de perfis de solo distribuídos ao longo de vertentes, de modo que as trincheiras se localizassem em diferentes unidades litológicas e condições topográficas. Efetuou-se a descrição e aferição em campo dos padrões morfológicos dos solos e coleta de amostras para execução em laboratório de análises físicas (granulometria) e químicas.

Foram descritos e analisados nove perfis de solo situados em diferentes compartimentos do relevo e materiais de origem. Neossolos e Cambissolos predominaram nas áreas de relevo regional forte ondulado, apresentando fortes correlações com o material de origem, sobretudo nas características de textura, estrutura, cor e fertilidade. Os Latossolos tendem a ocorrer em áreas de relevo ondulado com perfis bastante desenvolvidos. Nestes, o avançado estágio de intemperismo dificultou a correta determinação do material originário do solo. Dados de caracterização morfológica e granulométrica indicam que a matriz originária dos perfis 5 (Latosolo) e 7 (Cambissolo) é alóctone. O perfil de Gleissolo Háplico Tb Distrófico descrito apresentou dois horizontes soterrados oriundos de dinâmica hidrogeomorfológica das vertentes conectadas ao curso fluvial. Esse fato motivou a inserção do termo “*flúvico*” no 4º Nível Categórico da classificação, com o objetivo de qualificar a contribuição do material mobilizado das vertentes, a partir do qual se inicia um novo ciclo pedogenético.

Os Neossolos e os Cambissolos apresentaram expressivas quantidades de areia fina e silte na composição granulométrica e fraco desenvolvimento de suas características morfológicas sendo, portanto, muito suscetíveis á erosão. Os Latossolos apresentaram perfis mais desenvolvidos e atributos físico-morfológicos que permitem caracterizá-los como mais resistentes à erosão, contudo, requerem planejamento e manejo para ocupação, tendo em vista as condições predominantes regionalmente de relevo forte ondulado. As estreitas planícies fluviais, onde ocorrem os Gleissolos, são usualmente utilizadas para práticas agropecuárias e ocupação. Entretanto, estas áreas são periodicamente acometidas por inundações e sujeitas a legislação ambiental específica que deve ser respeitada nos projetos de planificação do uso.

A ocupação e uso do solo na região devem pautar-se pela identificação, através de estudos pedológicos, das características pedogenéticas e fragilidades dos solos as quais subsidiarão o correto planejamento ambiental.

Palavras-Chave: Solos, Material de Origem, Suscetibilidade Erosiva, Quadrilátero Ferrífero.

Soil characterization in the outskirts of the Mountain Ranges “Três Irmãos” and “da Moeda” – Quadrilátero Ferrífero - Minas Gerais, Brazil

Author: Cláudio Gregório de Souza

Orientation: Dr^a Cristiane Valéria de Oliveira

ABSTRACT

In intention to contribute for the detailed knowledge of the chemical, physical and morphologic attributes of soils occurrents in the outskirts of the Mountain Ranges “Três Irmãos” and “da Moeda” – “Quadrilátero Ferrífero”, proceeded it the characterization and analysis at nine soil profiles in two representative transects of the relief and regional lithologies. It was objectified, also, to supply subsidies, through the refined data, to the planning of use and occupation of the ground in the region — south axle of the Metropolitan Region of Belo Horizonte — mainly in aspects related to the erosive susceptibility of analyzed soils.

The methodology used for the execution of the research was based on the analysis of distributed soil profiles through slopes, in way that the trenches has been located in different lithologies units and topographical conditions. It was effected description and gauging in field of the morphologic standards of soil and samples collection for execution in laboratory of physical (particle sizing) and chemistry analyses.

Had been described and analyzed nine situated soil profiles in different compartments of the relief and parent materials. Entisols and Inceptisols had predominated in the wavy strong regional relief areas, presenting strong correlations with the parent material, over all in the characteristics of texture, structure, color and fertility. The Latosols tends to occur in relief areas wavy with profiles sufficiently developed. In these, the long time of weathering made it difficult the correct determination of the originary material of the soil. Morphologic data and grain sized characterization indicate that parent material of the profiles 5 (Latosols) and 7 (Cambisol) are allochthonous. The profile of Hydromorphic soil presented two horizons buried deriving of hydrogeomorphological dynamics of the connected slopes to the fluvial course. This fact motivated the insertion of the “fluvent” term in fourth categorical level of the classification, with the objective to characterize the

contribution of the mobilized material of downhill, from which if it initiates a new pedogenetical cycle.

The Entisols and the Inceptisols had presented expressive amounts of fine sand and silt in the grain sized composition and weak development of its morphologic having been, therefore, very susceptible characteristics to the erosion. The Oxisols had presented profiles developed and physical-morphological attributes that allow to characterize them as more resistant to the erosion, however, requires planning and handling for occupation, in view of the predominant waved strong relief conditions regionally. The narrow fluvial plains, where they occur the Hydromorphic Soil, usually are used for practical farming and occupation. However, these areas are periodically attacks for floodings and subordinated by specific environmental legislation that must be respected in the planning projects of the use.

The occupation and soil use in the region must interline for the identification, through pedological studies, of the pedogeneticals characteristics and soils fragilities which will subsidize the correct environmental planning.

Key-Words: Soil, Parent Material, Erosive Susceptibility, Cuadrilátero Ferrífero.

1- INTRODUÇÃO

A variabilidade natural das classes de solo na paisagem é resultante de complexas interações entre os diversos fatores de formação: material de origem, relevo, clima, organismos e tempo (Resende *et al.*, 1995). Tais fatores, associados aos processos pedológicos envolvidos na evolução dos solos, determinarão suas propriedades físicas, químicas e mineralógicas e a aptidão agrícola de cada classe. Sendo assim, estudos envolvendo a caracterização das classes de solo são fundamentais para elucidar questões atinentes ao comportamento físico, químico e morfológico dos mesmos.

Decorre do material de origem propriedades importantes dos solos, tais como: textura, cor, mineralogia e composição química (Merwe *et al.*, 2002). No Brasil, de modo geral, estudos envolvendo pedogênese são escassos, principalmente ao se considerar as dimensões territoriais do país. Os trabalhos mais representativos são realizados, quase sempre, sob os auspícios de instituições de ensino superior em cursos de Pós-Graduação relacionados à ciência do solo (Marques Júnior *et al.* 1992; Dias *et al.*, 2003). A área de abrangência de tais estudos fica, normalmente, circunscrita a localidades próximas das instituições, quer seja por falta de recursos para estudos mais amplos e longínquos, ou mesmo por comodidade nos deslocamentos das etapas de campo. Esse fato, em termos práticos, parece exprimir-se especialmente com uma concentração de estudos nas áreas próximas às instituições de ensino e com um déficit em outras partes. O corolário natural desse arranjo conduz a uma ausência de trabalhos científicos sobre caracterização de solos em regiões importantes do país. Este é o caso específico da Região Metropolitana de Belo Horizonte (RMBH), onde há poucos registros de tais estudos, os quais são primordiais no planejamento ambiental e de uso e ocupação do solo, sobretudo, no que concerne ao controle e prevenção de processos erosivos comumente verificados em áreas caracterizadas por uma ocupação desordenada.

1.1- Justificativas e objetivos

Na Região Metropolitana de Belo Horizonte (RMBH), os poucos estudos pedológicos existentes referem-se apenas a levantamentos exploratórios na escala 1:1.000.000 (Amaral¹ *apud* IBRAM, 2003), reconhecimentos de baixa intensidade na escala 1:250.000 (CETEC, 1983) e, recentemente, uma compilação dos trabalhos anteriores efetuada pelo IBRAM (2003) para o zoneamento ambiental da APA-SUL² (Área de Proteção Ambiental Sul - RMBH) publicado na escala 1:50.000. Verifica-se, portanto, uma carência de estudos que tratem da caracterização pormenorizada dos solos ocorrentes nos arredores metropolitanos de Belo Horizonte.

Deve-se ressaltar o fato de que o aglomerado urbano composto pela RMBH tem sido alvo de crescente incremento populacional nas últimas décadas, provocado pela industrialização, parcelamento do solo e adensamento da ocupação. Dados levantados por Santana (1998), apontam uma consolidação da expansão urbana da RMBH nos vetores a oeste (Contagem - Betim), norte (Sabará - Santa Luzia) e para um incremento da ocupação no vetor sul. Os resultados obtidos pelo citado autor através de monitoramento por satélite para o vetor sul evidenciaram para o período analisado — 1989 a 1996 — o adensamento de loteamentos antigos (e.g.: Retiro do Chalé, Retiro das Pedras), distritos e bairros (Casa Branca, em Brumadinho e Jardim Canadá, em Nova Lima), localidades estas situadas nas proximidades do eixo rodoviário da BR-040.

Os estudos mais recentes desenvolvidos pelo IBRAM (2003) reforçam o referido fato e apontam para a tendência de avanço da ocupação urbana para o denominado Eixo-Sul da RMBH, composto, principalmente, pelos municípios de Nova Lima, Brumadinho, Sarzedo, Ibirité e Itabirito. De acordo com tais estudos, a ocupação se processa, atualmente, pelo aumento da área dos condomínios existentes, pela criação de novos empreendimentos e também pelo parcelamento de propriedades rurais em chácaras e sítios para especulação imobiliária.

Tendo em vista a marcha crescente do adensamento urbano no vetor sul da RMBH, torna-se fundamental o conhecimento e caracterização das classes de solo em função do material de origem a fim de se oferecer subsídios para o adequado planejamento de uso e ocupação das unidades pedológicas periurbanas.

¹ AMARAL, F. A. **Aptidão agrícola do Estado de Minas Gerais e adequação de uso**. 1993. Dissertação de Mestrado – ESALQ, USP, Piracicaba.

² Área de Proteção Ambiental Sul – RMBH: regulamentada pelo Decreto Estadual nº 35.624, de 08/06/1994.

Conforme salientado por Santana (1998), grande parte da porção sul da RMBH está inserida nos limites da Área de Proteção Ambiental Sul (FIG. 1). Ressalte-se que, dos municípios integrantes da APA-SUL: Barão de Cocais, Catas Altas, Itabirito e Santa Bárbara não fazem parte da Região Metropolitana de Belo Horizonte.

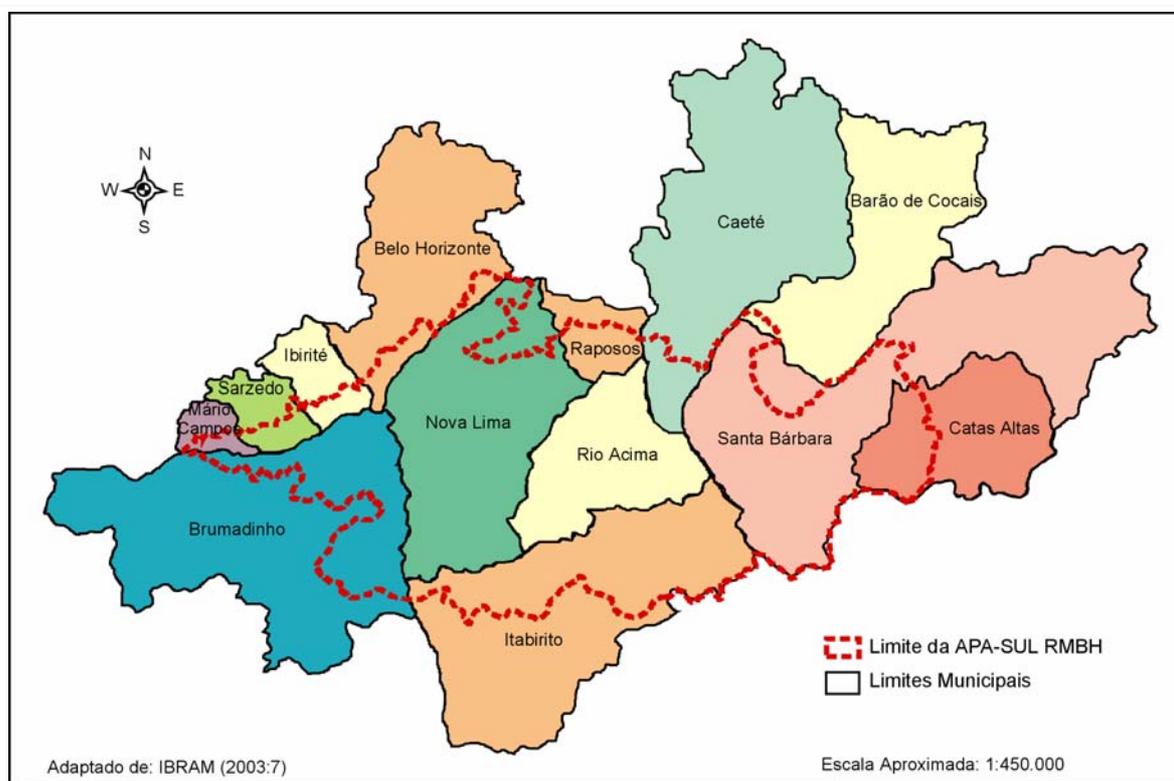


FIGURA 1: Esboço das áreas municipais abrangidas pelos limites da APA-SUL RMBH

Esta região — composta pelo vetor sul da RMBH e a Área de Proteção Ambiental correspondente — está inserida no contexto geo-ambiental do Quadrilátero Ferrífero que apresenta como características principais: uma topografia composta por depressões, vales encaixados, vertentes íngremes com declives acentuados, importantes extensões de mata densa, áreas de nascentes, concentração de reservas minerais e os melhores mananciais de abastecimento de água da Região Metropolitana. Trata-se, portanto, de um local de relevante interesse ambiental.

Tais fatores motivaram a escolha de duas seqüências de solos associados ao relevo e à litologia em área inserida na porção sul da RMBH para o desenvolvimento desta dissertação. As aludidas seqüências de solos estão localizadas na borda oeste do Quadrilátero Ferrífero, com seções pedológicas distribuídas em vertentes da Serra Três

Irmãos e da Serra da Moeda em áreas pertencentes aos municípios de Sarzedo e Brumadinho.

Partindo-se dessas premissas e no sentido de contribuir para o conhecimento de aspectos atinentes às características e à suscetibilidade erosiva dos solos de parte da RMBH e do Quadrilátero Ferrífero, os principais objetivos desta dissertação são:

- Efetuar a caracterização química, física e morfológica de nove perfis de solo dispostos em dois transectos representativos do relevo e litologias regionais;
- Fornecer subsídios, através da análise dos dados físicos, químicos e morfológicos dos solos estudados, para o planejamento ambiental e de uso e ocupação do solo no Eixo-Sul da RMBH.

2 – APORTE TEÓRICO

2.1- Estudos pedológicos: breve histórico e caracterização

Os primórdios dos estudos pedogenéticos remontam aos idos de 1879 e 1883, através dos trabalhos desenvolvidos na Rússia por Vasili Dokuchaev^{3, 4}, conforme as indicações encontradas em Buol *et al.* (1989) e Bockheim *et al.* (2005). Essa etapa inicial dos estudos pedológicos caracterizou-se pelas extensas descrições dos solos e das paisagens correlatas. As atentas observações de Dokuchaev permitiram-lhe postular, já àquela época, que diferentes condições ambientais originariam solos com características bastante distintas. Ao pedólogo russo é creditado o desenvolvimento dos fundamentos da geografia e gênese dos solos, e, sobretudo, a formulação inicial dos conceitos referentes aos fatores de formação dos solos — material de origem, clima, vegetação, relevo e tempo — dos quais ele considerava a vegetação o mais importante. Na condução de seus estudos sobre os *Chernozems* do território russo, Dokuchaev aplicou princípios de zonalidade aos solos visando separá-los em diversos grupos, produziu a primeira classificação científica de solos, desenvolveu métodos de reconhecimento de solos em campo e cartografia dos mesmos em laboratório.

Jenny⁵ *apud* Bockheim *et al.* (2005), retomando os conceitos propostos por Dokuchaev, publicou em 1941 um importante tratado sobre os fatores de formação do solo. Neste tratado, Jenny considera o solo como um recurso natural que possui uma organização interna e evolutiva controlada por cinco variáveis ou fatores, a saber:

- A) Clima (*cl*);
- B) Organismos (*o*);
- C) Relevo (*r*);
- D) Material de Origem (*p*);
- E) Tempo (*t*).

Nesse primeiro momento, Jenny considerou os fatores de formação como variáveis controladoras do desenvolvimento do solo de forma independente. Ele tentou estabelecer

³ DOKUCHAEV, V. V. **Mapping the Russian Soils** (In Russian). 1879. Imperial Univ. of St. Petersburg. St. Petersburg, Russia.

⁴ DOKUCHAEV, V. V. **Russian Chernozems** (Russkii Chernozems). 1883. Israel Prog. Sci. Trans., Jerusalém, 1967. Transl. from russian by N. Kaner. Available form. U.S. Dept. of Commerce, Springfield.

⁵ JENNY, H. **Factors of soil formation**. New York: McGraw-Hill, 1941. 281 p.

uma relação entre as propriedades do solo e os fatores de formação mais importantes, resultando na seguinte equação: $S = f(cl, o, r, p, t...)$, em que S indica o solo resultante da interação dos fatores de formação; f (função das variáveis da equação); cl (clima); o (organismos); r (relevo); p (material de origem); t (tempo).

Posteriormente, Jenny (1980) redefiniu seus conceitos sobre os fatores de formação passando a considerá-los como um grupo de variáveis que fazem parte de um sistema ecológico/natural — o ecossistema solo. De acordo com esse novo enfoque, a gênese de um solo implica em ganhos, perdas e transformações de energia e matéria ao longo de sua evolução. Os fatores que conduzem à formação de um solo passam, então, a ser compreendidos de forma integrada e interdependente, fato que requer maiores esforços científicos no sentido de elucidar os processos envolvidos na pedogênese.

Estudos analíticos ulteriores propuseram a subdivisão dos fatores de formação em três grupos: fatores ativos, passivos e controladores. Tal subdivisão baseou-se nas distintas interferências de cada grupo de fatores ao longo do processo de gênese do solo. Os fatores ativos — clima e organismos — são aqueles que contribuem com matéria ou energia para o sistema. Estes atuam interagindo diretamente com o material de origem promovendo seu intemperismo e remobilização. Os fatores passivos — material de origem e tempo — constituem-se naqueles que não adicionam nem exportam matéria ou energia para o sistema. Eles atuam de maneira indireta condicionando o desenvolvimento dos solos conforme o tipo de material originário e o tempo que o mesmo esteve sujeito aos processos de pedogênese. O relevo é considerado o fator controlador. A este fator atribui-se o controle do fluxo de materiais do solo em superfície, através de processos erosivos de retirada e deposição e dos efeitos em subsuperfície: infiltração, lixiviação e translocação. Efeitos controladores esses determinados, sobretudo, pela morfologia do relevo e inclinação das vertentes (Abrahão & Mello, 1998).

Percebe-se, pelo exposto, que o solo enquanto recurso integrante da paisagem desenvolve-se a partir da atuação de forças físicas, químicas e bióticas sobre um determinado material de origem. Tal interação de forças conduz a uma diferenciação de classes de solo nos distintos compartimentos da paisagem. Estudos correlacionando a gênese e ocorrência de solos segundo sua posição na paisagem são recorrentes na literatura pedológica, fatos esses atestados pelos trabalhos de Demattê *et al.* (1996), Vidal-Torrado & Lepch (1999), Phillips *et al.* (2001), Teramoto *et al.* (2001), Dias *et al.* (2003), Silva *et al.* (2004).

O solo, portanto, deve ser entendido como um corpo natural composto de material mineral e orgânico formado em resposta a uma série de fatores e processos ambientais que atuam continuamente na sua evolução (EMBRAPA, 1999). Isso torna primordial o entendimento de cada um dos fatores de formação para que os procedimentos e pesquisas de gênese, classificação e levantamento de solos sejam cada vez mais aprimorados.

2.2- Fatores de formação do solo

2.2.1- Clima (cl)

As condições climáticas exercem um papel fundamental nos processos de pedogênese. Esta influência se faz presente através da intensidade das precipitações pluviais que são comandadas pela sazonalidade e variabilidade das chuvas ao longo do ano, incidência da radiação solar que, por sua vez, controla a temperatura e a umidade relativa do ar, e o regime dos ventos. De forma geral, as pesquisas realizadas com o intuito de investigar os efeitos do clima nos processos de pedogênese salientam a precipitação e a temperatura como as componentes climáticas que exercem maior influência na formação dos solos (Fernandez Caldas *et al.*, 1979; Lulli *et al.*, 1988; Dahlgren *et al.*, 1997).

Para Oliveira (1972a), os elementos do clima que exercem maior influência nos processos de pedogênese são: temperatura, precipitações pluviométricas, ventos, deficiência e excedentes hídricos.

O referido autor esclarece que a temperatura é a responsável por desencadear os principais processos pedogenéticos. Segundo Oliveira *op cit.*, nas regiões tropicais onde as variações diárias e sazonais da temperatura não são pronunciadas a pedogênese atinge sua expressão mais marcante. Fato este que se expressa pela constatação, em ambiente tropical, de um alto grau de alteração dos minerais primários, presença de minerais secundários do tipo caulínico e óxidos de ferro e de alumínio, expressivo metabolismo da matéria orgânica, mobilização e acumulação de óxidos de ferro livres.

Oliveira (1972a) ilustra o vigor das variações de temperatura em relação aos processos intempéricos apresentando, em seu compêndio de pedologia, o fator de intemperismo de *Raman*. Este fator foi estabelecido com o intuito de fornecer uma diferença quantitativa de energia pedogenética entre três das principais regiões climáticas do globo (TAB. 1).

TABELA 1

Fator de intemperismo de *Raman*

Região	Temperatura média do solo (°C)	Dissolução relativa da água	Número de dias de intemperismo	Fator de intemperismo	
				Absoluto	Relativo
Ártica	10	1,7	100	170	1
Temperada	18	2,4	200	480	2,8
Tropical	34	4,5	360	1.620	9,5

Fonte: Oliveira (1972a: 281)

Percebe-se pela análise do fator de intemperismo de *Raman* que nas regiões tropicais as condições de avanço da frente de intemperismo são aproximadamente três vezes maiores do que nas regiões temperadas e algo em torno de nove vezes superior ao que ocorre na região ártica. Conclui-se, daí, que temperaturas e índices pluviométricos anuais mais elevados contribuem significativamente para o desenvolvimento dos solos.

No que tange às águas oriundas de precipitação pluvial, Oliveira (1972a) ressalta três de suas funções primordiais no processo de pedogênese:

- Integram a maioria dos constituintes neoformados do solo: ácidos orgânicos, argilas, óxidos hidratados, etc;
- Atuam como agente transportador de substâncias minerais e orgânicas em solução através do perfil do solo;
- Participam ativamente dos processos de hidratação, hidrólise e lixiviação.

Gray & Murphy (2002 a) sintetizam de modo objetivo as principais contribuições dos fatores climáticos para a gênese dos solos:

- Influenciam no grau de intemperismo do material de origem e das partículas do solo;
- Promovem a lixiviação de cátions solúveis, tais como, Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^{+} , e Na^{+} ;
- Exercem forte influência no potencial de crescimento das plantas, na atividade biológica do solo e no acúmulo de matéria orgânica.

Dahlgren *et al.* (1997) pesquisaram os efeitos das oscilações climáticas na pedogênese, ao longo de um transecto nas vertentes ocidentais de *Sierra Nevada* – Califórnia. As elevações topográficas variaram de 198 a 2.865 m, com diferenças de temperatura situadas entre 3,9° C e 16,7° C e precipitações se alternando entre 33 e 127 cm. Essa pesquisa confirmou a hipótese de que os processos envolvidos na evolução dos

solos são fortemente influenciados pelas variações dos aspectos climáticos. Segundo os autores, mudanças nos índices de temperatura e precipitação encontradas ao longo do transecto foram responsáveis por alterações importantes nos ciclos biogeoquímicos dos solos. Verificou-se, à medida que aumentava a altitude, um decréscimo do pH dos solos em duas unidades e a elevação da concentração de carbono orgânico, atribuídos, substancialmente, às variações de temperatura e precipitação. Os autores constataram, ainda, alterações significativas no grau de intemperismo químico dos solos, nas concentrações de óxidos de ferro e diferenciação dos padrões de cor.

2.2.2- Organismos (o)

Bactérias, fungos, protozoários, nematóides (microfauna), cupins, minhocas, formigas (mesofauna) e tatus (macrofauna) são alguns dos principais organismos vivos presentes no solo que atuam como agentes pedogenéticos. Outros agentes importantes são cobertura vegetal e atividades antrópicas. O conjunto destes agentes, excetuando-se as atividades antrópicas, tem sido referido na literatura com a denominação de *biota*, quando se quer aludir à ação integrada dos mesmos no solo (Jenny, 1980; Jahren, 2005).

Vários autores destacam a ação pedogenética dos organismos e da cobertura vegetal nos processos de formação dos solos, como pode ser observado nos trabalhos desenvolvidos por Buol et al. (1989), Oliveira (1972a,b), Oliveira *et al.* (1992), Gray & Murphy (1999), Gray & Murphy (2002 a).

Oliveira (1972a), por exemplo, credita à vegetação a capacidade de atenuar as variações térmicas e hídricas do ambiente criando condições favoráveis para as atividades biológicas da micro e mesofauna do solo.

Em consonância com a assertiva anterior, Jahren (2005) acrescenta que a vegetação também contribui com componentes orgânicos para o solo, tais como: folhas, sementes, raízes e frutas. Esse material, ao ser decomposto, incorpora ao solo, ácidos fúlvicos e húmicos, os quais atuarão na formação dos complexos organominerais.

Oliveira *et al.* (1992) destacam a importância do contato direto das raízes dos vegetais com os colóides do solo ativando os processos de troca catiônica. Segundo os autores, os transportes seletivos de cátions em solução são valiosos na diferenciação dos horizontes do solo.

Em relação à fauna do solo, destaca-se sua ação remobilizadora dos horizontes através de sua atividade escavadora. Oliveira (1972a,b) atribui à meso e macrofauna do

solo a criação de galerias, o transporte de elementos finos das camadas profundas do solo para superfície, a subdivisão dos materiais grosseiros facilitando o ataque microbiano e a exportação de substâncias ao longo do perfil modificando suas características físico-químicas. Em suma, a fauna existente no solo contribui para a sua homogeneização; influencia marcadamente na porosidade e estrutura, e contribui para a disseminação das atividades de decomposição do material orgânico.

Eschenbrenner (1986), em pesquisa realizada no estado africano do Congo, atestou que a micro-agregação específica de certos solos tropicais é resultante de uma *bio-agregação* atribuída, em grande parte, à atividade das numerosas espécies de térmitas existentes em ambiente tropical.

Importante se faz ressaltar, a contribuição das atividades antrópicas na modificação do curso natural dos processos de pedogênese. Atividades como a mecanização agrícola, o uso indiscriminado de pesticidas e o avanço de processos acelerados de erosão, já eram consideradas por Buol et al. (1989) como elementos perturbadores das propriedades físicas, químicas e biológicas do solo. Atualmente, acrescenta-se ao escopo da pedologia novas-velhas formas de degradação do solo. Dias (1998), em texto tratando da caracterização de substratos para fins de recuperação de área degradada, faz referência a estes processos e atividades antropogênicas. Resíduos geológicos originados de mineração (depósitos de estéril e rejeitos), taludes decorrentes de obras de engenharia, como cortes de estrada e áreas de empréstimo para construção de barragens, e a exposição de encostas no processo de abertura de cavas são destacadas como as principais alterações antrópicas efetuadas sobre a cobertura pedológica.

2.2.3- Relevo (*r*)

Buol et al. (1989) ressaltam que as principais características genéticas de um solo comumente relacionadas ao relevo são: profundidade do *solum* (horizontes A + B), espessura e conteúdo de matéria orgânica do horizonte A, umidade relativa do perfil, cor do solo e grau de diferenciação dos horizontes. De acordo com os referidos autores, variações na topografia, tais como, comprimento e inclinação das vertentes, podem influenciar na incidência da radiação solar sobre o solo, na condução das águas pluviais sobre a superfície, na distribuição da vegetação na paisagem e na atividade dos microorganismos do solo.

No que tange à radiação solar, Jenny (1980) ressalta que, em regiões montanhosas, a orientação das encostas influencia significativamente na quantidade de radiação solar recebida. Nas encostas mais sombreadas as temperaturas são menores resultando em solos com morfologia e composições diferenciadas se comparados com aqueles presentes nas encostas que recebem maior radiação solar. Segundo dados apresentados por Buol et al. (1989), nas vertentes com menor intensidade de insolação registrou-se a presença de um conteúdo maior de matéria orgânica nos 10 centímetros iniciais dos solos. Já na vertente que recebeu maior radiação solar, a produção de raízes e biomassa foi menor, resultando num conteúdo reduzido de compostos orgânicos.

O relevo atua, também, de forma a limitar ou favorecer a penetração da água no perfil do solo. A variação do volume de água que percola pelo perfil afeta diretamente a eficiência dos fenômenos de hidratação, hidrólise e dissolução que ocorrem durante a evolução do solo (Oliveira *et al.*, 1992).

As pesquisas desenvolvidas por Huggett (1975) e Pennock *et al.* (1987) consubstanciam as assertivas de que em terrenos íngremes o predomínio do escoamento superficial associado a processos erosivos naturais leva a uma pedogênese incipiente, dando origem a solos pouco desenvolvidos. Neste caso, o relevo atua acentuando o mecanismo de rejuvenescimento do solo. Já os terrenos aplainados condicionam uma infiltração mais eficaz das águas pluviais que incidem sobre a superfície favorecendo a lixiviação e o aprofundamento da frente de intemperismo. Essa dinâmica geomorfológica conduz ao desenvolvimento de solos mais evoluídos. Nas depressões, ao contrário do que ocorre nos processos anteriormente citados, o sistema de drenagem restritivo facilita a ocorrência de fenômenos de redução, resultando em solos com características hidromórficas.

2.2.4- Material de Origem (p)

A denominação — *material de origem* — refere-se ao material geológico a partir do qual o solo se desenvolve. Trata-se, portanto, da matéria-prima sobre a qual os demais fatores de formação e os processos biogeoquímicos atuarão originando uma determinada classe de solo.

Diversos são os tipos de materiais de origem existentes. Tal diversidade ocorre devido aos efeitos dos retrabalhamentos sucessivos do manto superficial pelos agentes climáticos e geológicos, intemperizando e deslocando materiais em distâncias variadas.

Tendo em vista estas colocações, proceder-se-á, adiante, a uma explanação dos principais grupos de materiais originários, consoantes com as indicações propostas por Oliveira (1972a,b), Abrahão & Mello (1998), Gray & Murphy (1999) e Gray & Murphy (2002a,b):

I) Substrato rochoso: Trata-se de material comumente encontrado sob a forma de afloramentos rochosos que podem ser constituídos por rochas ígneas, metamórficas ou sedimentares.

Rochas ígneas formam-se a partir da consolidação do magma em profundidade ou em superfície. A solidificação do magma no interior da crosta dá origem às rochas plutônicas ou intrusivas. Já a parcela do magma que extravasa a crosta atingindo a superfície origina as rochas extrusivas ou efusivas. A constituição mineral, estrutura e textura das rochas ígneas variam bastante conforme a composição química e mineralógica do magma e a profundidade de solidificação do mesmo. No processo de resfriamento e cristalização do magma ocorre um agrupamento seletivo dos elementos químicos conforme a afinidade geoquímica. Deste processo, originam-se rochas ígneas mais claras — ditas leucocráticas ou félsicas — as quais apresentam maiores conteúdos de Si, Na e K. Já as rochas ígneas que possuem teores mais elevados de elementos escuros, tais como — Fe e Mg — são denominadas melanocráticas ou máficas.

Exemplos clássicos de rochas ígneas são o riolito, o gabro, o diabásio, o basalto e o granito, sendo as duas últimas as mais comuns no território brasileiro.

As *rochas sedimentares* são formadas a partir da consolidação de sedimentos oriundos da alteração de outras rochas pré-existentes. Como exemplo, podem ser destacados os arenitos, siltitos, argilitos, calcários e dolomitos.

Condições extremas de temperatura e pressão associadas a eventos tectônicos levam à alteração das rochas sedimentares e ígneas, transformando-as em *rochas metamórficas*. O metamorfismo provoca modificações variáveis na estrutura, textura e mineralogia das rochas. Os minerais podem ser orientados em forma de agulhas ou placas conferindo à rocha uma estrutura disposta em planos de xistosidade. Exemplos comuns dessas rochas são os xistos, filitos e ardósias. Outros exemplos de rochas metamórficas são o gnaise, o quartzito, o itabirito e o mármore, as quais variam em suas características conforme o grau metamórfico.

Ressaltar-se-á adiante, conforme descrição apresentada por Abrahão & Mello (1998: 20-21), as principais características do xisto, filito, itabirito, quartzito e do gnaise, por se tratarem de rochas que ocorrem na área objeto desta pesquisa:

- **Xisto:** rocha em que a estrutura xistosa é bastante pronunciada devido ao elevado conteúdo de micas, sobretudo muscovita e biotita, em alternância com bandas de quartzo;
- **Filito:** rocha de grau metamórfico fraco, muito freqüente nas formações geológicas do Quadrilátero Ferrífero (MG). Observa-se um brilho sedoso característico dado por uma mica fina — a sericita ($KAl_2(AlSi_3O_{10})(OH)_2$) — encontrada em bandas alternadas com o quartzo, estando este último em menor proporção;
- **Itabirito:** trata-se de rocha metamórfica composta de quartzo (SiO_2) e hematita (Fe_2O_3) em conteúdo variável. Quando muito rica em hematita esta rocha está associada, ou constitui-se, na principal fonte de minério de ferro. Devido à sua mineralogia muito estável, estrutura xistosa e, às vezes, textura grosseira, esta rocha origina substratos com sérios problemas químicos e físicos difíceis de serem contornados;
- **Quartzito:** rocha metamórfica formada por grande quantidade de quartzo (SiO_2) separada por finas bandas de muscovita, o que lhe proporciona a presença de xistosidade e grande resistência mecânica. Por apresentar minerais resistentes ao intemperismo, esta rocha, freqüentemente, está associada aos pontos mais altos da paisagem, onde sobressaem as feições geomorfológicas mais antigas;
- **Gnaisse:** este tipo de rocha apresenta um alto grau metamórfico, e, juntamente com o granito, constituem-se nas rochas mais comuns do embasamento cristalino. Apresenta estrutura xistosa peculiar, em que as bandas de minerais orientáveis, de cor escura (biotitas e anfibólios) se destacam das bandas de minerais claros de difícil orientação (quartzo e feldspato). Nos gnaisses mais escuros (mesocráticos e melanocráticos) a presença de minerais mais facilmente intemperizáveis proporciona um substrato mais argiloso, se comparado com os gnaisses claros (leucocráticos) que apresentam saprolito mais siltoso e arenoso.

II) Produtos de alteração remanejados: Materiais intemperizados podem ser deslocados por processos erosivos diversos (rastejamentos, solifluxão, solapamentos, desmoronamentos, escoamento superficial, dentre outros), e de modo menos contundente por ações atribuídas à fauna e à flora. A dinâmica geomorfológica de tais processos conduz à deposição do material deslocado nas partes mais baixas da paisagem, fato que é marcado, freqüentemente, pela alternância de camadas com texturas, cores, procedência e agentes cimentantes variados. Em ambiente tropical, a presença de *stone lines* e couraças lateríticas associadas a esses materiais são consideradas indícios fortes de tais remanejamentos. Os exemplos mais comuns são os colúvios, alúvios e os depósitos eólicos;

III) Produtos de pedogênese anterior: Considera-se, neste caso, o material já alterado por processos pedogenéticos e que está, atualmente, submetido a um novo ciclo de pedogenização;

IV) Material orgânico: Trata-se de material formado em ambientes saturados com água, como mangues e pântanos;

V) Material antropogênico: Considera-se, neste caso, os depósitos de rejeitos e estéreis oriundos de áreas mineradas; os substratos expostos ou remobilizados por atividades de engenharia civil, tais como: taludes, áreas de empréstimo, cortes de estrada, etc.

2.2.4.a - Relações entre material de origem e propriedades do solo

Os diferentes tipos de rocha e de materiais a partir dos quais um solo pode se desenvolver exercem importantes influências nas suas características físicas e químicas (Paton, 1978; Jenny, 1980). Mineralogia, fertilidade, textura, cor e erodibilidade são os principais atributos do solo influenciados pelo material de origem.

O conteúdo de sílica (SiO_2), cátions trocáveis (Ca^{2+} , Na^+ , Mg^{2+} , K^+) e óxidos de ferro e alumínio são destacados por Gray & Murphy (1999) como os principais componentes do material de origem a influenciarem os atributos químicos e mineralógicos do solo.

Materiais de origem com alto teor de sílica são aqueles que possuem maior quantidade de quartzo e minerais silicosos, como os feldspatos e a muscovita. Credita-se ao conteúdo de quartzo o desenvolvimento de solos com textura arenosa, estrutura fraca, baixa fertilidade e baixo potencial para a agricultura. Os exemplos mais comuns desse tipo de material são os arenitos e os quartzitos (Gray & Murphy, 1999).

Os cátions básicos quando verificados no solo estão relacionados à presença de minerais máficos no material originário – (e.g.: plagioclásios, piroxênios e olivina). Estes minerais ao serem intemperizados liberam o Ca^{2+} , Na^+ , Mg^{2+} , K^+ , Fe^{2+} . Tais cátions influenciarão, fundamentalmente, no conteúdo e tipo dos argilominerais, no pH e na fertilidade do solo (Gray & Murphy, 2002 a).

Os compostos óxidos presentes no solo incluem os óxidos e hidróxidos de ferro e alumínio, sendo os de maior destaque a goethita (FeOOH), a gibbsita ($\text{Al}(\text{OH})_3$) e a hematita (Fe_2O_3). Estes minerais são mais comuns em materiais sujeitos a longos períodos

de intemperismo, geralmente em condições de clima tropical, em que os silicatos são lixiviados restando apenas os hidróxidos e óxidos de Fe e Al. Segundo Gray & Murphy (2002 b), os óxidos exercem duas influências primordiais no solo: (i) aumentam a estabilidade e estrutura dos agregados do solo e (ii) influenciam nos padrões de cor do solo.

Em relação à cor do solo, Galetti (1989) explica que esta também é influenciada pela presença de matéria orgânica, pelo teor de umidade e/ou drenagem do solo e pelo tipo de minerais contidos no material matriz. O conteúdo de ferro na estrutura das rochas poderá originar solos de tons mais avermelhados em condições de boa drenagem, fato que, normalmente, está associado à formação da hematita (Fe_2O_3). Já em condições de drenagem menos eficiente ocorre a formação da goethita (FeOOH), e com isso, propicia-se o desenvolvimento de cores amareladas no solo. A presença de matéria orgânica imprime colorações acinzentadas, pardas ou mesmo escuras aos horizontes do solo, graças, sobretudo, às incorporações de produtos vegetais e animais ao material mineral.

O tipo de rocha ou material de origem também determina a quantidade potencial de argila e areia no solo que, por sua vez, determinarão sua classe textural. Rochas argilosas são predominantemente compostas por partículas de argila, portanto, originam solos de textura mais argilosa. Granitos, arenitos e quartzitos são rochas de granulometria grossa, donde a tendência a originarem solos texturalmente mais arenosos (Gray & Murphy, 2002a,b).

O corolário da variação textural reflete-se na erodibilidade do solo. A textura mais arenosa de um solo torna-o naturalmente mais susceptível à erosão. Nos solos arenosos a ocorrência de maior proporção de espaços porosos facilita a infiltração da água da chuva. Contudo, a reduzida presença de partículas argilosas, as quais atuam na formação e estabilização dos agregados do solo, os tornam suscetíveis a perdas significativas de material. De modo inverso, nos solos argilosos a força de coesão das partículas é maior, garantindo mais resistência à instalação de processos erosivos (Salomão, 1999).

No que tange à fertilidade química do solo, Paton (1978), Jenny (1980), Osaki (1991) e Gray & Murphy (2002a,b) concordam com a afirmativa de que o material de origem constitui-se em uma das principais fontes naturais de nutrientes para o solo.

De acordo com Gray & Murphy (2002 b), as concentrações de nutrientes no solo variam conforme o tipo de material de origem. Os autores ressaltam que nos materiais silicosos os nutrientes estão presentes em baixas concentrações, casos específicos dos

arenitos, argilitos e granitos. Já em rochas máficas as concentrações tendem a ser maiores como ocorrem no granodiorito, andesito e basalto.

Osaki (1991) explica que a fertilidade de um solo está relacionada à sua capacidade de prover às plantas os nutrientes necessários ao desenvolvimento pleno das mesmas. A autora divide os nutrientes presentes no solo em dois grupos — os macronutrientes e os micronutrientes.

Os macronutrientes são aqueles que as plantas absorvem em maiores quantidades. Deste grupo fazem parte o nitrogênio (*N*), o fósforo (*P*), o potássio (*K*), o magnésio (*Mg*), o cálcio (*Ca*), e o enxofre (*S*). Ressalva deve ser feita ao nitrogênio que é oriundo, sobretudo, da atmosfera e de material orgânico.

Os micronutrientes, embora importantes para o desenvolvimento das plantas, são absorvidos em quantias menores que os anteriores. Destacam-se neste grupo os seguintes elementos: ferro (*Fe*), zinco (*Zn*), manganês (*Mn*), cloro (*Cl*), cobre (*Cu*), boro (*B*), molibdênio (*Mo*), cobalto (*Co*) e níquel (*Ni*).

Galeti (1989) alerta para o fato de que a riqueza mineral de um solo não implica necessariamente em fertilidade. No entendimento desse autor, para que um solo seja fértil é preciso que ele possua, além de boas condições químicas, características físicas satisfatórias (estrutura, profundidade, porosidade e permeabilidade), presença de matéria orgânica e uma população de microorganismos desenvolvida e ativa. Nestas condições, as interações entre o material do solo e as atividades bioquímicas proporcionarão a perfeita disponibilidade dos nutrientes às plantas.

2.2.5- Tempo (*t*)

O estágio de desenvolvimento de um solo guarda estreita relação entre exposição do *material de origem* à ação dos processos pedogenéticos — intemperismo, lixiviação, transporte de partículas, adições, etc. — e *tempo* decorrido. Daí alguns autores, como Oliveira (1972a), Duchaufour (1982), Jorge (1983), Oliveira *et al.* (1992) mencionarem o tempo como o fator mais passivo dentre os demais já tratados neste texto. Isso porque o fator tempo não exporta material do sistema e nem gera energia.

As relações entre tempo e evolução dos solos freqüentemente suscitam dúvidas acerca da diferenciação entre idade e maturidade da cobertura pedológica. Para Oliveira (1972a) e Oliveira *et al.* (1992), alguns solos podem apresentar idade cronológica relativamente pequena e ao mesmo tempo serem considerados maduros ou evoluídos. A

idade absoluta ou cronológica é a medida dos anos transcorridos do início da formação de um solo até o momento presente. Já a idade relativa ou maturidade do solo é baseada no estado de desenvolvimento de seus atributos, tais como: diferenciação de horizontes, profundidade, presença excessiva de óxidos na composição mineralógica, etc..

Paton (1978) adverte para a dificuldade em se estabelecer uma escala de tempo absoluta com extensão suficiente para que seja possível estabelecer correlações seguras acerca do tempo de formação dos solos. Daniels & Hammer (1992), em consonância com os argumentos de Paton, alertam para o fato de que o tempo necessário para o desenvolvimento expressivo de horizontes no solo está na dependência não somente do intemperismo, mas, também, de condições particulares de microclima e variações de material.

Duchaufour (1982: 118), entretanto, afirma que *“para um solo atingir seu estágio de estabilidade, em condições de clima quente e úmido, seriam necessários algo em torno de 10.000 anos”*.

Nesse particular, Walker & Butler (1983: 89) apresentam interessantes resultados de estudos realizados em vários depósitos aluviais australianos que indicam o tempo como um importante fator pedogenético. De acordo com os dados apurados pelos autores, caracteres bióticos dos solos podem ser reconhecidos com segurança dentro de 5.000 anos, já textura do horizonte B e, por conseguinte, contraste acentuado entre horizontes, somente após, aproximadamente, 30.000 anos.

2.3 - Processos erosivos: aspectos gerais

O processo de desagregação e remoção de partículas do solo inicia-se pela ação mecânica produzida pelo impacto das gotas de chuva na superfície do solo. Esse impacto provoca a movimentação das partículas de forma inconstante, podendo ser lançadas a jusante ou a montante do local de impacto. Tal movimentação é denominada de saltitação ou “*splash erosion*”. Nas vertentes inclinadas, as partículas dirigidas a jusante atingem uma distância maior do que as dirigidas a montante, promovendo um deslocamento do topo para o sopé das vertentes. Individualmente a erosão por saltitação transporta partículas de solo a curtas distâncias, contudo, se considerado em conjunto, esse processo pode ser responsável pela mobilização de grande quantidade da camada superficial do solo (Christofoletti, 1974).

A energia de impacto das gotas de chuva aplicada diretamente na camada superficial do solo tem como consequência o umedecimento dos agregados do solo, reduzindo sua coesão e facilitando a desintegração dos mesmos. Rompendo-se a estruturação dos agregados ocorre a liberação de partículas menores — silte e argila — que contribuem para a obstrução dos poros do solo, conduzindo à formação de crostas que provocam a selagem do solo. Esse processo é responsável pela diminuição das taxas de infiltração de água no solo. No momento em que a intensidade da precipitação excede a capacidade de infiltração começa a ocorrer a formação de poças de água nas depressões existentes na superfície. Esgotada a capacidade de retenção de água no solo tem início o escoamento superficial (Guerra, 1999).

O escoamento superficial pode ocorrer de duas formas principais: escoamento difuso ou laminar e escoamento concentrado. Para Christofoletti (1974:25), “*quando as águas escorrem sem hierarquia e fixação dos leitos, anastomosando-se constantemente, tem-se o escoamento difuso; e, quando as águas se concentram adquirindo maior competência erosiva, fixando leito e deixando marcas sensíveis na superfície topográfica, tem-se o escoamento concentrado*”.

Guerra (1999) sintetiza a evolução dos processos de escoamento da seguinte maneira: “a água se acumula nas pequenas depressões da superfície do solo donde começa a descer a encosta através do escoamento laminar, passando, conforme a rugosidade do terreno, a um fluxo linear (*flow line*). Desta etapa em diante, segue evoluindo para microrravinas (*micro-rills*), depois para microrravinas com cabeceiras (*headcuts*), podendo culminar na formação de uma ravina propriamente dita”. Esse tipo de erosão é considerado

o que mais causa prejuízos à agricultura, bem como ao meio ambiente, por ser de difícil identificação em sua fase inicial.

Outro processo erosivo correlato ao escoamento superficial é o voçorocamento. Revisando a bibliografia sobre o assunto, Chaves (1994) destaca três fatores associados à erosão em ravinas e voçorocas: (a) a incisão do canal pela energia cisalhante do escoamento superficial; (b) a erosão hidráulica na cabeceira do canal por quedas d'água localizadas e (c) o desmoronamento dos taludes laterais da voçoroca com posterior remoção dos sedimentos pelo fluxo de água interno.

A assertiva acima encontra respaldo nos apontamentos efetuados por Oliveira, M. A. T. (1999) para o qual as voçorocas estão relacionadas à ação conjunta de diversos fenômenos: erosão superficial (deslocamento de partículas por impacto das gotas de chuva, transporte por fluxos concentrados, erosão por quedas d'água), solapamento da base de taludes, movimentos de massa (rastejamentos, solifluxão, deslizamentos, desmoronamentos) e fluxos concentrados em túneis ou dutos.

Processos erosivos que envolvem voçorocamentos e ravinamentos originam feições de expressiva degradação da paisagem, com remoção de grande quantidade de solo. Cavaguti (1995) relata para a região de Bauru – SP voçorocas com cerca de 1 km de comprimento, mais de 50 metros de largura e 30 metros de profundidade. O autor registrou ainda que as erosões em ravinas e voçorocas na região urbana de Bauru já degradaram cerca de $1.880.525 \text{ m}^2$, área que representa um volume de $1.392.951 \text{ m}^3$ de solo escavado.

2.4 - Erosão e suscetibilidade erosiva: fatores correlatos

Schultz (1983) e Salomão (1999) destacam quatro fatores fundamentais que intervêm diretamente no processo erosivo — as chuvas, o relevo, a cobertura vegetal e a natureza do solo. Nos parágrafos seguintes, descrever-se-á, brevemente, acerca desses fatores, ressaltando suas principais características relacionadas à erosão dos solos:

a) Chuvas

Ressalta-se no fator chuva a importância da frequência, intensidade e duração das precipitações pluviométricas. A *frequência* é o número de eventos chuvosos ocorridos durante o mês ou ano, ou mesmo, o lapso de tempo decorrido entre uma chuva e outra. A *intensidade* relaciona-se à quantidade pluviométrica registrada num determinado período de tempo. Já o tempo decorrido entre o início e o fim de um evento chuvoso é conceituado como *duração*.

Segundo Schultz *op. cit.*, chuvas freqüentes, mas pouco intensas, geralmente não causam problemas de erosão. Ao contrário, chuvas freqüentes ou mesmo esporádicas, mas muito intensas, são potenciais causadoras de problemas erosivos.

b) Relevo

Os principais fatores do relevo que exercem acentuada influência no processo erosivo são a declividade e o comprimento do declive. O tamanho e a quantidade do material em suspensão arrastado pela água da chuva depende da velocidade com que ela escorre, e essa velocidade é função de tais fatores.

Cassetti (1991) ressalta que quanto maior o declive ou gradiente da vertente, mais o escoamento superficial se intensifica, fato que corresponde a uma diminuição da infiltração da água no solo. O autor caracteriza o tipo de escoamento predominante nas vertentes conforme dois parâmetros — comprimento e largura — assim definidos:

i) vertentes portadoras de comprimento reto e largura reta que se caracterizam pelo predomínio do fluxo laminar;

ii) vertentes de comprimento reto e largura curva nas quais podem ocorrer dois tipos predominantes de fluxos — disperso na face convexa e convergente com escoamento concentrado na face côncava;

iii) e as vertentes de comprimento e largura curvas que se caracterizam pela ocorrência de fluxos concentrados em linhas de drenagem de primeira ordem.

c) Cobertura vegetal

A cobertura vegetal exerce importante papel no controle e prevenção dos processos erosivos. Consoante aos apontamentos efetuados por Schultz (1983), destacam-se como principais efeitos da vegetação em relação à erosão:

- * a proteção contra o impacto direto das gotas de chuva na superfície do solo;
- * a dispersão da água, interceptando-a e facilitando a evaporação de parte dela antes que atinja o solo;
- * a decomposição das raízes das plantas formando poros no solo e aumentando a infiltração da água;
- * a melhora a estruturação do solo pela adição de matéria orgânica, aumentando assim sua capacidade de retenção de água;
- * a diminuição da velocidade de escoamento da enxurrada pelo aumento do atrito na superfície.

d) Natureza do solo

As características morfológicas, físicas e químicas de um solo são de extrema importância na definição da suscetibilidade erosiva. Textura, estrutura, permeabilidade, características químicas e biológicas exercem diferentes influências na erodibilidade do solo.

A textura refere-se à proporção relativa das frações granulométricas (areia, silte e argila) que compõem a massa do solo. As principais classes texturais dos solos subdividem-se em: areia grossa (2 a 0,2 mm); areia fina (0,2 a 0,05 mm); silte (0,05 a 0,002 mm) e argila (< 0,002 mm) (Lemos & Santos, 1996). O tamanho das partículas influi na capacidade de infiltração e absorção da água da chuva no solo.

De acordo como Mafra (1999), solos de textura arenosa são normalmente mais porosos, permitindo rápida infiltração da água e, com isso, retardando o escoamento superficial. Em contrapartida, costumam apresentar baixa proporção de argila, que exerce o papel de ligação entre as partículas maiores estruturando-as em agregados mais resistentes à erosão. Destaca ainda a autora que o predomínio das frações areia fina e silte em uma determinada classe ou horizonte de solo pode ser considerado um forte indicativo de suscetibilidade erosiva.

A TAB. 2 extraída de Bertoni *et al.* (1972)⁶ *apud* Casseti (1991) demonstra a relação de perdas de terra e água em solo argiloso e arenoso. Os resultados foram obtidos considerando-se uma precipitação média de 1.300 mm de chuvas anuais e declives entre 9,5% e 12,8%.

TABELA 2
Perdas de terra e água em dois tipos de solo conforme a classe de textura predominante

Tipo de solo	Perdas	
	Terra (t/ha/a)	Água (% da chuva)
Arenoso	21,1	5,7
Argiloso	16,6	9,6

Extraída e adaptada de Bertoni *et al.* (1972) *apud* Casseti (1991).

De acordo com os resultados, o tipo de solo que registrou maior perda de terra foi o arenoso, o que pode ser creditado à menor agregação das partículas do solo. Contudo, obteve menor perda de água devido à maior permeabilidade induzida pela fração areia predominante na sua composição. O solo argiloso, inversamente, registrou menor perda de terra e maior escoamento, justificado pelo maior agregação ou coesão das frações granulométricas constituintes, aumentando a resistência aos processos erosivos e dificultando a infiltração da água.

Pode-se, também, depreender de tal análise o conceito de permeabilidade, que determina a maior ou menor capacidade de infiltração das águas de chuva. Segundo Salomão (1999), solos arenosos são mais permeáveis que solos argilosos, por serem mais porosos. Ressalta ainda o autor que, ocasionalmente, alguns solos argilosos podem apresentar porosidade significativa, dependendo de sua estrutura.

A permeabilidade e estruturação dos solos também são influenciadas pelas características químicas, biológicas e mineralógicas. Os *pedons* latossólicos são, via de regra, bastante lixiviados, apresentando como mineralogia residual os óxidos de ferro e

⁶ BERTONI, J.; PASTANA, F. I.; LOMBARDI NETO, F.; BENATTI, J. R. **Conclusões gerais das pesquisas sobre conservação do solo no Instituto Agronômico**. Campinas, Instituto Agronômico, 1972. 56 p. (Circular, 20).

alumínio. Estes óxidos auxiliam, sobremaneira, na microagregação das partículas do solo, originando uma organização estrutural de alta porosidade (Ker, 1997). Já a presença de alto conteúdo de cátions (Ca^{2+} , Na^+ , Mg^{2+} , K^+) em algumas classes de solo tende a originar estruturas poliédricas (prismáticas ou em blocos) com reduzida porosidade e permeabilidade (Salomão, 1999).

A matéria orgânica e os microorganismos presentes no solo também auxiliam na agregação e coesão entre as partículas do solo, tornando-o mais estável, mais poroso e melhorando sua capacidade de retenção de umidade (Oliveira, 1972a,b; Jahren, 2005).

Por fim a que se destacar a espessura do *pedon*. Esta é, também, uma característica morfológica que possui substancial importância no comportamento erosivo de uma classe de solo. Solos rasos estão sujeitos a rápida saturação dos horizontes superficiais, favorecendo o escoamento superficial e a remoção de tais horizontes. Solos mais profundos e desenvolvidos tendem a favorecer a infiltração retardando a ocorrência do mencionado processo (Salomão, 1999).

3 - CLASSES DE SOLO NOS ARREDORES DAS SERRAS “TRÊS IRMÃOS” E “DA MOEDA”: CARACTERIZAÇÃO E ASPECTOS ASSOCIADOS AO USO

3.1- As seqüências pedológicas: localização e contexto regional

As seqüências de perfis de solo selecionadas para este estudo estão localizadas na borda oeste do Quadrilátero Ferrífero, iniciando-se, uma delas na face norte da Serra Três Irmãos no município de Sarzedo e tendo por fim as imediações do distrito de Córrego do Feijão em Brumadinho (Transecto - 1). Esta seqüência é composta por oito perfis de solo distribuídos ao longo das vertentes. A segunda consta de um único perfil localizado nas proximidades do distrito de Piedade do Paraopeba em Brumadinho, em área correspondente ao conjunto topográfico da Serra da Moeda (Transecto - 2) (FIG. 2).

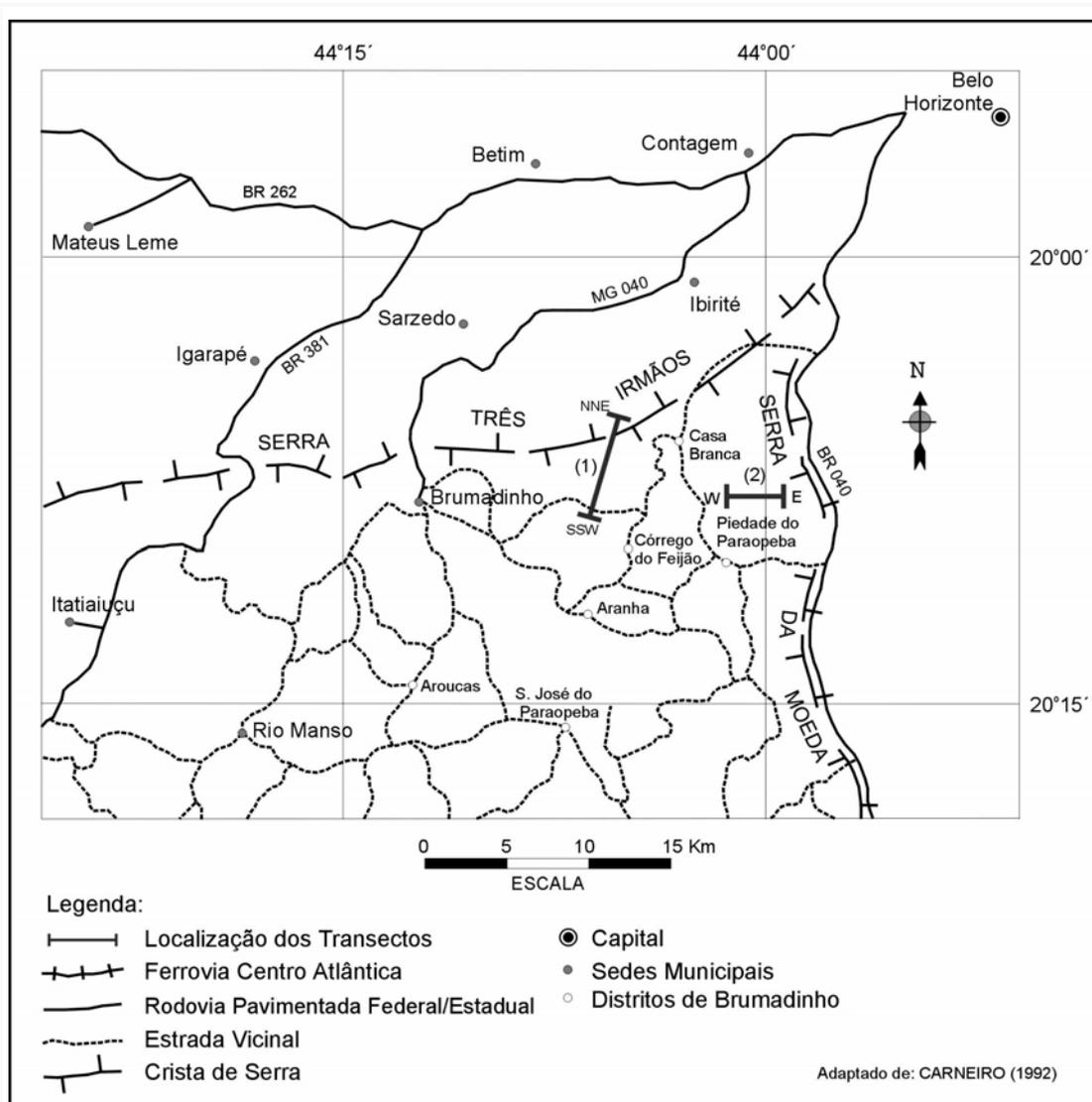


FIGURA 2:
Mapa de localização das seqüências de solos coletados e as principais vias de acesso

O acesso à região, a partir de Belo Horizonte, pode ser efetuado por duas vias principais. A primeira delas pela BR – 040 com destino ao distrito de Casa Branca em Brumadinho e daí pelas estradas vicinais. A segunda via segue pelas BR – 381 e MG – 040 em direção à sede do município de Brumadinho e daí, segue-se para as proximidades do distrito de Córrego do Feijão (FIG. 2).

As seqüências pedológicas mencionadas estão inseridas no contexto geológico-geomorfológico do Quadrilátero Ferrífero apresentando grande diversidade litoestratigráfica de fácies metassedimentares gradando, a sul, para o compartimento do Complexo Metamórfico Bonfim. Constitui-se, assim, em local exemplar para a finalidade desta pesquisa, pois, expressa de modo singular o conjunto das variações fisiográficas e litológicas regionais.

3.2- Principais características do meio natural

3.2.1- Sinopse do arcabouço geológico

Em relação aos grandes compartimentos geotectônicos do país, a região em que ora se desenvolve este estudo está inserida na porção meridional do Cráton São Francisco (Almeida, 1977; Carneiro, 1992). O contexto geológico é dominado amplamente pela litoestratigrafia presente no Quadrilátero Ferrífero (FIG. 3). Expressiva extensão territorial desta área é composta por rochas Arqueanas do Complexo Metamórfico Bonfim, fazendo-se presente, também, as seqüências supracrustais do Supergrupo Rio das Velhas (Arqueano) e do Supergrupo Minas (Proterozóico Inferior).

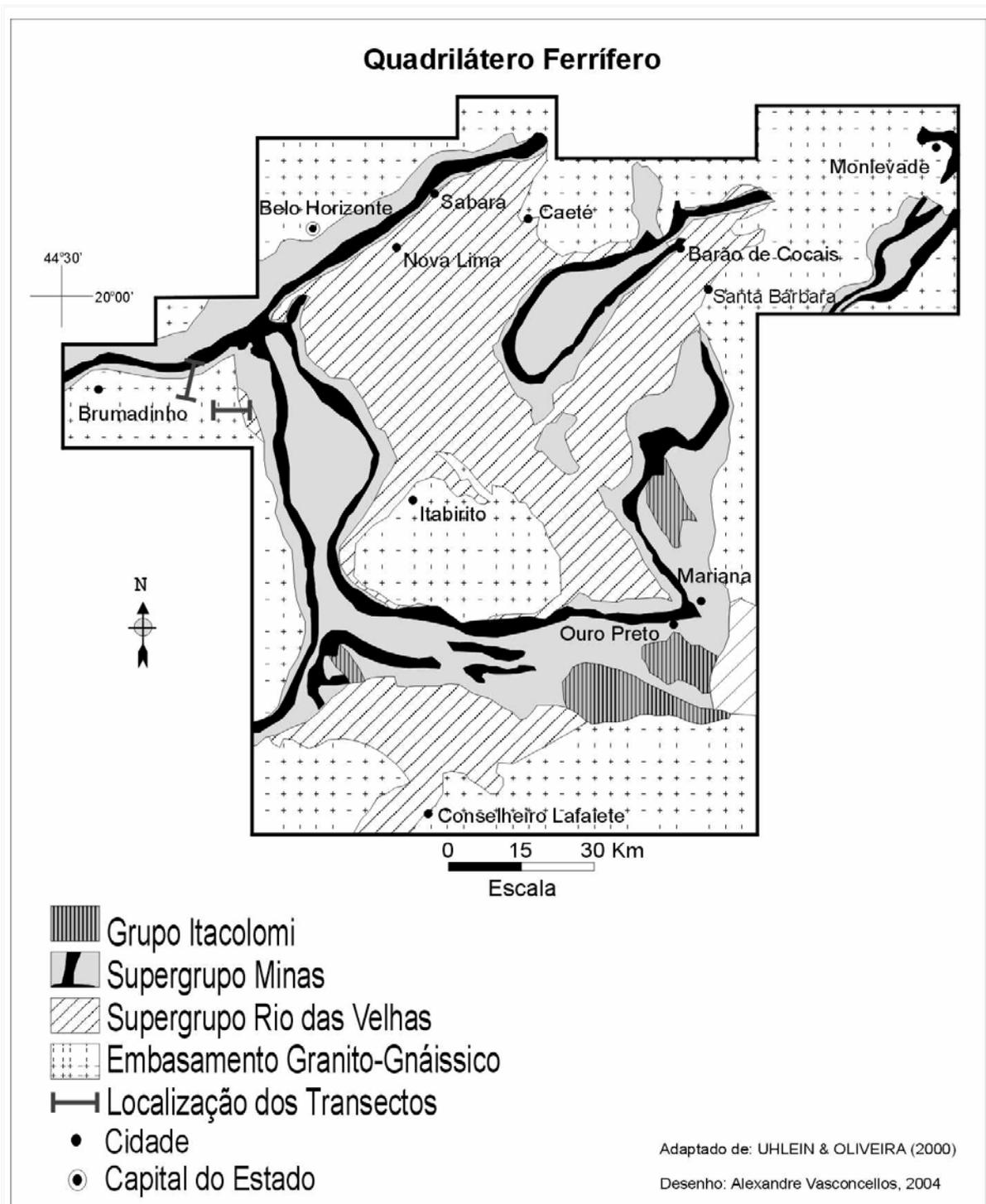


FIGURA 3:
Contexto geológico da região em que está inserido o estudo em relação ao Quadrilátero Ferrífero /MG.

Na FIG. 4, apresenta-se a conformação dos principais grupos geológicos que ocorrem na região e, em destaque, as seqüências pedológicas estudadas. Dado que ao longo dos transectos investigados não ocorrem todas as unidades litológicas citadas

anteriormente, mencionar-se-á apenas aquelas pertinentes ao escopo deste estudo, em específico, o Grupo Nova Lima pertencente ao Supergrupo Rio das Velhas; os Grupos Sabará, Piracicaba, Itabira e Caraça do Supergrupo Minas, o Complexo Metamórfico Bonfim e as Coberturas Cenozóicas. Importante se faz ressaltar que, a descrição pormenorizada da litologia será baseada não somente nos mapas regionais aqui apresentados, mas, também, em conformidade com outros estudos geológicos de maior detalhe os quais serão devidamente referenciados ao longo do texto.

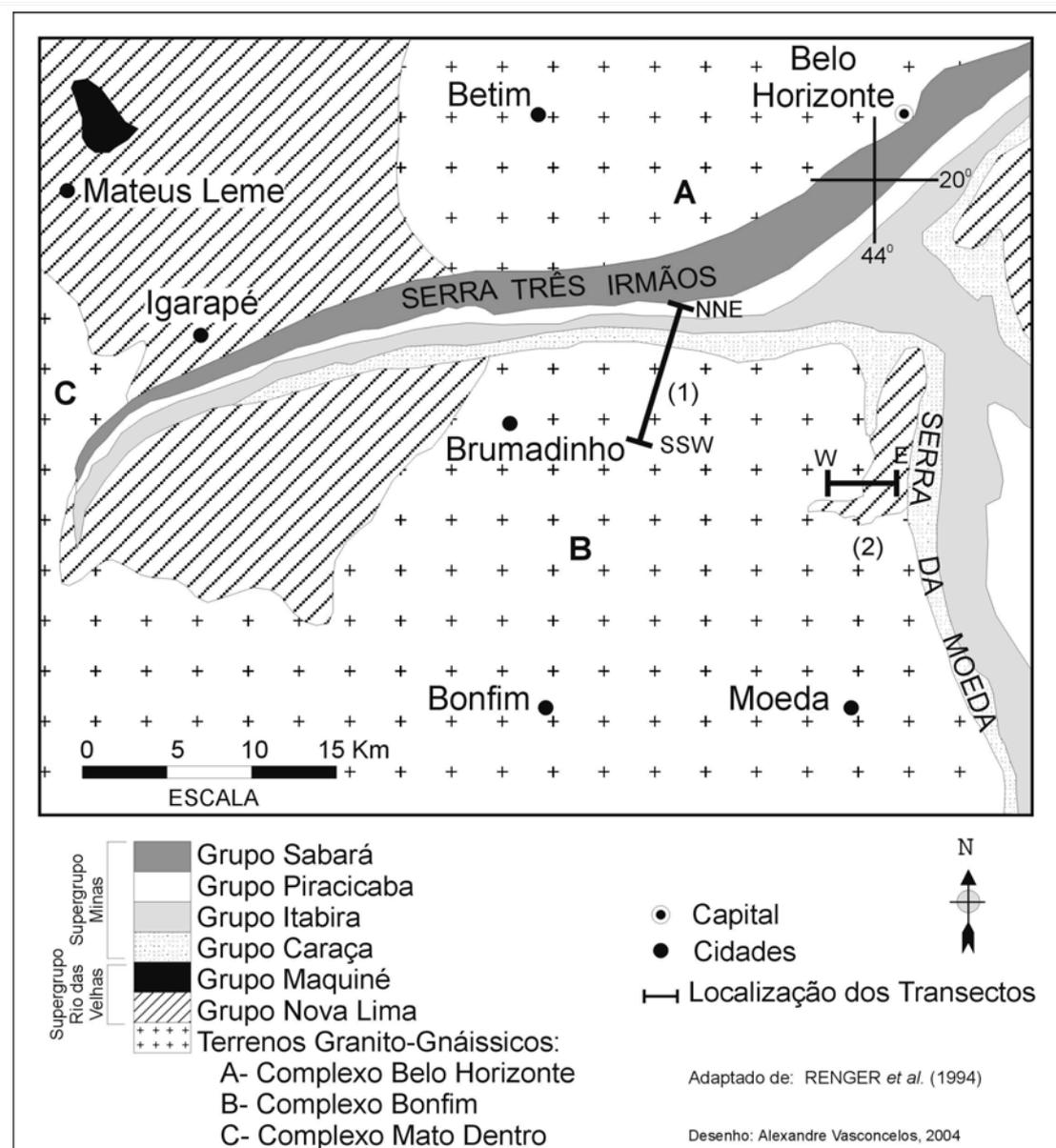


FIGURA 4: Esboço geológico regional simplificado dos arredores das Serras “Três Irmãos” e “da Moeda” com indicação dos transectos.

O Supergrupo Rio das Velhas

A litoestratigrafia do Supergrupo Rio das Velhas compõem-se de uma associação de rochas metavulcânicas e metassedimentares sobrepostas discordantemente ao embasamento cristalino (IBRAM, 2003). De acordo com o mapeamento do IGA (1982) o Supergrupo Rio das Velhas está representado na região próxima à Serra Três Irmãos e Serra da Moeda pelo Grupo Nova Lima. A litologia dessa unidade geológica é composta, principalmente, por xistos grafitosos, filitos, metassiltitos, metagrauvas e quartzitos sericíticos, de idade Pré-Cambriana.

O Supergrupo Minas

Segundo Alkmim & Marshak (1998), o Supergrupo Minas é constituído por metassedimentos de cobertura plataformar datados do Proterozóico Inferior e assentados discordantemente sobre as rochas do Supergrupo Rio das Velhas.

O Supergrupo Minas está atualmente subdividido, do topo para a base, em quatro grupos: Sabará, Piracicaba, Itabira, e Caraça.

Grupo Sabará:

O desmembramento da Formação Sabará do Grupo Piracicaba foi proposto por Barbosa (1968) e Ladeira (1980), sendo por esses pesquisadores alçada à categoria de Grupo. O Grupo Sabará recobre as rochas do Grupo Piracicaba em clara discordância erosiva. Segundo os autores citados, trata-se da unidade de maior espessura do Supergrupo Minas, podendo ocorrer pacotes litoestratigráficos de até 3.500 metros de espessura.

De acordo com Noce (1995), a litologia do Grupo Sabará constitui-se de xistos cloríticos, com intercalações de metaconglomerados, metagrauvas, quartzitos, metachert, metatufos e formação ferrífera.

Grupo Piracicaba:

O Grupo Piracicaba foi inicialmente subdividido por Dorr II *et al.* (1957) em cinco formações, sendo elas, do topo para a base, as seguintes: Fm. Sabará, Fm. Barreiro, Fm. Taboões, Fm. Fêcho do Funil e Fm. Cercadinho. Posteriormente, estudos de Barbosa (1968) e Ladeira (1980) consubstanciaram a proposta de elevação da Formação Sabará à

categoria de Grupo. A partir de então, o Grupo Piracicaba passou a ser descrito com a seguinte litoestratigrafia:

- Formação Barreiro: filitos e filitos grafitosos depositados concordantemente à Fm. Taboões.
- Formação Taboões: quartzitos finos e maciços, e ortoquartzitos, em contato gradacional com a Fm. Fecho do Funil.
- Formação Fecho do Funil: filitos e filitos dolomíticos assentados sobre a Fm. Cercadinho em contato transicional.
- Formação Cercadinho: quartzitos ferruginosos, filitos ferruginosos e quartzitos cataclásticos.

Grupo Itabira:

Segundo Barbosa (1968) e Dorr II *et al.* (1957), o Grupo Itabira ocorre em contato abrupto com o Grupo Caraça, podendo ser, em alguns locais, gradacional. Compõe-se de metassedimentos químicos divididos entre duas formações principais:

- Formação Gandarela (topo): dolomito cinza e pardo, dolomito itabirítico laminado e filito dolomítico.
- Formação Cauê (base): itabiritos, itabiritos anfíbolíticos, itabiritos dolomíticos.

Grupo Caraça:

De acordo com Dorr II *et al.* (1957), esta unidade situa-se na porção inferior da coluna litoestratigráfica do Supergrupo Minas sendo composta por sedimentos clásticos. As duas formações características do Grupo Caraça são:

- Formação Batatal (topo): constituída por filitos sericíticos e filitos grafitosos, itabiritos e dolomitos.
- Formação Moeda (base): predominam quartzitos sericíticos finos a grossos, com presença de lentes de metaconglomerados e intercalações de filitos.

Complexo Metamórfico Bonfim

Segundo Carneiro (1992:199), “o Complexo Metamórfico Bonfim é um segmento de crosta continental arqueana que aflora na região oeste da Serra da Moeda e a sul da Serra Três Irmãos no Quadrilátero Ferrífero”. Compõe-se, de forma geral, de gnaisses, gnaisses granodioríticos e tonalíticos e paragnaisses mesocráticos (IGA, 1982). Este complexo, entretanto, foi subdividido por Carneiro (*op. cit.*) em oito unidades litoestratigráficas, a saber: Gnaiss Alberto Flores, Anfibolitos Paraopeba, Gnaisses Souza Noschese, Tonalitos Samambaia, Anfibolitos Candeias, Metadiabásios Conceição de Itaguá, Granitos Brumadinho e Diabásios Santa Cruz.

Ressaltar-se-á as características principais dos Gnaisses Souza Noschese por se tratar da unidade litoestratigráfica que ocorre na área objetivo deste estudo. De acordo com as investigações procedidas por Carneiro (1992), os gnaisses Souza Noschese são rochas leucocráticas de granulação média, textura granoblástica pouco recristalizada e constituídas, predominantemente, por microclínio com plagioclásio subordinado e quartzo anédrico intersticial. Os principais minerais presentes são a biotita cloritizada, muscovita e minerais quartzofeldspáticos. Essa unidade apresenta ainda, composição química essencialmente granítica, filiação cálcio alcalina, natureza peralcalina a peraluminosa e teores de SiO₂ em torno de 73,55%. Estimativas do autor situam a idade radiométrica dos Gnaisses Souza Noschese em torno de 2,78 Ga.

Coberturas Cenozóicas

Encontram-se disseminadas por toda região próxima às seqüências de solos estudadas deposições cenozóicas de natureza coluvial, aluvial e cangas. Os depósitos coluviais, de origem Terciária/Quaternária, acumulam-se no sopé das serras. As cangas têm expressão localizada recobrendo camadas metassedimentares. Já as deposições Quaternárias de areia, cascalhos e argilas, ocorrem esparsamente ao longo dos principais canais fluviais da planície do rio Paraopeba e preenchendo os vales fluviais dos tributários do referido rio (IGA, 1982).

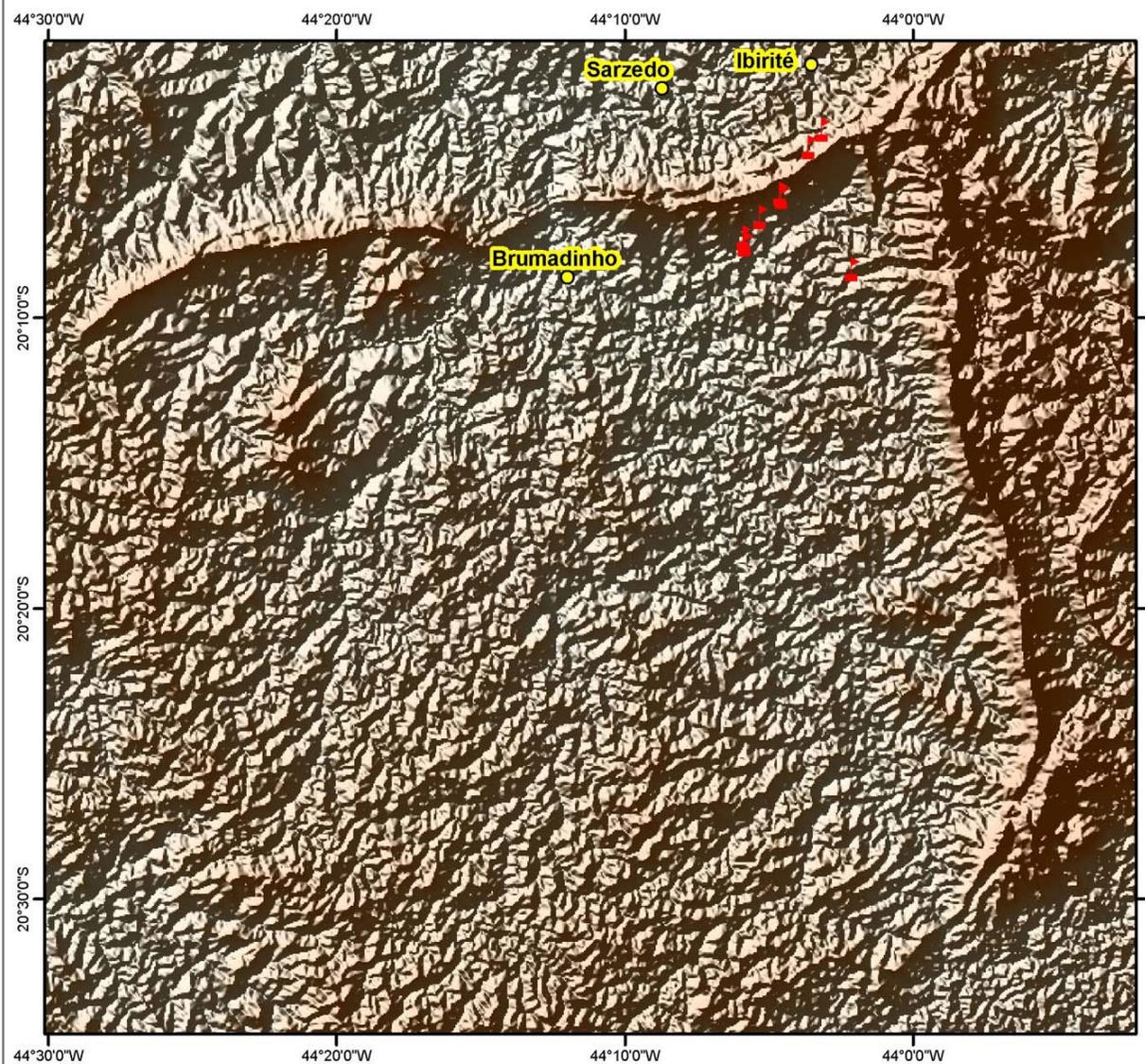
3.2.2- Geomorfologia e solos

De acordo com os estudos efetuados pelo IBRAM (2003), a conformação do relevo regional expressa forte condicionamento geológico — tanto litológico quanto estrutural. O controle litoestrutural propicia a ocorrência de dois domínios geomorfológicos bem distintos na região: o domínio dos relevos serranos ou linhas de cristas e cumeadas e o domínio dos relevos dissecados. A observação da FIG. 5, elaborada a partir de imagens geradas pelo projeto SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*) (Miranda, 2005), permite identificar com clareza estes dois domínios geomorfológicos regionais.

O domínio dos relevos serranos é sustentado pelas estruturas do Sinclinal Moeda e Serra Três Irmãos, onde afloram, principalmente, as rochas dos Grupos Itabira e Caraça. As altitudes situam-se, em geral, acima dos 1.000 metros, compondo uma morfologia de vertentes íngremes e declividades acentuadas. Neste domínio há o predomínio de classes de solos pouco evoluídos, tais como, os Neossolos Litólicos, Cambissolos e a constante presença de afloramentos rochosos (CETEC, 1983; IBRAM, 2003).

O domínio dos relevos dissecados é sustentado por rochas granito-gnáissicas do Complexo Bonfim. Trata-se, neste domínio, das porções mais rebaixadas do relevo com predomínio de colinas no padrão côncavo-convexo, vertentes ravinadas, vales encaixados e altitudes variando entre 620 a 900 metros. As classes de solos mais comuns são os Latossolos (topo) e os Argissolos (vertentes). Próximo aos cursos d'água, nos depósitos aluviais, ocorrem os Neossolos Flúvicos (IBRAM, 2003).

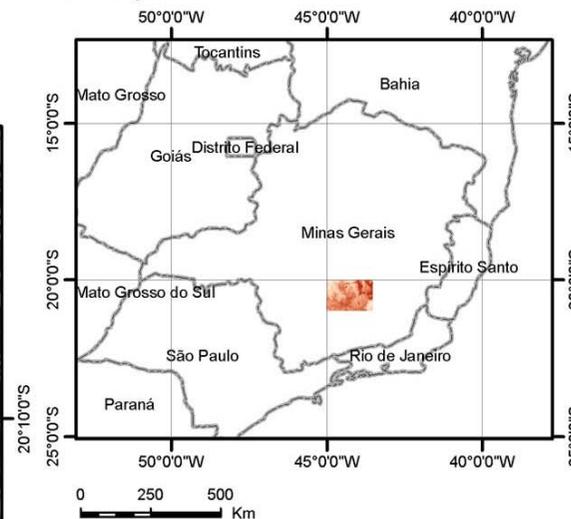
FIGURA 5: Relevo realçado das circunvizinhanças da Serras Três Irmãos e da Serra da Moeda - Quadrilátero Ferrífero/MG



Escala: 1:390.000

Elaboração:
Geóg. Cláudio Gregório de Souza

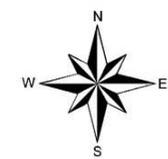
Localização



Legenda:

Gradiente de Elevação Topográfica

-  Alto : 1900
-  Baixo : 660
-  Localização dos Perfis de Solo no Relevo
-  Limites Estaduais
-  Sedes Municipais



Sistema de Coordenadas Geográficas
Datum Horizontal: WGS-84
Elevações Referenciadas no Geóide
WGS-84 EGM96
Fuso 23 S
MC = 45° W

Fonte dos Dados:

MIRANDA, E. E. de; (Coord.). Brasil em Relevo. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2005. Disponível em: <<http://www.relevobr.cnpm.embrapa.br>>.

GeoMINAS - Base Cartográfica Digital:
Disponível em: <www.geominas.mg.gov.br>

3.2.3- Aspectos Climáticos

Como forma de caracterizar melhor a dinâmica climática associada ao local de desenvolvimento desta pesquisa optou-se por seguir as indicações de Almeida (1999). O trabalho da referida autora baseou-se na compartimentação geomorfológica da Bacia do Rio Paraopeba, na coleta de dados meteorológicos e na apuração do balanço hídrico de cada compartimento. Os dados apurados por Almeida para a região configuram um clima de características tropicais, com alternância de estações secas e chuvosas bem demarcadas ao longo do ano (TAB. 3). As chuvas ocorrem no período de outubro a março, havendo maior concentração no trimestre novembro, dezembro e janeiro. O período seco inicia-se em abril e segue até setembro, sendo junho, julho e agosto os meses que apresentam maior déficit hídrico ao longo do ano.

A temperatura média anual fica em torno de 21,1° C, sendo as mínimas registradas no período seco, com médias mensais de 16,7°C, e as máximas registradas no período chuvoso, com médias de 27,1°C (MBR, s.d.).

TABELA 3

Principais dados de balanço hídrico – Bacia do Rio Paraopeba/Brumadinho-MG

Total anual de precipitação	1.445,1 mm
Total anual de evapotranspiração real	865,4 mm
Deficiência hídrica	67,1 mm
Excesso hídrico	533,3 mm
Valor de escoamento máximo anual	143,5 mm
Meses mais chuvosos	Outubro a Março
Meses mais secos	Abril a Setembro

Adaptado de: Almeida, 1999:52

3.2.4- Vegetação

As conjunções entre os fatores climáticos e geológico-geomorfológicos propiciaram o desenvolvimento na região de um tipo vegetacional bastante peculiar, levando Veloso *et al.* (1991) a denominá-la de “Área de Tensão Ecológica”. Trata-se de uma faixa de transição e contato entre dois grandes domínios vegetacionais brasileiros — a Mata Atlântica e o Cerrado.

As formações florestais de caráter semidecidual que ocorrem na região estão, em geral, associadas a cursos d’água e apresentam-se secundarizadas devido à degradação antrópica. Essas fácies florestais são caracterizadas na região pela mata secundária e pelas formações ribeirinhas. As matas secundárias ocorrem sob forma de manchas remanescentes ao longo de vertentes íngremes e nos fundos dos vales (Brandão *et al.*, 1997). Estudos conduzidos por Souza & Maillard (2003) atestam fato semelhante para as formações ribeirinhas que, segundo os autores, encontram-se bastante degradadas pelo desmatamento e conseqüente uso agropecuário desse ambiente.

As variações fitofisionômicas do cerrado — campo, capoeira e campo cerrado — ocorrem disseminadas pela região tanto nas áreas mais planas quanto nas encostas das Serras Três Irmãos e da Moeda. Campos rupestres ocupam os trechos em que predominam os afloramentos rochosos nas vertentes da Serra da Moeda, normalmente em altitudes superiores a 900 metros (CETEC, 1983; IBRAM, 2003).

4- METODOLOGIA

A técnica que norteou esta pesquisa teve como referencial o estudo das relações entre material de origem – solo, a partir de uma seqüência de perfis distribuídos ao longo de duas vertentes, de modo que, as trincheiras se disponham em diferentes materiais de origem e em distintas condições topográficas regionais. Essa técnica está embasada, sobretudo, na idéia de se configurar uma “*litosseqüência*”, conforme proposta de Jenny⁷ *apud* Buol et al. (1989). Segundo este autor, uma “*litosseqüência*” pode ser definida como um grupo de solos com propriedades químicas e físicas distintas, permitindo-se creditar tais diferenças às variações do material originário de cada solo.

Nesta pesquisa não se pretende configurar uma “*litosseqüência – tipo*”, tal qual a proposta por Jenny, mas sim, proceder-se à caracterização das classes de solos, buscando-se estabelecer uma possível relação: *material de origem – solo*, as influências das condições topográficas neste processo, bem como avaliar as implicações das características de cada classe de solo no que tange a suscetibilidade erosiva.

Os procedimentos metodológicos iniciais tiveram como escopo a definição da área em que se efetuará os transectos geomorfológicos. Após a análise de cartas topográficas e geológicas da região, efetuou-se uma incursão de campo para seleção e reconhecimento das possíveis áreas. Os principais atributos utilizados para a seleção foram a variabilidade da composição litológica e sua associação em relação à morfologia do relevo regional.

A etapa seguinte constou da confecção de dois transectos geomorfológicos dos trechos selecionados visando o conhecimento apurado das variações litológicas e definição de áreas prioritárias para abertura das trincheiras de solo.

Os demais passos metodológicos que compõem a proposta desta dissertação seguem a ordem abaixo descrita:

- a) Descrição morfológica dos perfis de solo de acordo com a metodologia constante em Lemos & Santos (1996);
- b) Coleta de amostras para análises químicas e físicas;
- c) Interpretação e discussão das análises laboratoriais.

As análises físicas e químicas tiveram como suporte os procedimentos propostos pela EMBRAPA (1997), conforme descrição apresentada nos tópicos seguintes. As análises

⁷ JENNY, H. **Factors of soil formation**. New York: McGraw-Hill, 1941. 281 p.

físicas foram realizadas no Laboratório de Geomorfologia e Sedimentologia do IGC-UFMG e as análises químicas realizadas pelo Laboratório de Análise de Solos da Universidade Federal de Viçosa – UFV.

4.1- Análises físicas

Granulometria:

- Frações areia, silte, argila: Dispersão de 20 g de TFSA (Terra Fina Seca ao Ar) com NaOH 0,1 mol/L e agitação em alta rotação (12.000 rpm), durante 15 minutos. As frações areia grossa (diâmetro 0,2-2,0 mm) e areia fina (diâmetro 0,5-0,2 mm) foram separadas por tamização em peneiras com malhas de 0,250 e 0,053 mm de abertura, respectivamente. A fração argila (diâmetro < 0,002 mm) foi determinada pelo método da pipeta, e a fração silte (diâmetro 0,002-0,5 mm) calculada por diferença.
- Argila dispersa em água: Dispersão de 20 g de TFSA em água destilada e determinação do teor de argila pelo método da pipeta. O princípio básico desta análise reporta-se ao fato de que o material em suspensão confere determinada densidade ao líquido. Decorrido o período para a coleta do material, caso não haja partícula coloidal em suspensão, a argila estará 100% floculada.
- Grau de floculação: relação entre o conteúdo de argila naturalmente dispersa e a argila total obtida após dispersão. Indica a proporção da fração argila que se encontra floculada, informando sobre o grau de estabilidade dos agregados. O cálculo é obtido pela fórmula: Grau de floculação = $100(a - b)/a$, sendo a = argila total e b = argila dispersa em água.
- Relação Silte/Argila: obtida após determinação do conteúdo das frações areia, silte e argila no material do solo analisado (TFSA). Utilizada como indicativo do grau de intemperismo do solo e avaliação da movimentação de argila no perfil. Obtida dividindo-se o teor de silte pelo teor de argila. Relações inferiores a 0,7 para o horizonte B, nos solos de textura média ou 0,6 em solos de textura argilosa indicam avançado estágio de intemperismo.

4.2- Análises químicas

Análises de rotina:

- pH em H₂O e KCl 1mol/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 por absorção atômica;
 - Potássio e Sódio trocáveis - extraídos com HCl 0,05 mol/L, na proporção 1:10 e dosados 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⁺ + Al³⁺) - extraída com solução de acetato de cálcio a pH 7,0, na proporção 1:15 e determinada por titulação com NaOH 0,0606 mol/L;
 - Carbono orgânico: utilizou-se o método Walkley-Black. A matéria orgânica foi estimada multiplicando-se o resultado obtido pela constante 1,724.
-
- Índices utilizados nas análises químicas:

$$\text{Soma das Bases Trocáveis} \rightarrow (SB) = Ca^{+} + Mg^{+} + Na^{+} + K^{+}$$

Este atributo reflete a soma dos valores absolutos de cálcio, magnésio, potássio e sódio do complexo de troca de cátions do solo.

$$\text{Saturação por Bases} \rightarrow (V\%) = SB * 100/T$$

Este atributo refere-se à porcentagem dos pontos de troca de cátions potenciais do complexo coloidal do solo que estão ocupados pelas bases Ca, Mg, K, Na em comparação com aqueles ocupados por H e Al. É, sobretudo, um parâmetro utilizado para distinguir solos eutróficos (V% > 50%) de solos distróficos (V% < 50%).

$$\text{Saturação por Al} \rightarrow (m\%) = \text{Al} * 100 / (\text{SB} + \text{Al}^{3+})$$

Expressa a fração ou percentagem da CTC efetiva do solo ocupada pela acidez trocável ou Al trocável.

$$\text{Capacidade de Troca Catiônica a pH 7,0} \rightarrow \text{CTC (T)} = \text{SB} + \text{H} + \text{Al}$$

Capacidade de troca de cátions potencial do solo. Trata-se do nível da CTC de um solo que poderia ser atingido caso a calagem deste fosse feita para elevar o pH a 7,0.

$$\text{Capacidade de Troca Catiônica Efetiva} \rightarrow \text{CTC (t)} = \text{SB} + \text{Al}^{3+}$$

Reflete a capacidade efetiva de troca de cátions do solo próximo ao valor de seu pH natural.

$$\text{Matéria Orgânica} \rightarrow (\text{MO}) = \text{C. Org.} * 1,724 \text{ (Walkley-Black)}$$

A matéria orgânica é estimada multiplicando-se o resultado de carbono orgânico obtido nas análises pela constante 1,724.

5- RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1- Transectos geomorfológicos e perfis de solo selecionados

Com base nas premissas metodológicas citadas anteriormente, foram traçados dois transectos geomorfológicos para definição dos perfis de solo a serem estudados. O primeiro deles inicia-se na face norte da Serra Três Irmãos, em área limítrofe entre os municípios de Brumadinho e Sarzedo, seguindo no sentido NNE–SSW, por aproximadamente 6,25 km, até as imediações do distrito de Córrego do Feijão (FIG. 6). O segundo localiza-se nas vertentes próximas à Serra da Moeda, em área circunvizinha ao distrito de Piedade do Paraopeba em Brumadinho, tendo sentido W – E (FIG. 7).

Os trechos selecionados são ilustrativos do que ocorre regionalmente apresentando rochas pertencentes ao Supergrupo Rio das Velhas - Grupo Nova Lima (xistos e filitos), o Supergrupo Minas (filitos, itabiritos, dolomitos e quartzitos), Complexo Metamórfico Bonfim (gnaisses graníticos) e áreas recobertas por materiais Cenozóicos do Terciário/Quaternário (canga, tálus de hematita e depósitos aluvionares). Além disso, os transectos abrangem diferentes formas de relevo, desde áreas escarpadas, vales fluviais e áreas dissecadas com relevo ondulado no domínio dos terrenos granito-gnáissicos.

Após trabalhos de campo iniciais, selecionou-se nove perfis de solo em diferentes unidades litológicas. A localização estimada e a litologia dos perfis está referenciada nas FIG. 6 e 7, conforme descrição abaixo:

Perfil 1: Quartzitos e filitos da Formação Cercadinho;

Perfil 2: Dolomitos itabiríticos e filitos dolomíticos da Formação Gandarela;

Perfil 3: Itabiritos da Formação Cauê;

Perfil 4: Filitos, itabiritos, dolomitos, quartzitos do Grupo Caraça;

Perfil 5: Gnaisses Graníticos do Complexo Bonfim;

Perfil 6: Gnaisses Graníticos do Complexo Bonfim;

Perfil 7: Gnaisses Graníticos do Complexo Bonfim;

Perfil 8: Gnaisses Graníticos do Complexo Bonfim – Influência de hidromorfismo – várzeas do córrego do Feijão;

Perfil 9: Xistos e filitos do Grupo Nova Lima.

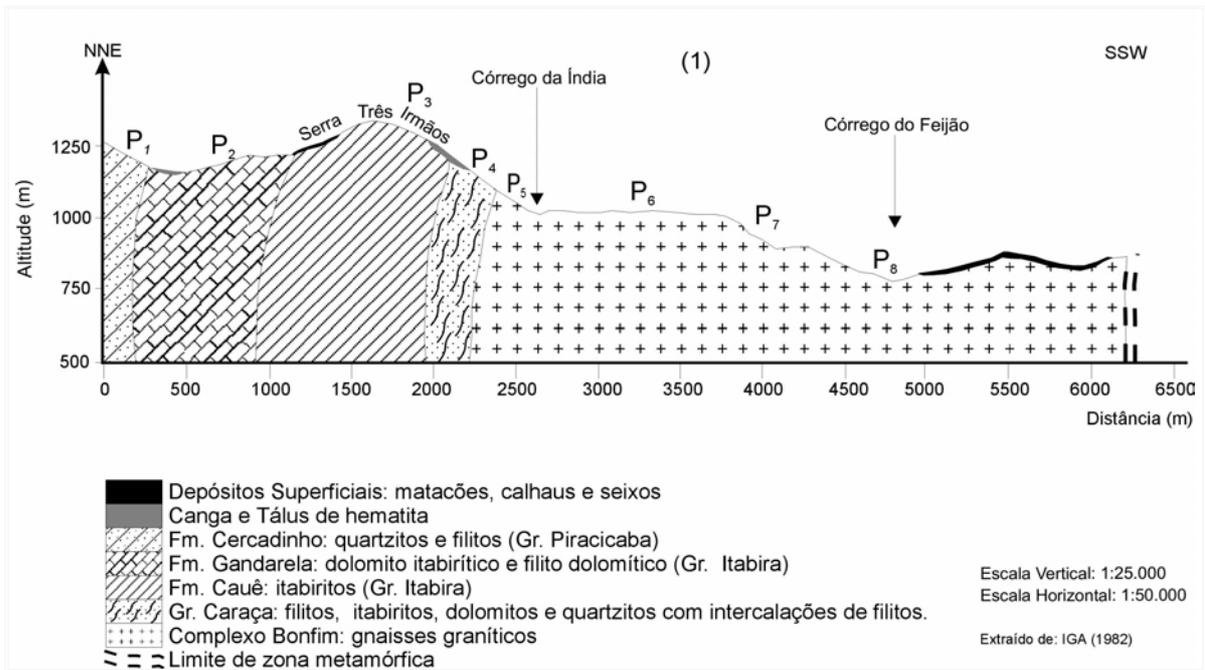


FIGURA 6: Transecto geomorfológico da Serra Três Irmãos com indicação da seqüência e dos perfis de solo estudados

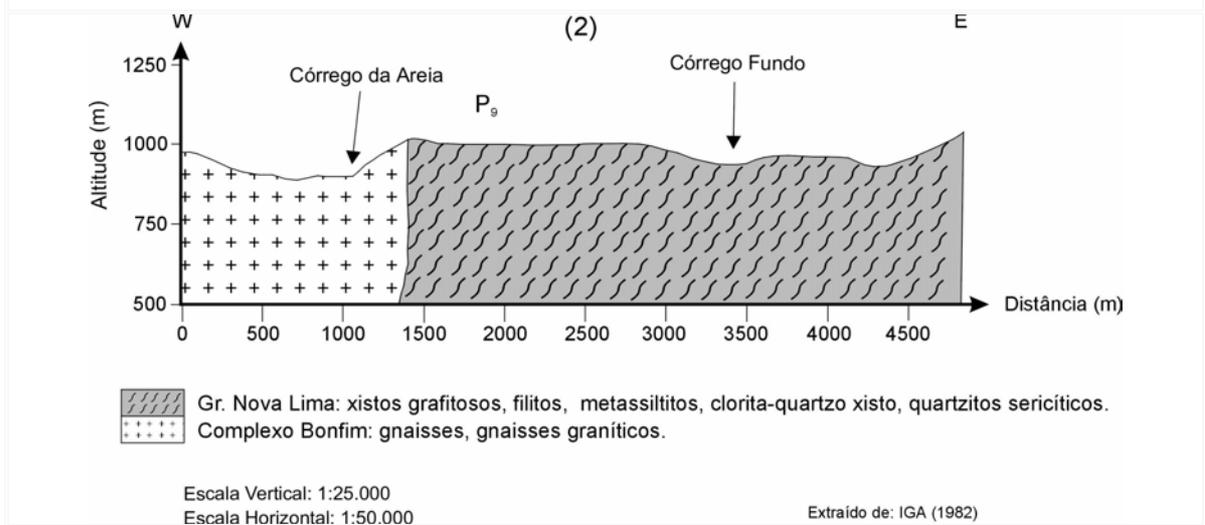


FIGURA 7: Transecto geomorfológico dos arredores da Serra da Moeda com indicação do perfil de solo analisado

As TAB. 4 e 5, a seguir, referem-se aos resultados analíticos das características físicas e químicas dos solos estudados neste trabalho.

TABELA 4
Resultados das análises físicas dos solos

Horizonte	Profundidade (cm)	Análise Granulométrica (g/kg)						ADA	GF (%)	Silte/ Argila
		Areia Total	Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila				
PERFIL 1 — NEOSSOLO LITÓLICO Distrófico típico										
A	0 – 8	248,6	24,9	223,8	663,7	87,7	42,5	51,5	7,57	
Cr	8 – 45	597,3	89,8	507,5	332,9	69,8	27,7	60,3	4,77	
PERFIL 2 — LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Ácrico câmbico										
A	0 – 41	107,3	60,1	47,2	261,8	630,9	277,2	56,1	0,41	
Bw	41 – 101	101,3	55,8	45,5	238,3	660,4	352,8	46,6	0,36	
C	101 – 178	353,4	263,9	89,6	253,2	393,4	266,9	32,2	0,64	
PERFIL 3 — NEOSSOLO REGOLÍTICO distrófico típico										
A	0 – 32	590,4	148,2	442,2	367,7	41,9	20,8	50,4	8,78	
Cr	32 – 110+	668,5	315,5	353,0	237,6	93,9	51,9	44,7	2,53	
PERFIL 4 — CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico típico										
A	0 - 21	561,2	109,0	452,2	258,4	180,4	73,4	59,3	1,43	
BA	21 – 63	521,7	96,6	425,1	262,3	216,0	93,4	56,8	1,21	
Bi	63 – 125	557,1	87,0	470,1	256,7	186,2	110,7	40,5	1,38	
C	125+	501,7	80,0	421,8	257,1	241,2	165,1	31,6	1,07	
PERFIL 5 – LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO distrófico típico										
A	0 – 22	519,0	88,7	430,3	262,8	218,2	95,0	56,5	1,20	
BA	22 – 38	546,5	82,0	464,5	179,1	274,4	129,0	53,0	0,65	
Bw1	38 - 65	494,5	68,8	425,7	153,5	352,0	161,8	54,0	0,44	
Bw2	65 – 107	477,5	57,6	419,8	137,2	385,3	182,3	52,7	0,36	
Bw3	107 – 152	473,6	62,5	411,1	137,0	389,4	1,0	99,7	0,35	
Bw4	152 – 187	472,2	73,2	399,0	133,6	394,2	0,9	99,8	0,34	
Bw5	187 – 212+	463,9	68,2	395,7	124,6	411,5	0,5	99,9	0,30	

ADA= Argila Dispersa em Água; GF= Grau de Flocculação

Continua...

TABELA 4
Resultados das análises físicas dos solos
Continuação...

Horizonte	Profundidade (cm)	Análise Granulométrica (g/kg)							Silte/ Argila
		Areia Total	Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila	ADA	GF (%)	
PERFIL 6 – CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico típico									
Ap	0 – 17	526,1	58,7	467,4	293,1	180,8	76,8	57,5	1,62
Bi	17 – 60	539,5	53,7	485,8	344,7	115,8	72,0	37,8	2,98
C	60 – 89	559,5	56,0	503,5	376,8	63,7	45,5	28,6	5,92
Cr	89 – 173+	639,6	65,6	574,0	321,4	39,0	21,9	43,8	8,24
PERFIL 7 – CAMBISSOLO HÁPLICO Distrófico típico									
Ap	0 – 27	517,8	151,8	366,0	248,1	234,1	89,9	61,6	1,06
Bi	27 – 51	524,0	126,2	397,7	239,3	236,7	122,0	48,5	1,01
BC	51 – 83	538,5	120,8	417,8	222,7	238,8	144,6	39,4	0,93
C	83 – 112	379,9	99,2	280,8	236,6	383,5	159,6	58,4	0,62
Cr	112 – 180+	438,4	131,2	307,2	337,9	223,7	11,1	95,0	1,51
PERFIL 8 – GLEISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico flúvico									
Ap	0 – 11	541,6	101,8	439,8	227,7	230,7	100,1	56,6	0,99
Cg	11 – 22	627,8	129,2	498,5	144,9	227,3	117,9	48,1	0,64
2Ab	22 – 54	669,0	161,7	507,4	155,7	175,3	80,1	54,3	0,89
2Cgb	54+	666,4	162,7	503,7	156,9	176,7	116,0	34,4	0,89
PERFIL 9 – LATOSSOLO VERMELHO Ácrico típico									
Ap	0 – 35	238,5	41,8	196,7	252,1	509,4	191,5	62,4	0,49
Bw1	35 – 107	246,9	40,6	206,3	236,1	517,0	105,4	79,6	0,46
Bw2	107 – 175	230,7	34,2	196,5	245,0	524,3	28,6	94,5	0,47
Bw3	175 – 225	224,1	32,7	191,4	235,9	540,0	10,0	98,1	0,44

ADA= Argila Dispersa em Água; GF= Grau de Flocação

Fim

TABELA 5
Resultados das análises químicas dos solos

Horizonte	pH (H ₂ O)	Complexo Sortivo										V	m	MO
		K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H+Al	SB	(t)	(T)				
		--mg/dm ³ --	----- cmol _c /dm ³ -----							---- % ----		dag/kg		
PERFIL 1 — NEOSSOLO LITÓLICO Distrófico típico														
A	5,53	57	-	1,76	0,32	0,10	4,0	2,23	2,33	6,23	35,8	4,3	3,45	
Cr	5,06	14	-	0,08	0,03	0,19	1,6	0,15	0,34	1,75	8,6	55,9	0,90	
PERFIL 2 — LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Ácrico câmbico														
A	4,96	13	-	0,14	0,04	0,10	4,9	0,21	0,31	5,11	4,1	32,3	3,97	
Bw	4,93	3	-	0,07	0,02	0,00	1,7	0,10	0,10	1,80	5,6	0,0	2,18	
C	5,39	1	-	0,11	0,00	0,00	0,3	0,11	0,11	0,41	26,8	0,0	0,77	
PERFIL 3 — NEOSSOLO REGOLÍTICO Distrófico típico														
A	5,17	17	-	1,48	0,11	0,10	5,7	1,63	1,73	7,33	22,2	5,8	2,05	
Cr	5,37	4	-	1,04	0,04	0,00	3,8	1,09	1,09	4,89	22,3	0,0	0,64	
PERFIL 4 — CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico típico														
A	4,92	26	-	0,21	0,14	1,45	6,8	0,42	1,87	7,22	5,8	77,5	3,33	
BA	4,96	12	-	0,11	0,06	1,06	6,4	0,20	1,26	6,60	3,0	84,1	2,43	
Bi	5,21	6	-	0,09	0,05	0,96	3,3	0,16	1,12	3,46	4,6	85,7	1,02	
C	5,14	9	-	0,16	0,06	0,77	2,5	0,24	1,01	2,74	8,8	76,2	0,51	
PERFIL 5 – LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico típico														
A	4,81	26	-	0,14	0,11	1,35	6,8	0,32	1,67	7,12	4,5	80,8	2,94	
BA	4,91	15	-	0,07	0,08	1,45	5,7	0,19	1,64	5,89	3,2	88,4	1,79	
Bw1	4,94	16	-	0,21	0,16	1,25	5,2	0,41	1,66	5,61	7,3	75,3	1,79	
Bw2	4,95	17	-	0,15	0,17	1,16	3,7	0,36	1,52	4,06	8,9	76,3	1,28	
Bw3	4,90	10	-	0,05	0,17	0,57	2,5	0,25	0,82	2,75	9,1	69,5	ND	
Bw4	5,00	10	-	0,06	0,08	0,19	1,7	0,17	0,36	1,87	9,1	52,8	ND	
Bw5	5,21	8	-	0,09	0,05	0,19	2,0	0,16	0,35	2,16	7,4	54,3	ND	
PERFIL 6 – CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico típico														
Ap	4,99	82	-	0,68	0,27	1,05	4,6	1,16	2,21	5,76	20,1	47,5	1,81	
Bi	5,07	25	-	0,12	0,05	1,33	2,5	0,23	1,56	2,73	8,4	85,3	0,26	
C	5,38	34	-	0,18	0,06	0,95	2,0	0,33	1,28	2,33	14,2	74,2	0,13	
Cr	5,39	69	-	0,15	0,06	1,24	2,0	0,39	1,63	2,39	16,3	76,1	0,00	

SB = Soma de Bases Trocáveis; (t) = Capacidade de Troca Catiônica Efetiva; (T) = Capacidade de Troca Catiônica a pH 7,0; V = Índice de Saturação de Bases; m = Índice de Saturação de Alumínio; MO = Matéria Orgânica, ND = Não Determinado.

Continua...

TABELA 5
Resultados das análises químicas dos solos
Continuação...

Horizonte	pH (H ₂ O)	Complexo Sortivo										V	m	MO
		K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H+Al	SB	(t)	(T)				
		--mg/dm ³ --		----- cmol _c /dm ³ -----						---- % ----		dag/kg		
PERFIL 7 – CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico típico														
Ap	5,02	51	-	1,27	0,30	0,57	6,6	1,70	2,27	8,30	20,5	25,1	4,26	
Bi	5,28	23	-	0,77	0,14	0,38	3,9	0,97	1,35	4,87	19,9	28,1	1,94	
BC	5,43	15	-	0,82	0,16	0,10	2,5	1,02	1,12	3,52	29,0	8,9	1,29	
C	5,23	29	-	0,89	0,37	0,00	1,7	1,33	1,33	3,03	43,9	0,0	0,65	
Cr	5,26	149	-	0,60	0,37	0,10	1,4	1,35	1,45	2,75	49,1	6,9	0,39	
PERFIL 8 – GLEISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico flúvico														
Ap	5,24	220	-	3,31	0,90	0,00	5,5	4,77	4,77	10,27	46,24	0,0	5,43	
Cg	5,40	140	-	0,61	0,21	0,19	3,8	1,18	1,37	4,98	23,7	13,9	1,29	
2Ab	5,66	55	-	0,37	0,09	0,38	4,9	0,60	0,98	5,50	10,9	38,8	2,71	
2Cgb	5,78	50	-	0,07	0,09	0,19	1,9	0,29	0,48	2,19	13,2	39,6	0,52	
PERFIL 9 – LATOSSOLO VERMELHO Ácrico típico														
Ap	5,18	14	-	0,04	0,07	0,10	3,9	0,15	0,25	4,05	3,7	40,0	2,58	
Bw1	5,24	6	-	0,00	0,05	0,00	1,1	0,07	0,07	1,17	6,0	0,0	0,90	
Bw2	6,08	2	-	0,00	0,04	0,00	0,8	0,05	0,05	0,85	5,9	0,0	ND	
Bw3	5,84	2	-	0,00	0,03	0,00	0,6	0,04	0,04	0,64	6,3	0,0	ND	

SB = Soma de Bases Trocáveis; (t) = Capacidade de Troca Catiônica Efetiva; (T) = Capacidade de Troca Catiônica a pH 7,0; V = Índice de Saturação de Bases; m = Índice de Saturação de Alumínio; MO = Matéria Orgânica, ND = Não Determinado.

Fim

5.2- Discussão e análise dos perfis de solo

PERFIL 1- NEOSSOLO LITÓLICO Distrófico típico

A litologia descrita para o local de abertura deste perfil compõe-se de quartzitos ferruginosos, filitos ferruginosos e quartzitos cataclásticos da Formação Cercadinho (IGA, 1982). O material de origem do solo é advindo do substrato resultante do intemperismo de tal litologia. O perfil está localizado em terço médio de encosta em área regionalmente dominada por relevo forte ondulado (FIG. 6 e 8). A vegetação no local caracteriza-se por apresentar feições de Savana (Cerrado) em estágio de regeneração e aspectos transicionais para Floresta Estacional Semidecidual.

O perfil possui seqüência de horizontes (A-Cr) típica da classe dos Neossolos. Trata-se, portanto, de solo jovem, pouco desenvolvido, expressão esta também indicada pela relação silte/argila alta para os dois horizontes descritos, sendo 7,57 para o (A) e 4,77 para (Cr) (TAB. 4).

Dentre as características morfológicas, ressalta-se a variação da cor entre os dois horizontes (QUADRO 1). O horizonte A apresentou cor 5YR 3/4 (bruno-avermelhado escuro) e o horizonte Cr cor 2,5Y 5/4 (Bruno-oliváceo-claro). Tal variação pode ser atribuída à presença de quantidade expressiva de matéria orgânica no horizonte A (3,45 dag/kg) em detrimento dos 0,90 dag/kg presentes no horizonte Cr (TAB. 5). Associa-se a isto, o fato de que no horizonte Cr a interface com o material de origem silicoso e de tonalidade clara a avermelhada pela influência dos compostos ferruginosos passa a ser preponderante na definição da cor.

Franco siltosa para o horizonte A e franco arenosa para o horizonte Cr foram as classes texturais apuradas para o perfil 1. Na TAB. 4, pode-se verificar, por exemplo, que para o horizonte A contabilizou-se 663,7 g/kg de silte e 248,6 g/kg de areia total. Já o horizonte Cr, apresentou cerca de 59% (597,3 g/kg) de areia total e 33% (332,9 g/kg) de silte. Conforme destacado por Gray & Murphy (1999), a textura é uma das características do solo que recebem fortes influências do material de origem. Sendo assim, é de se esperar que os solos originados de material substancialmente quartzítico apresentem textura variando de franca a siltosa.

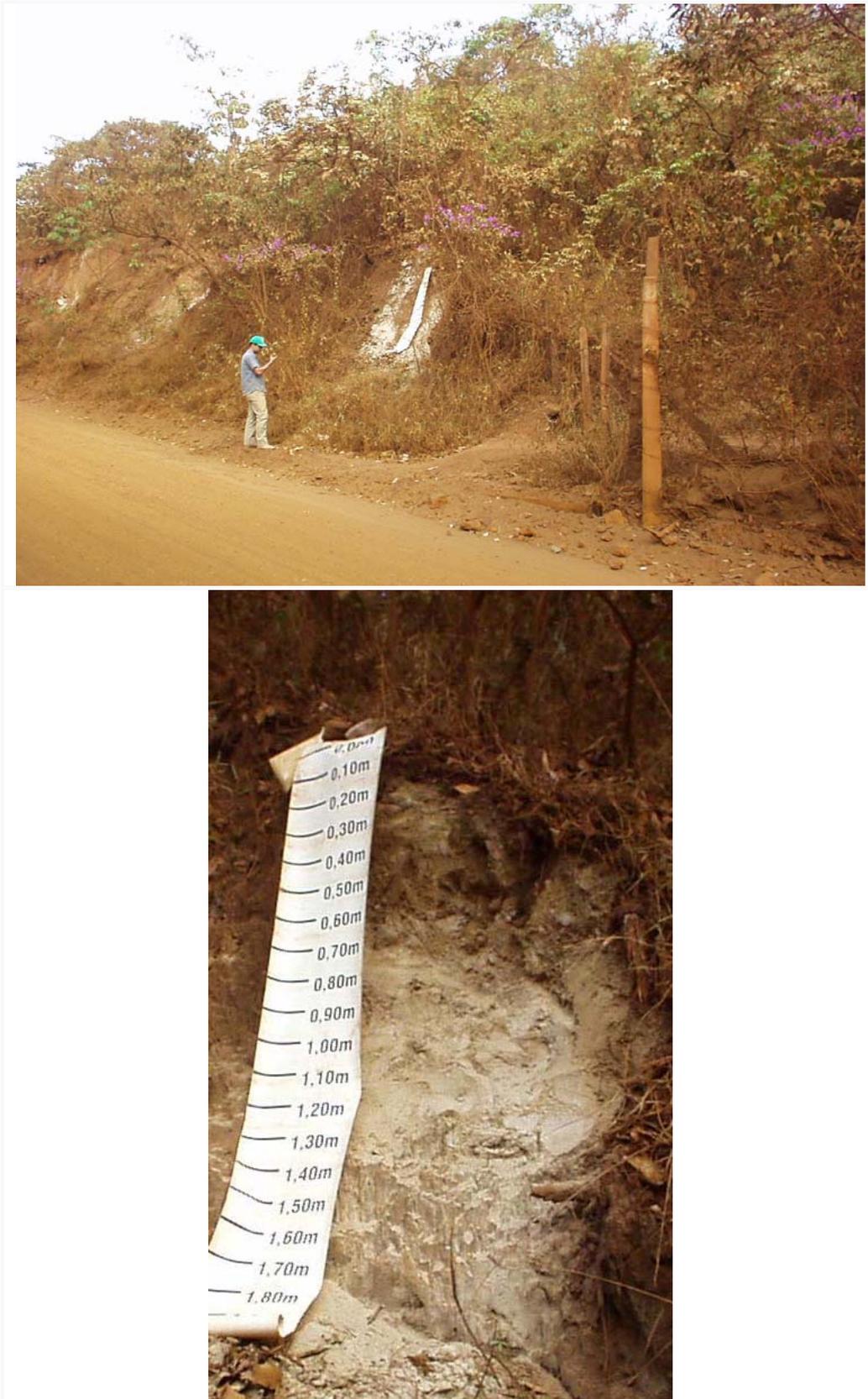


FIGURA 8: Fotos ilustrativas do perfil 1 (NEOSSOLO LITÓLICO).

QUADRO 1
CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS
Perfil 1

Horizonte	Profundidade cm	Cor Úmida	Textura	Estrutura	Consistência Seco/Úmido Molhado	Transição
PERFIL 1 — NEOSSOLO LITÓLICO Distrófico típico						
A	0 – 8	5YR 3/4	Franco Siltosa	Fraca Muito Peq. Granular	Macia Friável Lig. plástica Lig. Pegaj.	Abrupta Irregular
Cr	8 – 45	2,5Y 5/4	Franco Arenosa	Maciça	Lig. dura Muito friável Lig. Plástica Lig. Pegaj.	Clara Plana
R	45+	ND	ND	ND	ND	ND
OBS: Lig. = Ligeiramente; Pegaj. = Pegajosa; Gde = Grande; Méd. = Média; Peq. = Pequena, ND = Não Determinado.						

Importante se faz ressaltar as características de estrutura e consistência encontradas para este Neossolo. Possui estrutura fraca granular muito pequena no horizonte A e maciça no Cr, além de consistência úmida friável no A e muito friável no Cr (QUADRO 1). Isto é uma característica morfológica de grande interesse no que tange ao planejamento ambiental, uma vez que, solos com essas características podem ser bastante susceptíveis à erosão, principalmente se removida a vegetação protetora e por conseqüência a fina camada do horizonte A.

Pela TAB. 4 percebe-se que os teores de argila dispersa são reduzidos nos dois horizontes (42,5 g/kg em A e 27,7 g/kg em Cr) e que o grau de floculação apresenta ligeiro aumento de A (51%) para Cr (60%). Entretanto, tal fato deve ser creditado à baixa quantidade de argila total registrada no solo em questão e menos a uma possível resistência à erosão, dado que possui expressivas quantidades totais de silte e areia fina. O menor grau de floculação no horizonte A pode ser atribuído, também, à presença de teor mais elevado de matéria orgânica (TAB. 5) que tende a estar carregada negativamente aumentando a repulsão entre as partículas resultando em maior dispersão da argila em água e, com isso, menor grau de floculação, conforme reportado por Oliveira, C. V. (1999).

No que tange às características químicas, destaca-se o fato de o solo ter sido classificado com distrófico por apresentar índice de saturação por bases (V%) igual a 35,8% para o horizonte A e 8,6% para o Cr (TAB. 5). Índices esses, menores que os

requeridos para o solo atingir o padrão eutrófico que é de no mínimo 50% (EMBRAPA, 1999). Nota-se que há uma queda acentuada do horizonte superficial A para o Cr em termos de saturação por bases. Pode-se creditar esta queda ao baixo teor de nutrientes presentes no material de origem (quartzitos e filitos), diretamente correlacionado ao horizonte Cr; e atribuir-se ao maior teor de cálcio ($1,76 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$) e matéria orgânica ($3,45 \text{ dag/kg}$) o índice de saturação por bases mais elevado do horizonte A.

Segundo observado em Demattê *et al.* (1996), o conteúdo de matéria orgânica pode influenciar consideravelmente a capacidade de troca catiônica no horizonte em que se faz presente em maiores teores, tendo, portanto, reflexos positivos no índice de saturação por bases.

Os valores de pH (H_2O) apurados para o perfil 1 indicam solo com acidez elevada. Há ligeiro decréscimo com a profundidade; no horizonte (A) o pH situa-se em 5,53 diminuindo para 5,06 no horizonte (Cr).

A análise discorrida conduz à conclusão de que se trata de solo com suscetibilidade erosiva potencial se manejado ou ocupado inadequadamente; sobretudo, em razão de suas propriedades físicas e pelo fato de possuir um horizonte A raso, seguido por um Cr constituído por frações predominantes de areia fina e silte. A esse respeito, Mafra (1999) alerta para o fato de que a textura caracteriza-se como um importante atributo do solo, estabelecendo estreita relação com as propriedades de coesão, estabilidade de agregados e permeabilidade. Ressalta a autora que o domínio das frações areia fina e silte em determinado horizonte do solo favorece a erodibilidade, uma vez que as mesmas, por si, são dotadas de baixa coesão e estabilidade.

Em área próxima ao local de descrição do perfil, foram verificadas as presenças de ravinas e feições de deslizamentos e desmoronamentos, o que se constitui num indicativo prático da suscetibilidade à erosão deste solo.

PERFIL 2 - LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Ácrico câmbico

Trata-se de perfil de solo desenvolvido sob influência de um substrato oriundo da decomposição dos dolomitos itabiríticos e filitos dolomíticos da Formação Gandarela. Está localizado em terço superior de encosta em condições de relevo regional forte ondulado sob vegetação de Savana (Cerrado) (FIG. 6 e 9). Este perfil de solo possui seqüência de horizontes (A – Bw – C – R), apresentando espessura do *solum* (A+B) menor que 150 cm o que conduziu sua classificação no 4º Nível Categórico como *câmbico*.

As cores dos horizontes descritos mantiveram padrão semelhante em 5YR para todo o perfil variando o croma e o valor. Para o horizonte (A) a pigmentação imposta pelo teor de matéria orgânica (3,97 dag/kg) condicionou cor 5YR 3/4 (bruno-avermelhado-escuro) enquanto que para os horizontes (Bw – 5YR 4/6) e (C – 5YR 5/8) predominou a coloração vermelho-amarelado (TAB. 5, QUADRO 2). Outro fator que influencia diretamente na pigmentação dos horizontes é a presença de óxidos de ferro na composição do material de origem. Dado que na região em que está inserido este trabalho há forte e conhecida influência dos óxidos de ferro em quase todas as litologias (Dorr *et al.* 1957; Barbosa, 1968; Ladeira, 1980); é de se esperar que isso também se faça presente na determinação da cor do solo em questão. Em que pese não haver dados químicos quantitativos dos teores de óxido de ferro para os solos analisados, é factível interpretar que as colorações avermelhadas e brunadas encontradas para este solo, bem como, para os demais, advêm da presença de tais óxidos no material originário.

Os teores de argila dos horizontes A (630,9 g/kg) e Bw (660,4 g/kg) foram expressivos, fato que condicionou a classificação textural dos mesmos em muito argilosa. Já ao horizonte C correspondeu a textura franco-argilosa, uma vez que, neste horizonte a frente de intemperismo ainda recebe influência do material de origem e, com isso, as frações areia grossa e fina passam a determinar a composição da classe textural (TAB. 4, QUADRO 2).

Os valores constatados para argila dispersa e grau de flocculação não mantiveram correlação com os altos teores de argila total nos horizontes A e Bw (TAB. 4). As argilas floccularam em 56% no horizonte A e em 46% no Bw havendo, portanto, decréscimo em profundidade. Esse fato pode ser indicativo de resistência moderada em relação a processos erosivos. Fato também identificado em campo pela consistência úmida muito friável. Já o horizonte C apresentou variação sensível no grau de flocculação, reduzindo-se a 32,2%, o que pode ser explicado tanto pelo decréscimo do conteúdo de argila como pelo

acrécimo no teor de areia grossa, tornando o referido horizonte extremamente suscetível à erosão (QUADRO 2).



FIGURA 9: Fotos ilustrativas do perfil 2 (LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO)

QUADRO 2
CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS
Perfil 2

Horizonte	Profundidade cm	Cor Úmida	Textura	Estrutura	Consistência Seco/Úmido Molhado	Transição
PERFIL 2 — LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Ácrico câmbico						
A	0 – 41	5YR 3/4	Muito Argilosa	Moderada Peq. e Méd. Granular	Lig. dura Muito friável Lig. Plástica Pegaj.	Clara Ondulada
Bw	41 – 101	5YR 4/6	Muito Argilosa	Fraca a Moderada Peq. e Méd. Blocos Subangulares	Lig. dura Muito friável Plástica Lig. Pegaj.	Gradual Ondulada
C	101 – 178	5YR 5/8	Franco Argilosa	ND	ND	Abrupta Plana
R	178+	ND	ND	ND	ND	ND
OBS: Lig. = Ligeiramente; Pegaj. = Pegajosa; Gde = Grande; Méd. = Média; Peq. = Pequena, ND= Não Determinado						

A relação silte/argila no horizonte diagnóstico Bw (0,36) está condizente com o esperado para um Latossolo, indicando grau de evolução já avançado. As características câmbicas, dadas pela espessura do solum não superior a 150 cm e a interface perceptível do horizonte C com o substrato geológico, podem ser creditadas à condição de relevo regional forte ondulado em que está inserido este perfil. Localmente a topografia apresenta ondulação moderada no terço superior da vertente, acentuando-se bruscamente em direção ao sopé. Nesta condição predominam o escoamento hídrico superficial laminar e concentrado em detrimento do vertical o que retarda o avanço da frente de intemperismo, bem como, contribui para renovação lenta e gradual do próprio solo pela retirada de finas camadas de material.

Do ponto de vista de suas características químicas este Latossolo apresentou acidez elevada, estando os valores de pH (H₂O) situados em torno de 4,9 (TAB. 4). Apresentou, ainda, caráter ácido por possuir valor da soma das bases trocáveis (SB) mais (Al³⁺) inferior a 1,5 cmol_c/kg (TAB. 5), pH (KCl) maior que 5,0 no horizonte diagnóstico Bw e delta pH positivo (TAB. 6), conforme preconiza EMBRAPA (1999).

TABELA 6

Determinação do delta pH - PERFIL 2 – LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Ácrico câmbico

Horizonte	pH		Delta pH pH (KCl) – pH (H ₂ O)
	KCl	H ₂ O	
A	4,56	4,96	-0,40
Bw	5,74	4,93	0,81
C	6,50	5,39	1,11

Trata-se de solo com baixíssima saturação por bases, sobretudo nos horizontes A (4,1%) e Bw (5,6%) (TAB. 5). Há pronunciada lixiviação das bases trocáveis evidenciando um avanço do processo de latossolização alidado a um desenvolvimento ainda moderado a fraco da estrutura dos agregados do solo, possivelmente advindo de suas características câmbicas.

Destaque-se a baixa concentração de Ca²⁺ e Mg²⁺ ao longo do perfil — inclusive no horizonte C — o que faz supor uma contribuição maior no substrato geológico retrabalhado de materiais oriundos de filitos e itabiritos em contraposição a um processo de dolomitização anterior. Fato que se exprime, também, pela baixa saturação por bases verificada para este solo.

As características físicas e morfológicas determinadas para este Latossolo o predispõe a uma resistência moderada à erosão. Nos horizontes superficiais apresentou textura muito argilosa, estrutura granular a subangular, boa agregação e permeabilidade, atributos destacados por Guerra & Botelho (1998) para Latossolos de reduzida suscetibilidade erosiva. Contudo, intervenções visando ocupação e loteamentos devem ser subsidiadas por planejamento e manejo adequados às condições regionais de relevo forte ondulado. De acordo com Casseti (1991), quando o equilíbrio da vertente é rompido seja pelo desmatamento ou por cortes para abertura de estradas, aumenta-se o fluxo dos escoamentos laminar e concentrado com redução de infiltração da água no solo. Conseqüentemente, ocorre a retirada gradual dos horizontes superficiais e forte tendência para evolução de formas erosivas de grande impacto, tais como: ravinas e voçorocas.

PERFIL 3 – NEOSSOLO REGOLÍTICO Distrófico típico

Sob influência direta de um substrato geológico composto por material retrabalhado da Formação Cauê (itabiritos, itabiritos anfíbolíticos e itabiritos dolomíticos) este solo apresenta características morfológicas e físicas bastante relacionadas a este substrato. Está localizado em terço médio de encosta regionalmente dominado por relevo forte ondulado sob Floresta Estacional Semidecidual (FIG. 6 e 10).

Apresenta cor vermelho-escuro-acinzentado tanto para o horizonte A (10R 3/3) quanto para o Cr (10R 3/4), estrutura fraca muito pequena e granular condizente com o estágio evolutivo ainda incipiente deste solo. Os dados granulométricos (TAB. 4) evidenciam o exposto. O teor de areia total constatado para o horizonte A ficou na ordem de 590,4 g/kg e para o horizonte Cr 668,5 g/kg. Percentualmente, esses valores correspondem à predominância de 59% e 66% de frações areia nos referidos horizontes. Nota-se claro incremento da quantidade de areia grossa de A (148,2 g/kg) para Cr (315,5 g/kg) relacionado à textura mais grossa do material de origem na interface Cr – Rocha. Baseado nestes dados a classificação textural para ambos os horizontes recaiu na classe franco-arenosa (QUADRO 3).

Os valores dos teores de argila total e argila dispersa em água foram baixos tanto para o horizonte A quanto para o Cr. O grau de floculação apresentou índice de 50,4% para A e 44,7% para Cr. Todavia, os valores expressivos de areia e silte que juntos somam mais de 90% da granulometria em cada horizonte, indicam tratar-se de classe bastante suscetível a processos erosivos (Mafra, 1999) (TAB. 4). Requer, portanto, planejamento restritivo de uso, sobretudo, por ser um solo em estágio incipiente de formação com características físicas pouco desenvolvidas. Os altos valores de silte/argila (A = 8,78; Cr = 2,53) consubstanciam e reforçam tal assertiva.

No concernente às características químicas há que se destacar a elevada acidez, apresentando valores de pH (H₂O) para o horizonte A de 5,17 e para Cr igual a 5,37. Ressalte-se, ainda, a baixa saturação por bases, ficando o índice relativo em 22% para ambos horizontes o que qualifica este solo como distrófico (TAB. 5). Este distrofismo é devido, sobretudo, à pouca disponibilidade dos nutrientes (Ca²⁺, Mg²⁺, K⁺) existentes no material de origem, problemática destacada também por Abrahão & Mello (1998).



FIGURA 10 : Fotos ilustrativas do perfil 3 (NEOSSOLO REGOLÍTICO)

QUADRO 3
CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS
Perfil 3

Horizonte	Profundidade cm	Cor Úmida	Textura	Estrutura	Consistência Seco/Úmido Molhado	Transição
PERFIL 3 — NEOSSOLO REGOLÍTICO Distrófico típico						
A	0 – 32	10R 3/3	Franco Arenosa	Fraca Muito Peq. e Peq. Granular e Subangular	Lig. Dura Friável Lig. Plástica Lig. Pegaj.	Gradual Plana
Cr	32 – 110+	10R 3/4	Franco Arenosa	Fraca Muito Peq. Granular	ND	ND
OBS: Lig. = Ligeiramente; Pegaj. = Pegajosa; Gde = Grande; Méd. = Média; Peq. = Pequena, ND= Não Determinado.						

PERFIL 4 – CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico típico

Este perfil está localizado em terço inferior de encosta, relevo ondulado, sob Floresta Estacional Semidecidual em área atualmente destinada a reserva florestal de empresa mineradora que atua na região. A litologia descrita para a área compõe-se principalmente de filitos sericíticos, filitos grafitosos, itabiritos, dolomitos e quartzitos sericíticos finos a grossos, com presença de lentes de metaconglomerados pertencentes ao Grupo Caraça (FIG. 6 e 11). O material a partir do qual o solo se desenvolveu é um substrato advindo do intemperismo e retrabalhamento da litologia descrita anteriormente, e sem afloramentos identificáveis nas áreas próximas a abertura da trincheira.

Tal material de origem imprimiu certas particularidades a este solo. A cor dos horizontes, por exemplo, apresentou variação significativa com a profundidade. Entretanto, nos horizontes A (5YR 3/3 – bruno-avermelhado-escuro) e BA (5YR 4/4 – bruno-avermelhado) foi mais nítida a influência da matéria orgânica na definição das cores. No horizonte A o teor de matéria orgânica de 3,33 dag/kg e no BA 2,43 dag/kg condicionaram a cores brunadas. Silva & Vidal-Torrado (1999) também fazem alusão a este poder pigmentante da matéria orgânica na coloração dos horizontes do solo levando-os a adquirir cores brunadas. Já no horizonte Bi (5YR 5/6 – vermelho-amarelado) e C (10R 5/8 – vermelho) a definição das cores está ligada mais à coloração da própria matriz rochosa diversificada. Mesmo porque, nestes dois últimos horizontes o teor de matéria orgânica reduz sensivelmente (TAB. 5, QUADRO 4).

Outra característica morfológica a ser destacada é a classe textural. Este Cambissolo apresentou textura franca em todos os horizontes, sendo franco-arenosa no A, franco-argilo-arenosa no BA, franco-arenosa no Bi e franco-argilo-arenosa no C. Isso se deve às expressivas quantias de areia fina e silte presente neste solo que seguramente têm relação com as litologias que lhe deram origem (QUADRO 4). Gray & Murphy (2002a,b) ressaltam, sobremaneira, esta influência do material de origem nas classes texturais dos solos. Destacam os autores que materiais arenosos e de texturas grossas tendem a originar solos com classes texturais arenosas, como as verificadas para este exemplar estudado.

Firme para o horizonte A e friável para os demais foi a consistência úmida aferida para os horizontes deste Cambissolo. No horizonte A, os efeitos de teores mais substantivos de matéria orgânica atuaram diretamente na melhor estruturação dos agregados e na consistência do solo. Referências a esse respeito podem ser encontradas em Oliveira (1972a).



FIGURA 11: Fotos ilustrativas do perfil 4 (CAMBISSOLO HÁPLICO)

QUADRO 4
CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS
Perfil 4

Horizonte	Profundidade cm	Cor Úmida	Textura	Estrutura	Consistência Seco/Úmido Molhado	Transição
CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico típico						
A	0 - 21	5YR 3/3	Franco Arenosa	Moderada Gde e Méd. Blocos Subangulares Muito Peq. e Peq. Granular	Lig. dura Firme Lig. Plástica Lig. Pegaj.	Gradual Plana
BA	21 – 63	5YR 4/4	Franco Argilo Arenosa	Forte Gde Blocos Subangulares Méd. e Gde Granular	Lig. dura Friável Lig. Plástica Lig. Pegaj.	Gradual Plana
Bi	63 – 125	5YR 5/6	Franco Arenosa	Moderada Gde e Méd. Blocos Subangulares Méd. e Peq. Granular	Lig. dura Friável Lig. Plástica Lig. Pegaj.	Abrupta Plana
C	125+	10 R 5/8	Franco Argilo Arenosa	Grãos Simples Não Coerentes intercalados a fragmentos do material de origem	Lig. dura Friável Não Plástica Lig. Pegaj.	ND
<p style="text-align: center;">OBS: Lig. = Ligeiramente; Pegaj. = Pegajosa; Gde = Grande; Méd. = Média; Peq. = Pequena, ND = Não Determinado.</p>						

Nos demais, predominou a friabilidade, sobretudo, pelos expressivos teores de areia total — 500 a 555 g/kg — e silte, em torno de 260 g/kg (TAB. 4).

A partir desses dados, conclui-se ser este solo bastante susceptível à erosão uma vez que possui teores elevados das frações granulométricas areia fina e silte e pouca argila.

Trata-se de *pedon* em estágio incipiente de evolução, afirmativa possível pela constatação da elevada relação silte/argila no horizonte Bi (1,38), bem como nos demais horizontes (TAB. 4). Conforme destacado em EMBRAPA (1999), a relação silte/argila fornece uma base para o entendimento do estágio de intemperismo em solos da região

tropical. Relações inferiores a 0,7 para o horizonte B, nos solos de textura média ou 0,6 em solos de textura argilosa indicam avançado estágio de intemperismo.

Mesmo considerando-se o ainda incipiente estágio de evolução deste solo, o fato de ser originário de material com reduzida presença de nutrientes o condicionou a uma baixa saturação por bases com índice não superior a 6,0% no horizonte A e inferior a 5,0% no BA e Bi. Ademais, apresentou elevado índice de acidez, situando-se o pH em 4,9 para os horizontes A e BA, com ligeiro aumento em Bi e C, onde ficou em torno de 5,2 e 5,1 respectivamente, podendo ser classificado como fortemente ácido. Chamam a atenção os expressivos teores de Al^{3+} e os elevados percentuais do índice de saturação por alumínio, sendo estes para todos os horizontes superiores a 75% e no horizonte diagnóstico Bi igual a 85,7% (TAB 5). Porém sem atingir índice para caráter alumínico, uma vez que os teores de alumínio extraível não superam 4 cmol_c/kg no horizonte Bi (EMBRAPA, 1999).

Esta unidade pedológica requer manejo adequado ao ser ocupada, tendo em vista, o incipiente grau de desenvolvimento, granulometria composta, substancialmente, pelas frações areia e silte, alto índice de saturação por alumínio e baixa saturação por bases. Nesse sentido, não é um solo adequado para cultivos agrícolas, pois requer altos investimentos na correção da acidez e toxicidade do alumínio, bem como, na fertilização. A ocupação via loteamentos deve ser planejada levando-se em consideração as características físicas do solo e as condições do relevo ondulado, com localização predominante desta classe de solo em terço inferior das encostas, evitando expor o horizonte Bi e/ou C aos processos intempéricos, fato que seguramente desencadeará erosões difíceis de se controlar.

PERFIL 5 – LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico típico

Localizado em terço médio de encosta, em área de relevo regional ondulado, este perfil está inserido no domínio dos gnaisses graníticos do Complexo Metamórfico Bonfim (FIG. 6 e 12). Entretanto, localmente não há evidências claras de que foi desenvolvido a partir de tais litologias.

Este Latossolo apresentou *solum* bem desenvolvido, muito profundo, superando 200 cm de profundidade (FIG. 12, QUADRO 5). A cor variou significativamente com a profundidade o que demonstra alterações nos padrões de pedogênese que podem se creditadas, a priori, à umidade e drenagem diferencial ao longo do perfil. O horizonte A (7,5YR 3/2 – Bruno-escuro) apresentou tonalidade bastante escura devido ao conteúdo de matéria orgânica (2,94 dag/kg). A que se ressaltar que este solo está situado sob área de reserva com vegetação secundária (Floresta Estacional Semidecidual) fato que garante aporte constante de material orgânico no horizonte A, sem, contudo, configurar camada orgânica. Nos horizontes BA (7,5YR 4/3) e Bw1 (7,5YR 4/4) também há influência da matéria orgânica na constituição da cor brunada dos mesmos. Já nos horizontes seguintes — Bw2 e Bw3 — a coloração mudou para 5YR 5/8 (vermelho-amarelo) em ambos, tornando-se vermelha (10R 4/8) em Bw4 e Bw5.

A pigmentação dos horizontes por influência do conteúdo de matéria orgânica foi reportada nos trabalhos desenvolvidos por Eschenbrenner (1986), Silva & Vidal-Torrado (1999), Jahren (2005). Já as variações no padrão de coloração do conjunto de horizontes (Bw2, Bw3) e (Bw4, Bw5) suscitam as seguintes interpretações:

- i) Alterações no sistema de drenagem interna do solo, sendo no primeiro conjunto (Bw2, Bw3) um sistema mais confinado e sob influência ainda de material orgânico, favorecendo a via goethítica que imprime colorações brunadas a amareladas ao solo (Silva & Vidal Torrado, 1999);
- ii) O conjunto subjacente (Bw4, Bw5) possui sistema de drenagem mais aberto favorecendo a hematização, conseqüentemente adquirindo tonalidade de vermelho intenso, conforme já verificado por Silva & Vidal Torrado (1999);

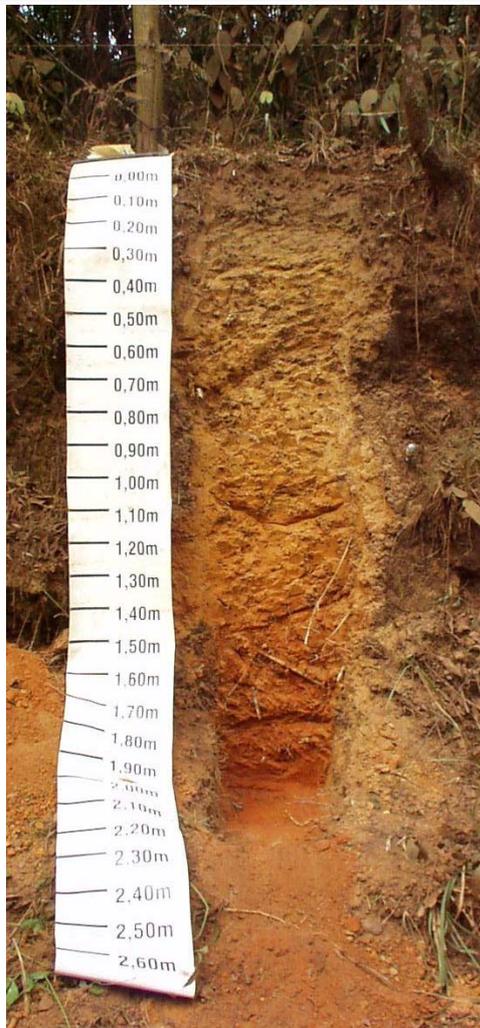


FIGURA 12: Fotos ilustrativas do perfil 5 (LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO)

QUADRO 5
CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS
Perfil 5

Horizonte	Profundidade cm	Cor Úmida	Textura	Estrutura	Consistência Seco/Úmido Molhado	Transição
LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico típico						
A	0 – 22	7,5Y 3/2	Franco Argilo Arenosa	Moderada Méd. Blocos Subangulares Gde Méd. Peq. Granular	Lig. Dura Firme Lig. Plástica Lig. Pegaj.	Clara Plana
BA	22 – 38	7,5YR 4/3	Franco Argilo Arenosa	Moderada Gde e Méd. Blocos Subangulares Gde e Méd. Granular	Lig. Dura Friável Lig. Plástica Lig. Pegaj.	Gradual Plana
Bw1	38 - 65	7,5YR 4/4	Argila Arenosa	Moderada Gde Blocos Subangulares Muito Gde Gde e Méd. Granulares	Lig. Dura Friável Plástica Pegaj.	Gradual Ondulada
Bw2	65 – 107	5YR 5/8	Argila Arenosa	Moderada Méd. e Peq. Blocos Angulares a Subangulares	Lig. Dura Firme Plástica Lig. Pegaj.	Gradual Plana
Bw3	107 – 152	5YR 5/8	Argila Arenosa	Moderada Gde e Méd. Blocos Subangulares	Lig. Dura Friável Lig. Plástica Pegaj.	Gradual Plana
Bw4	152 – 187	10R 4/8	Argila Arenosa	Moderada Gde Méd. Peq. Blocos Angulares	Lig. Dura Friável Lig. Plástica Lig. Pegaj.	Gradual Plana
Bw5	187 – 212+	10R 4/8	Argila Arenosa	Forte Gde Méd. Peq. Blocos Angulares	Lig. Dura Friável Lig. Plástica Lig. Pegaj.	ND

OBS: Lig. = Ligeiramente; Pegaj. = Pegajosa; Gde = Grande; Méd. = Média; Peq. = Pequena,
 ND = Não Determinado.

iii) Os dois conjuntos parecem tratar-se de material alóctone, pré-intemperizado, sendo o conjunto subjacente (Bw4, Bw5) com forte influência de compostos de ferro deslocados de outros compartimentos da paisagem.

Apesar de não serem encontradas ao longo do perfil evidências classicamente referendadas como indicativas de material alóctone, tais como: linhas de pedra, fragmentos de material rochoso diverso do esperado para o local, dentre outras, os resultados das análises granulométricas deste perfil reforçam a idéia expressa pela terceira hipótese.

A própria variação expressiva de cores entre os dois conjuntos — Bw2/Bw3 e Bw4/Bw5 — (QUADRO 5), indica a possibilidade de que o material de ambos os conjuntos seja diverso daquele definido pelo mapeamento geológico do IGA (1982) — Escala 1:50.000 — no qual consta como litologia da área os gnaisses graníticos do Complexo Metamórfico Bonfim. Em adição ao exposto, verifica-se uma descontinuidade textural entre os conjuntos mencionados, marcada por um aumento significativo dos teores de areia grossa e argila no conjunto Bw4/Bw5 (TAB. 4). Tal descontinuidade é expressa, substancialmente, pelo incremento da quantidade de areia grossa do horizonte Bw3 (62,5 g/kg) para o horizonte Bw4 (73,2 g/kg).

Nas demais características morfológicas o solo apresentou textura franco-argilo-arenosa nos dois horizontes iniciais (A e BA), estrutura moderada, granular e subangular com blocos grandes, médios e pequenos. Consistência úmida firme para o horizonte A, sobretudo pela destacada influência da matéria orgânica na agregação das partículas do solo, conforme ressaltado por Jorge (1972) e resultados obtidos por Dufranc *et al.* (2004). Tanto no horizonte A quanto no BA o teor total de areia supera os 50% — 519 e 546,5 g/kg, respectivamente — justificando-se a classificação textural em franco-argilo-arenosa. O teor de areia apresenta leve decréscimo em profundidade, contrapondo-se a um aumento significativo de argila no mesmo sentido. O teor de argila no A soma 218,2 g/kg e em BA 274,4 g/kg. Já nos horizontes Bw, inicia-se com 352 g/kg chegando a 411,5 g/kg no Bw5 (TAB. 4).

Os resultados obtidos para grau de floculação e argila dispersa em água predispõe interpretar este Latossolo como resistente á erosão. Contudo, as aferições de consistência úmida executadas no campo conduziram a classificação de vários horizontes como friáveis, principalmente os mais profundos. A argila dispersa em água nos horizontes Bw3, Bw4 e Bw5 foi próxima de zero e, conseqüentemente, o grau de floculação atingiu, praticamente, sua expressão máxima (TAB. 4). Alguns estudiosos (Paiva *et al.* 2000; Dufranc *et al.* 2004, Souza *et al.* 2004) têm demonstrado que este fato pode ocorrer devido aos seguintes

fatores: (i) avançado estágio de intemperismo do solo, (ii) influência de compostos de ferro e alumínio presentes no material do solo, (iii) presença de elevado teor de matéria orgânica, (iv) e alto teor de argila. Nos horizontes mencionados anteriormente, a hipótese mais sensata é a de que compostos hidratados de óxidos de ferro e alumínio tenham influenciado o elevado grau de floculação deste Latossolo, uma vez que, trata-se de solo com elevado índice de saturação por alumínio e sob forte influência regional de compostos de ferro (TAB. 5). Corrobora para esta conclusão, o fato de que o acréscimo de argila em profundidade não é tão significativo a ponto de se atribuir a ela o grau de floculação encontrado. Análise semelhante pode ser estendida para o conteúdo de matéria orgânica nos horizontes subsuperficiais, especificamente Bw3, Bw4 e Bw5, nos quais o teor de M.O. é praticamente nulo (TAB. 5).

Elevada acidez, baixa saturação por bases e, como já ressaltado, alto índice de saturação por alumínio foram as características químicas marcantes deste Latossolo. Estes índices levaram a classificação deste solo como distrófico. O índice de saturação por alumínio decresce com a profundidade, contrastando com a saturação por bases que apresenta leve tendência de aumento (TAB. 5). Os índices relativos de alumínio variam de 80% no horizonte A até 54 % no Bw5. Já a saturação por bases oscilou entre 4,5% no horizonte A e seu valor máximo de 9,1% no Bw4. Segundo Galeti (1989) e Osaki (1991), tais índices são prejudiciais às plantas, e por vezes, inviabilizam cultivos agrícolas mais exigentes.

Ressalte-se a elevação do pH em profundidade e a conseqüente diminuição dos teores de Al^{3+} (TAB. 5), fato reportado por Mattson⁸ *apud* Ker (1997:18) como: “*intemperismo isoelétrico* — referindo-se à tendência do pH do solo em acompanhar o pH do ponto de carga Zero (PCZ) dos óxidos de ferro à medida que se intensifica a lixiviação, tornando a solução cada vez menos concentrada”.

Trata-se, portanto, de perfil em processo de latossolização avançado confirmado pela relação silte/argila nos horizontes Bw inferiores a 0,6, conforme preconiza EMBRAPA (1999); caracterizado, ainda, por remoção excessiva das bases trocáveis, alta saturação por alumínio, pH fortemente ácido e atributos físico-morfológicos bem desenvolvidos. Essas aludidas características têm sido reportadas na literatura pedológica como indicativas de avançado estágio de intemperismo do solo (Duchaufour, 1982; Hsu, 1989; Furian *et al.*, 2002).

⁸ MATTSON, S. The laws of soil colloidal behaviour, IX. Amphoteric reactions and isoelectric weathering. **Soil Sci.**, 2: 209-240, 1932.

PERFIL 6 – CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico típico

Cambissolo desenvolvido em área sob influência dos gnaisses graníticos do Complexo Metamórfico Bonfim, situado em terço superior de vertente, com predomínio de Floresta Estacional Semidecidual que, atualmente, foi substituída por gramíneas para uso como pastagem (FIG. 6 e 13). O material de origem no local compõem-se de fragmentos da litologia descrita acima, associado a um substrato advindo da decomposição química e física de tais rochas.

Este Cambissolo apresentou características físicas e químicas diretamente relacionadas ao material de origem e ao relevo. A sua posição em terço superior de encosta com declividade acentuada condicionou seu incipiente desenvolvimento. Segundo destacam Buol et al. (1989) e Oliveira *et al.* (1992), áreas de relevo íngreme atuam na pedogênese acentuando os processos de rejuvenescimento do solo, originando perfis incipientes ou pouco desenvolvidos. As altas relações silte/argila expressam, sobremaneira, o ainda incipiente estágio de evolução deste solo (TAB. 4). Pela FIG. 13, pode-se perceber a presença de grandes blocos de gnaisses graníticos na interface do horizonte Cr, fato que consubstancia a assertiva de que se trata de solo desenvolvido diretamente da rocha matriz.

O perfil apresentou variação de cor significativa com a profundidade, mantendo cores mais escuras — bruno-amarelado-escuro e bruno-amarelado em Ap e B_i, respectivamente — expressando forte influência do conteúdo de matéria orgânica na definição das mesmas (QUADRO 6). Já nos horizontes C (vermelho-amarelado) e Cr (amarelo-oliváceo), tonalidades mais claras prevaleceram, sobretudo pela proximidade do material leucocrático (Carneiro, 1992) que tende a imprimir cores mais claras a esses horizontes; tendo-se associado a esse fator, uma diminuição expressiva do teor de matéria orgânica em profundidade.

Dentre a características físicas e morfológicas mais importantes para esse Cambissolo, ressalta-se a textura franco-arenosa e a consistência úmida friável comum a todos os horizontes (QUADRO 6). Trata-se de solo com elevados teores de areia fina e silte que quando somados superam 80% da constituição granulométrica do solo, sobretudo nos horizontes subsuperficiais. Fato que mantém relação direta com os baixos valores de grau de flocação, exceto para o horizonte A (57,5%) que pode ser considerado moderado (TAB. 4).



FIGURA 13: Fotos ilustrativas do perfil 6
(CAMBISSOLO HÁPLICO)

QUADRO 6
CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS
Perfil 6

Horizonte	Profundidade cm	Cor Úmida	Textura	Estrutura	Consistência Seco/Úmido Molhado	Transição
CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico típico						
Ap	0 – 17	10YR 3/6	Franco Arenosa	Moderada Muito Gde Gde Peq. Granular	Lig. Dura Friável Lig. Plástica Lig. Pegaj.	Clara Ondulada
Bi	17 – 60	10YR 5/6	Franco Arenosa	Moderada Méd. e Peq. Blocos Angulares a Subangulares	Lig. Dura Friável Lig. Plástica Lig. Pegaj.	Clara Plana
C	60 – 89	5YR 5/6	Franco Arenosa	Fraca Méd. e Peq. Blocos Angulares a Subangulares	Lig. Dura Friável Lig. Plástica Lig. Pegaj.	Abrupta Plana
Cr	89 – 173+	2,5Y 6/8 (Variado)	Franco Arenosa	Moderada Gde e Méd. Blocos Angulares	Lig. Dura Friável Não Plástica Lig. Pegaj.	Abrupta Plana

OBS: Lig. = Ligeiramente; Pegaj. = Pegajosa; Gde = Grande; Méd. = Média; Peq. = Pequena

Carneiro (1992) caracterizou os gnaisses Souza Noschese, onde está inserido este perfil, como rochas de composição química essencialmente granítica, filiação cálcio alcalina, natureza peralcalina a peraluminosa e teores de SiO₂ em torno de 73,55%, portanto, não é de se esperar grandes contribuições em termos de fertilidade para os solos delas originários.

Sob tais aspectos, este Cambissolo apresentou as seguintes características químicas: elevada acidez em todos os horizontes, alto índice de saturação por alumínio (70 a 80%), principalmente nos horizontes subsuperficiais e índice de saturação por bases reduzido, denotando a baixa fertilidade natural do material de origem (TAB. 5).

Nota-se maior conteúdo de matéria orgânica no horizonte Ap (1,81 dag/kg) se comparado aos subjacentes (TAB. 5). Segundo Jorge (1972) a matéria orgânica constitui-se em uma das principais fontes de cargas negativas do solo. Por consequência, os maiores

níveis de CTC deste Cambissolo estão no horizonte Ap ($5,76 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$), valor que diminui sensivelmente em profundidade acompanhando a redução do conteúdo de M.O.

Trata-se, em suma, de solo com incipiente evolução de suas características físicas possuindo textura franco-arenosa, consistência úmida friável, granulometria predominante de frações areia fina e silte, localizado em compartimento da paisagem de acentuada declividade — relevo forte ondulado - terço superior de encosta — configurando-se, portanto, em solo de alta suscetibilidade erosiva. Os relatos de Figueiredo *et al.* (2002) acerca da ocorrência de erosão em sulcos, erosão laminar e intensos voçorocamentos verificados em solos desenvolvidos a partir de embasamento granito-gnáissico na área ao sul do Complexo Bação – Quadrilátero Ferrífero podem ser tomados como indicativos das observações acima destacadas.

PERFIL 7- CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico típico

Perfil situado no sopé de vertente em local onde o relevo apresenta ligeiro assentamento em relação ao domínio regional forte ondulado. A fitofisionomia florestal mencionada nos tópicos anteriores está presente em quase toda extensão da vertente, sendo o sopé da mesma, dominado por pastagem que é o uso do solo predominante. Em relação á litologia, o perfil está situado em área de domínio dos gnaisses graníticos do Complexo Metamórfico Bonfim (FIG. 6 e 14).

O teor de matéria orgânica presente nos horizontes Ap e Bi deste Cambissolo condicionaram suas colorações escurecidas. Cinzento muito escuro (5YR 3/1) foi a cor verificada para o horizonte Ap que computou 4,26 dag/kg de conteúdo de matéria orgânica. Para o horizonte Bi a coloração distinguida foi Bruna (7,5YR 4/4), sendo neste o teor de M.O. igual a 1,94 dag/kg. Nos demais horizontes a tendência natural foi um decréscimo destes teores e, conseqüentemente uma menor influência na definição das cores que variaram de amarelo-avermelhado (7,5YR 6/6) no BC para vermelho (2,5YR 5/8) no C e Cr (TAB. 5, QUADRO 7).

A cor, já ressaltada como uma das características que são fortemente influenciadas pelo material de origem, mostrou-se como um primeiro indicador de dúvidas sobre a filiação direta deste solo aos gnaisses graníticos do Complexo Metamórfico Bonfim. O Cambissolo anterior — perfil 6 — apresentou cores bem mais claras e correlacionadas claramente ao substrato litológico. Aliado a isso, foram encontrados fragmentos de gnaisses graníticos semi-alterados pelo intemperismo nos horizontes Ap e BC, variando de 10 a 30 cm de diâmetro. Esse fato sugere fortes indícios de remobilização de material com conseqüente deposição no sopé da vertente.

No entanto, a espessura do horizonte Ap (27 cm), com substancial presença de material orgânico, faz crer que tal solo esteja sob influência de processos pedogenéticos há um tempo considerável para permitir o acúmulo desse material, como atestam os dados de matéria orgânica na TAB. 5.

Portanto, a hipótese mais provável é a de que este Cambissolo tenha se originado de fragmentos de gnaisses graníticos associados a material previamente intemperizado, deslocado das partes superiores da vertente e depositados no sopé da mesma.



FIGURA 14: Figuras ilustrativas do perfil 7
(CAMBISSOLO HÁPLICO)

QUADRO 7
CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS
Perfil 7

Horizonte	Profundidade cm	Cor Úmida	Textura	Estrutura	Consistência Seco/Úmido Molhado	Transição
CAMBISSOLO HÁPLICO Tb distrófico típico						
Ap	0 – 27	5YR 3/1	Franco Argilo Arenosa	Moderada Méd. e Peq. Blocos Subangulares Méd. e Peq. Granular	Lig. Dura Friável Lig. Plástica Lig. Pegaj.	Clara Ondulada
Bi	27 – 51	7,5YR 4/4	Franco Argilo Arenosa	Moderada Gde Méd. Peq. Blocos Subangulares Méd. e Peq. Granular	Lig. Dura Friável Plástica Lig. Pegaj.	Gradual Ondulada
BC	51 – 83	7,5YR 6/6	Franco Argilo Arenosa	Moderada Méd. e Peq. Blocos Subangulares	Lig. Dura Friável Lig. Plástica Lig. Pegaj.	Clara Ondulada
C	83 – 112	2,5YR 5/8	Franco Argilosa	Moderada Gde e Méd. Blocos Angulares e Subangulares	Lig. Dura Friável Lig. Plástica Lig. Pegaj.	Abrupta Ondulada
Cr	112 – 180+	2,5YR 5/8	Franca	Moderada Gde e Méd. Blocos Angulares e Subangulares	Macia Friável Lig. Plástica Lig. Pegaj.	ND

OBS: Lig. = Ligeiramente; Pegaj. = Pegajosa; Gde = Grande; Méd. = Média; Peq. = Pequena, ND = Não Determinado.

A consistência úmida do material do solo é friável para todo o perfil, sendo também ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa quando molhada, exceto Bi que apresentou consistência plástica. A textura também não variou muito, franco-argilo-arenosa para Ap, Bi e BC, franco-argilosa para C e franca para Cr (QUADRO 7). Essas características morfológicas aferidas no campo estão em concordância com os dados granulométricos de laboratório apresentados na TAB. 4. As frações areia e silte se somadas ultrapassam os

75% da constituição granulométrica do solo em quase todos os horizontes, exceção feita ao horizonte C, no qual há um incremento de argila em relação aos demais. Essa anomalia configura-se em mais um indicativo de que o solo em análise não tenha se originado diretamente da litologia esperada, ou seja, os gnaisses graníticos.

Os valores de argila dispersa em água e grau de floculação deste Cambissolo permitem considerá-lo moderadamente resistente à erosão quando considerado o horizonte Ap. Isso porque nos horizontes subsuperficiais Bi e BC os mencionados valores reduzem sensivelmente, uma vez que há um aumento dos teores de areia fina na composição granulométrica dos mesmos e redução da matéria orgânica, fato que torna esses horizontes bastante suscetíveis à erosão. Contudo, o grau de floculação volta a aumentar nos horizontes C e Cr, chegando neste último a 95%. Pode-se aventar a possibilidade de que isso tenha ocorrido devido à presença de compostos de óxidos de Fe hidratados presentes na solução do solo que, conforme ressaltado no trabalho de Dufranc *et al.* (2004), têm forte poder de agregação.

O perfil apresentou, ainda, relação silte/argila condizente com o esperado para o horizonte diagnóstico Bi (1,01) expressando seu incipiente estágio de pedogenização.

De acordo com os dados de pH, este Cambissolo qualifica-se como fortemente ácido apresentando valores entre 5,02 e 5,26. O solo foi classificado como distrófico dado que os índices de saturação por bases obtidos foram inferiores a 50%, conforme normatizado em EMBRAPA (1999). Destaca-se, nesse contexto, a baixa saturação por alumínio deste solo e o expressivo conteúdo de K^+ do horizonte Cr (149 mg/dm³), fatores que, possivelmente, impulsionaram o V% do referido horizonte para 49,1%.

Trata-se, portanto, de solo ainda jovem com características físicas (textura, estrutura, consistência) pouco desenvolvidas. Tendo em vista uma possível ocupação da região por força de avanço das frentes de loteamentos ou chacreamentos no eixo sul da RMBH, estas unidades ambientais requerem planejamento adequado, sob pena de desencadear intensos processos erosivos.

Uma vez mais, ressalte-se a forte tendência erosiva dos solos originados de material granito-gnáissico no Quadrilátero Ferrífero, conforme relatado por Figueiredo *et al.* (2002) em estudos efetuados na área do Complexo Bação. Morais *et al.* (2004) também atestaram tal tendência, sobretudo, a alta erodibilidade verificada nos saprolitos de gnaisses, que uma vez atingidos, originam feições erosivas de grandes proporções (e.g.: voçorocas).

PERFIL 8- GLEISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico “flúvico”

Perfil de solo desenvolvido em área de planície fluvial do córrego do Feijão no domínio dos gnaisses graníticos do Complexo Metamórfico Bonfim. A vegetação típica dessas áreas é a mata ciliar ou vegetação ribeirinha. No local, encontra-se bastante degradada tendo sido grande parte desmatada e a área convertida em pastagem. Restam aglomerados esparsos em locais onde o desmatamento tornou-se inviável pela dificuldade de acesso (Souza & Maillard, 2003) (FIG. 6 e 15).

Cabe ressaltar a inserção, na classificação do 4º Nível Categórico (Subgrupos) do Gleissolo em questão, da designação: “*flúvico*” — por não haver no Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 1999) caracterização que contemplasse a particularidade verificada na análise deste perfil de solo.

Explica-se.

As planícies fluviais, comumente denominadas de várzeas, possuem elevada umidade e presença de lençol d’água subterrâneo a poucos centímetros da superfície. Esse fato condiciona o desenvolvimento de solos sob influência de processos pedogenéticos comuns ao hidromorfismo, apresentando colorações de aspecto acinzentado, oxi-redução de compostos de ferro, e acúmulo de matéria orgânica (Buckman & Brady, 1968).

Ap, Cg, 2Ab e 2Cgb foi a seqüência de horizontes do Gleissolo descrito neste trabalho. Destaque-se a presença dos horizontes 2Ab e 2Cgb — “horizontes soterrados” (FIG. 15). Verificou-se clara descontinuidade de material de origem entre os conjuntos de horizontes Ap/Cg e 2Ab/2Cgb. No conjunto superior, o material assemelha-se a sedimentos transportados e depositados em consequência da dinâmica geomorfológica das vertentes próximas. Observou-se que parte significativa dos cursos fluviais que ocorrem nos arredores das Serras “Três Irmãos” e “da Moeda” possuem como característica peculiar uma estreita planície de inundação e contato abrupto com os segmentos de baixa vertente, daí receberem considerável aporte de sedimentos.

Para o horizonte Ap foi determinada a cor Bruno-avermelhado-escuro (5YR 3/3) e para o horizonte Cg cor Bruno-amarelado-claro (QUADRO 8). Em ambos foi detectada a presença de mosqueado, sendo classificado como: presente, comum e distinto, cor 2,5YR 4/8 em Ap e variegada em Cg. Já no conjunto inferior, o horizonte 2Ab situado a 22 cm de profundidade apresentou cor cinzento-escuro (GLEI 1 4/N) e Cgb a 54 cm de profundidade apresentou cor cinzenta (2,5 Y 6/1). A textura e aparência do material do horizonte Cgb assemelhasse bastante à dos saprolitos de gnaiss verificadas na região.



FIGURA 15- Fotos ilustrativas do perfil 8 (GLEISSOLO HÁPLICO)

QUADRO 8
CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS
Perfil 8

Horizonte	Profundidade cm	Cor Úmida	Textura	Estrutura	Consistência Seco/Úmido Molhado	Transição
GLEISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico “flúvico”						
Ap	0 – 11	5YR 3/3	Franco Argilo Arenosa	Forte Gde e Méd. Blocos Subangulares	Lig. Dura Firme Muito Plástica Lig. Pegaj.	Abrupta Plana
Cg	11 – 22	2,5Y 6/3	Franco Argilo Arenosa	Maciça	Lig. Dura Firme Muito Plástica Lig. Pegaj.	Abrupta Plana
2Ab	22 – 54	GLEI 1 4/N	Franco Arenosa	Maciça	Lig. Dura Firme Muito Plástica Lig. Pegaj.	Abrupta Plana
2Cgb	54+	2,5Y 6/1	Franco Arenosa	Maciça	ND	ND

OBS: Lig. = Ligeiramente; Pegaj. = Pegajosa; Gde = Grande; Méd. = Média; Peq. = Pequena, ND = Não Determinado.

O padrão de cores do perfil apresentou variação em conformidade com a seqüência de horizontes descrita. Ou seja, Ap e Cg por serem de pedogenização mais recente apresentaram cores com influências advindas, tanto da mobilização e mistura que constitui o material superficial do solo, quanto pelos sedimentos depositados em superfície pelo escoamento superficial oriundos da dinâmica geomorfológica das vertentes circunvizinhas; o perfil apresenta, ainda, transição entre horizontes sempre abrupta e plana.

Verifica-se que está presente na pedogênese deste solo um processo comum à formação dos Neossolos Flúvicos — a deposição de sedimentos —, sem, contudo, possuir os atributos necessários para classificá-lo com tal. Conforme define a EMBRAPA (1999:225), Neossolos Flúvicos são “solos derivados de sedimentos aluviais com horizonte A assentado sobre horizonte C constituído de camadas estratificadas, sem relação pedogenética entre si...”.

No caso aqui avaliado, não esta clara a presença de camadas de sedimentos aluviais estratificados ao longo de todo o perfil e, sim, a identificação de dois horizontes iniciais — Ap e Cg — sobrepostos aos horizontes 2Ab e 2Cgb. Este apresenta material estreitamente relacionado à composição textural verificada nos saprolitos de granito-gnaiss da região; e, aquele, está bastante escurecido pela concentração de matéria orgânica, indicando que houve condições ambientais em tempo pretérito para o acúmulo e maturação de tal horizonte que posteriormente veio a ser soterrado.

Daí, a opção por inserir no 4º Nível Categórico a designação “*flúvico*” ao invés de “típico” com o objetivo de qualificar esta contribuição do material mobilizado das vertentes e depositado nas calhas dos cursos d’água, a partir do qual se inicia um novo ciclo pedogenético.

A estrutura do horizonte Ap apresentou aspecto forte com blocos subangulares e os demais horizontes apresentaram estrutura maciça. A consistência dos agregados do solo quando úmida e molhada foi sempre firme, muito plástica e ligeiramente pegajosa.

Os teores de areia aumentam gradualmente à medida que se aprofunda o perfil. De modo análogo, mas assumindo que os valores encontrados para os horizontes 2Ab e 2Cgb são praticamente iguais, pode-se dizer que ocorre o inverso para os teores de argila total (TAB. 4). Em concordância com esta análise, as classes texturais variaram de franco-argilo-arenosa nos dois horizontes iniciais para franco-arenosa nos demais.

Essas condições físico-morfológicas tornam difíceis as práticas agropastoris, sendo necessária a drenagem das várzeas que, do ponto de vista ambiental, nem sempre é uma conduta adequada para o sistema ecológico predominante nessas áreas.

O solo em questão apresentou baixa saturação por bases (< 50%), portanto, distrófico. Ressalte-se que tal índice alcançou o patamar de 46,24% no horizonte Ap, o que pode ser creditado aos altos teores de K^+ (220 mg/dm³) e matéria orgânica (5,43 dag/kg) nesse horizonte (TAB. 5). Jorge (1972) e Lopes & Guilherme (1992) relatam que grande parte das cargas negativas do solo resultam da dissociação dos grupos OH presentes nos colóides orgânicos. Estas, por sua vez, são as responsáveis pela capacidade de troca de cátions favorecendo a melhoria das condições de fertilidade do solo.

Os valores de pH em H₂O deste solo apresentaram aumento em profundidade, passando de 5,24 no horizonte Ap a 5,78 em 2Cgb, indicando ser este solo moderadamente ácido, consoante com os padrões determinados pela EMBRAPA (1999). Exceção deve-se ao horizonte Ap em que o valor de pH situa-se em 5,24, sendo este classificado como fortemente ácido.

Trata-se, portanto, de classe de solo que possui algumas restrições ao uso. Em se tratando de uso agropastoril requer correção do pH e fertilização, além de drenagem para melhor aproveitamento de suas capacidades produtivas. Já a utilização dessas áreas com construções e loteamentos deve atentar para o fato de que são suscetíveis a inundações periódicas podendo trazer sérios riscos aos ocupantes. Assim, para as planícies fluviais, comumente denominadas de várzeas, e os solos que nelas ocorrem — os Gleissolos — o recomendado é que sejam mantidos, sempre que possível, como áreas de reserva para preservação dos mananciais hídricos e da biodiversidade inerentes às formações florestais que recobrem estas classes de solo.

PERFIL 9- LATOSSOLO VERMELHO Ácrico típico

Diferentemente dos perfis anteriores, situados nas proximidades da Serra Três Irmãos, este foi aberto em vertente localizada nos arredores da Serra da Moeda. O material de origem é proveniente da decomposição de xistos grafitosos, filitos, metassiltitos, metagrauvacas e quartzitos sericíticos (IGA, 1982). A fitofisionomia vegetal representativa para a região é a Savana Florestada (Cerradão) apresentando, também, aspectos de transição para Floresta Estacional Semidecídua. Atualmente, o uso preponderante é a pastagem com cultivo de *brachiaria*.

O perfil foi aberto em terço superior de encosta com relevo regional ondulado. O *solum* atingiu profundidade superior a 200 cm, sendo considerado muito profundo pelos padrões EMBRAPA (1999) (FIG. 7 e 16). A seqüência de horizontes descrita foi Ap-Bw1-Bw2-Bw3. A coloração dos mesmos manteve padrão comum em profundidade, sendo classificada como vermelha, havendo apenas variações de matiz: (2,5YR) para Ap e Bw1 e (10R) para Bw2 e Bw3 (QUADRO 9).

A textura também apresentou padrão uniforme — classe argila — para todo o perfil. Esse dado está condizente com os expressivos teores de argila constatados em laboratório. A análise dos resultados granulométricos permite apontar que a fração argila atinge índice igual ou superior a 50% nas amostras dos quatro horizontes investigados. Pela TAB. 4, pode-se observar inclusive que os teores de argila tendem a ligeiro aumento em profundidade, iniciando com 509,4 g/kg no horizonte A e chegando a 540 g/kg no Bw3. As demais frações — areia fina e silte — mantiveram certa uniformidade, sem grandes oscilações entre horizontes. A primeira com valores em torno de 190 a 200 g/kg e a segunda entre 235 e 250 g/kg. A exceção foi a fração areia grossa que apresentou decréscimo pouco significativo, mas regular com a profundidade, iniciando com 41,8 g/kg em Ap e terminando em 32,7 g/kg no Bw3 (TAB. 4).

A estrutura dos agregados do solo oscilou entre moderada e forte com blocos angulares e subangulares grandes e médios, apresentando também, estrutura granular média e pequena nos horizontes Ap e Bw1. A consistência úmida registrada para o horizonte Ap foi classificada como firme e podendo-se afirmar que possui relação direta com o conteúdo de matéria orgânica neste horizonte; uma vez que, nos demais passa a friável (Bw1) e muito friável (Bw2 e Bw3), concomitantemente ao decréscimo dos teores de M.O. (TAB. 5).

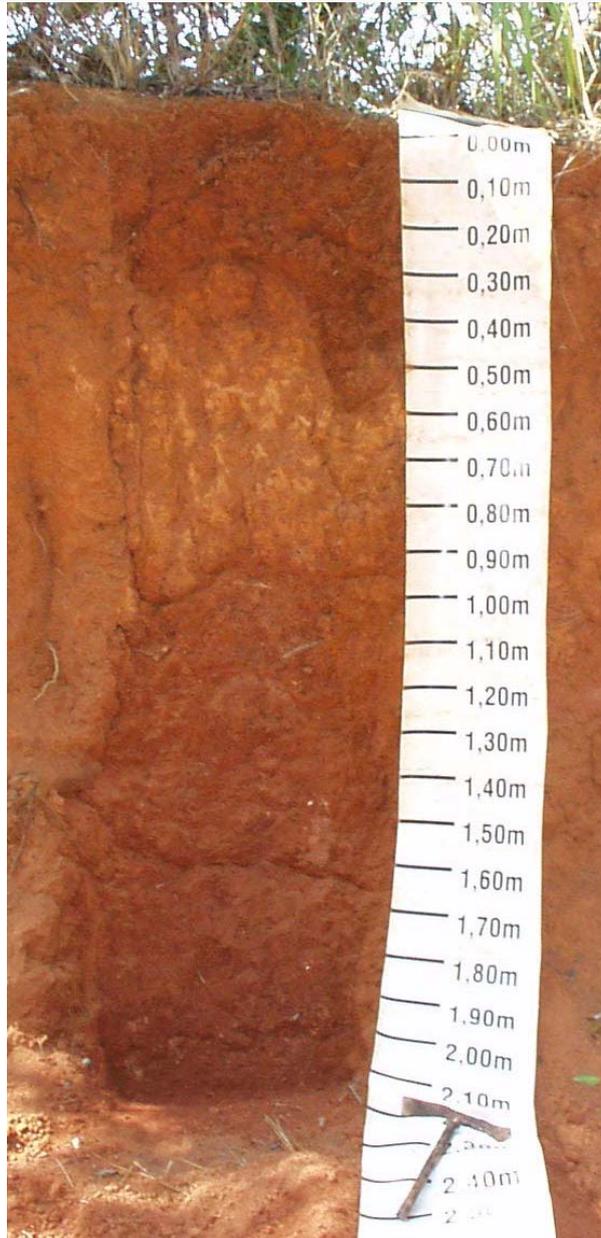


FIGURA 16: Fotos ilustrativas do Perfil 9 (LATOSSOLO VERMELHO). Na primeira foto à esquerda, vista geral da paisagem com a Serra da Moeda ao fundo. Na foto central, o perfil do Latossolo Vermelho.

QUADRO 9
CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS
Perfil 9

Horizonte	Profundidade cm	Cor Úmida	Textura	Estrutura	Consistência Seco/Úmido Molhado	Transição
LATOSSOLO VERMELHO Ácrico típico						
Ap	0 – 35	2,5YR 4/6	Argila	Moderada Méd. Blocos Subangulares Méd. e Peq. Granular	Lig. Dura Firme Lig. Plástica Pegaj.	Clara Irregular
Bw1	35 – 107	2,5YR 4/8	Argila	Moderada Gde Blocos Subangulares Méd. e Peq. Granular	Lig. Dura Friável Lig. Plástica Pegaj.	Clara Ondulada
Bw2	107 – 175	10R 4/8	Argila	Moderada Gde e Méd. Blocos Subangulares Gde Granular	Lig. Dura Muito Friável Lig. Plástica Pegaj.	Difusa Ondulada
Bw3	175 – 225+	10R 4/6	Argila	Forte Gde Blocos Angulares Méd. Blocos Subangulares	Lig. Dura Muito Friável Lig. Plástica Pegaj.	ND
OBS: Lig. = Ligeiramente; Pegaj. = Pegajosa; Gde = Grande; Méd. = Média; Peq. = Pequena, ND = Não Determinado.						

É possível notar que a argila presente neste Latossolo conferiu consistência pegajosa a todos os horizontes, inclusive no Ap que possui maior teor de matéria orgânica. Isso sugere que tal teor não foi suficiente para modificar esta característica física do solo, como era de se esperar. A pegajosidade se manifesta acentuadamente em solo argiloso quando molhado, sendo, entretanto, atenuada na presença de matéria orgânica (Jorge, 1972).

A análise da TAB. 4 permite observar que as porcentagens de argila dispersa em água decrescem em profundidade, fato que coaduna com o aumento do grau de flocculação

no mesmo sentido. A argila apresenta índice de floculação superior a 90% nos horizontes Bw2 e Bw3, mesmo este solo contendo teores consideráveis de areia fina e silte. Pode-se aventar, uma vez mais, a hipótese de que isso tenha ocorrido devido à presença na constituição do material do solo de óxidos hidratados de Fe que tendem a induzir a maior floculação das argilas (Paiva *et al.* 2000; Dufranc *et al.* 2004).

Os atributos físicos e morfológicos constatados — distribuição uniforme dos teores de argila no perfil, presença de estruturas granulares nos horizontes Ap e Bw1, consistência ligeiramente dura, ligeiramente plástica e pegajosa para todos os horizontes analisados, consistência firme no horizonte Ap correlacionada à presença de matéria orgânica — permitem concluir pela boa resistência deste solo ao acometimento de processos erosivos (Guerra & Botelho, 1998; Silva, 1999).

Avaliando-se os dados químicos extraídos das amostras de solo coletadas, conclui-se pelo avançado estágio de intemperismo deste Latossolo. Esta assertiva respalda-se, sobretudo, na baixa saturação por bases, acidez predominante e baixa CTC (Valor T). Tais caracteres têm sido demonstrados como comuns aos solos oxídicos e portadores de elevado grau de evolução pedogenética (Ker, 1997). Os valores da relação silte/argila corroboram com esta análise, uma vez que se situam no patamar (0,4) para os horizontes Bw — condizente ao esperado para solos evoluídos.

O caráter ácrico definido para este solo se baseia na constatação de que a soma das bases trocáveis (SB) mais Al^{3+} não ultrapassou 1,5 cmol/kg (TAB. 5), sendo determinado, ainda, pH (KCl) maior que 5,0 e delta pH positivo (TAB. 7), conforme preconiza EMBRAPA (1999).

TABELA 7

Determinação do delta pH - PERFIL 9 – LATOSSOLO VERMELHO Ácrico típico

Horizonte	pH		Delta pH pH (KCl) – pH (H ₂ O)
	KCl	H ₂ O	
Bw1	6,13	5,24	0,89
Bw2	6,27	6,08	0,19
Bw3	6,28	5,84	0,44

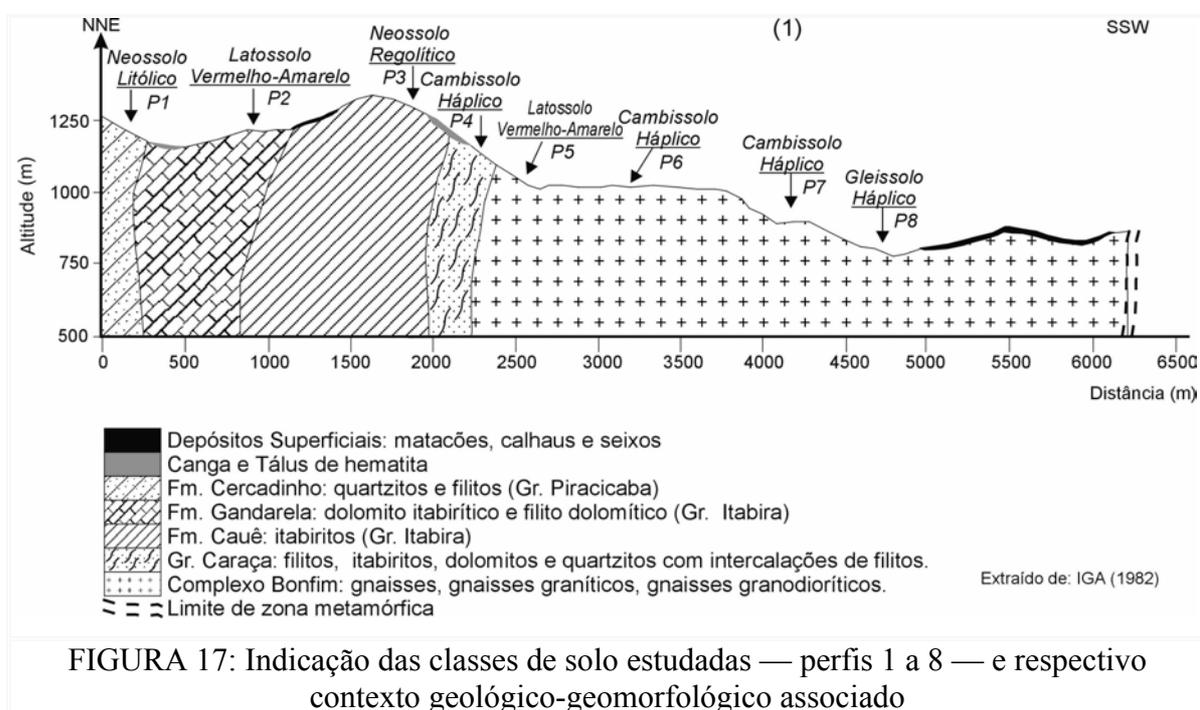
A que se ressaltar a elevação dos valores de pH do solo em profundidade, sobretudo, nos horizontes Bw2 e Bw3, os quais situam-se em torno de pH 6,0, podendo, neste caso, ser classificado o solo como moderadamente ácido (TAB. 5). Tal fato configura efeito do intemperismo isoelétrico, verificado em solos com avançado processo de lixiviação, em que o pH do solo tende a acompanhar o pH do ponto de carga zero (PCZ) dos óxidos de ferro (Mattson⁹ *apud* Ker, 1997). Valores semelhantes foram reportados por Ker (1997) para Latossolos Ferríferos descritos em Nova Lima-MG, sendo, portanto, área correlata à deste estudo.

⁹ MATTSON, S. The laws of soil colloidal behaviour, IX. Amphoteric reactions and isoelectric weathering. **Soil Sci.**, 2: 209-240, 1932.

6- ANÁLISE INTEGRADA: CLASSES DE SOLO — RELEVO — USO E OCUPAÇÃO

As análises percorridas nos tópicos anteriores permitem concluir que os fatores de formação — material de origem e relevo — tiveram atuação preponderante nas características físicas, químicas e morfológicas das classes de solo investigadas.

Nas áreas de relevo regional forte ondulado predominam os Neossolos e os Cambissolos, sendo, também, registrada a ocorrência de um perfil latossólico (Perfil 2 – FIG. 17 - Latossolo Vermelho-Amarelo Ácrico câmbico).



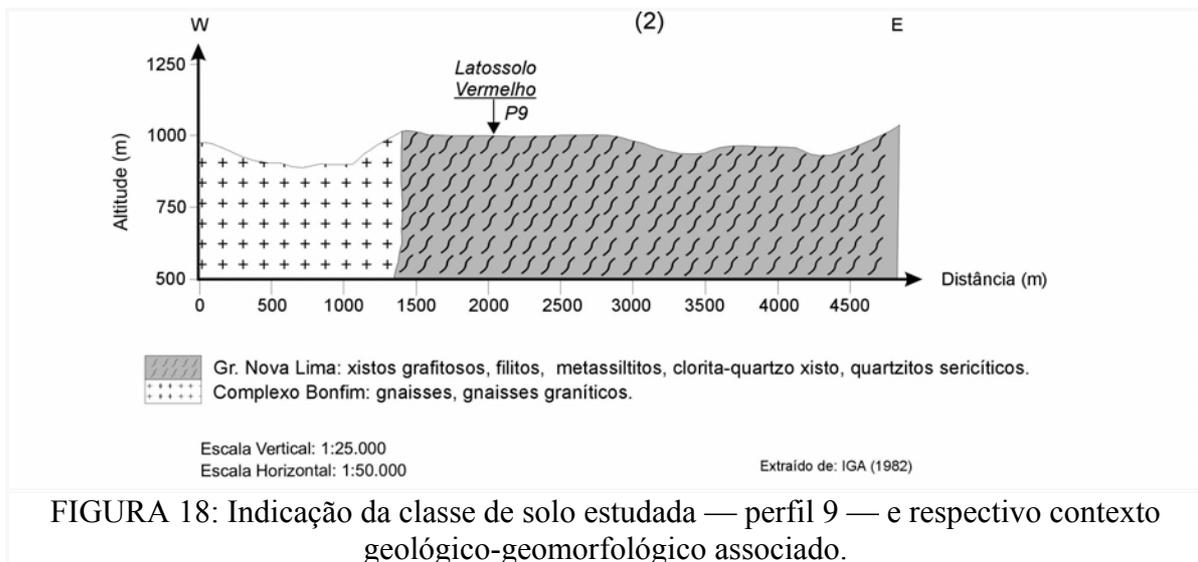
Os Neossolos (Perfis 1 e 3 – FIG. 17) apresentaram filiação e características correlacionadas ao substratos litológicos de origem, os quais imprimiram fortes influências na textura, estrutura, cor, morfologia e atributos químicos de tais solos. Como o próprio nome já indica, Neossolos são solos jovens que apresentam atributos físicos de fraco desenvolvimento, sendo, portanto, unidades ambientais frágeis. A diminuta espessura do horizonte “A” e, normalmente, os expressivos teores de areia e silte presentes nestes solos facilitam o rápido encharcamento dos mesmos. Uma vez desprovidos de vegetação protetora a tendência é a remoção dos horizontes superficiais “A e Cr” e o afloramento do substrato rochoso, causando descaracterização da paisagem e grande aporte de sedimentos que podem causar o assoreamento de cursos d’água próximos.

Os Cambissolos apesar de possuírem perfis mais espessos que os Neossolos também são considerados solos jovens, portanto, de evolução ainda incipiente. Os atributos físicos avaliados indicaram desenvolvimento fraco a moderado, presença de conteúdos elevados de areia fina e silte, sobretudo nos horizontes C e Cr — fato que os torna muito susceptíveis à erosão. Situados em área de relevo forte ondulado a ondulado com vertentes íngremes, esses Cambissolos estão sujeitos, se ocupados indevidamente, a forte incidência de escoamento pluvial superficial. Tendo em vista que o processo de ocupação de vertentes inicia-se, via de regra, com a retirada da cobertura vegetal, há profunda alteração das relações morfodinâmicas estabelecidas entre solo-vertente-vegetação. Segundo destaca Casseti (1991), a partir do desmatamento os solos são castigados duramente pela atuação direta dos raios solares, efeitos erosivos do escoamento superficial e aumento da velocidade dos ventos, favorecendo a dessolagem. Esses fatores vão desencadear o aumento do escoamento superficial e conseqüente redução da infiltração tornando essas áreas contribuintes em potencial de sedimentos para os cursos d'água e reservatórios, causando assoreamento e elevação da turbidez das águas superficiais. As áreas de Cambissolos configuram-se como unidades ambientais fragilizadas e que devem ser manejadas com base em um planejamento que contemple as limitações de uso e suscetibilidade erosiva inerentes a esta classe de solos.

Figueiredo *et al.*(2002) em estudo realizado em área de granito-gnaiss do Complexo Bação – Quadrilátero Ferrífero, relatam intensa ocorrência de processos erosivos, especialmente voçorocas, nos solos originados de tal substrato litológico. Morais *et al.* (2004) também atestaram esta suscetibilidade erosiva em testes efetuados em amostras de saprolitos de gnaiss dessa mesma região. Tais evidências fornecem indicativos que validam e consubstanciam os resultados apresentados nesta dissertação, especialmente em relação aos perfis 6 e 7 — Cambissolos desenvolvidos a partir de material granito-gnáissico do Complexo Bonfim.

No perfil 7 (Cambissolo Háplico Tb Distrófico típico), foram encontrados indícios de que a matriz originária de tal solo seja devida ao deslocamento de fragmentos de granito-gnaiss associado a material pré-intemperizado e depositado no sopé da vertente.

Os Latossolos (Perfil 5 - FIG. 17 e Perfil 9 – FIG.18) ocorrem em área de relevo regional ondulado apresentando processo de latossolização avançado com perfis superando 200 cm de profundidade. Nestes casos, a identificação da filiação dos “*pedons*” ao material de origem tornou-se mais complicada devido ao avançado estágio de intemperismo dos mesmos.



Exceção pode ser dita em relação ao perfil 2 (Latosolo Vermelho-Amarelo Ácrico câmbico) que, embora localizado em área dominada por relevo forte ondulado, desenvolveu-se na parte superior da encosta — em área de topo com ligeira convexidade. Essas condições particulares do relevo associadas a um material de origem menos resistente ao intemperismo (substrato oriundo da decomposição dos dolomitos itabiríticos e filitos dolomíticos), drenagem interna do solo favorável à infiltração da água em detrimento do escoamento superficial e o predomínio de maior taxa de pedogênese em relação à remoção do material do solo permitiram a ocorrência de condições favoráveis de pedogênese; fatores esses que possibilitaram o avanço da frente de intemperismo e o desenvolvimento de solo mais profundo que o esperado para a região — Neossolos e Cambissolos.

No perfil 5 (Latosolo Vermelho-amarelo Distrófico típico), as dúvidas acerca da filiação — material de origem-solo, foram mais severas. Identificou-se dois conjuntos de alterações distintos indicados pelas variações de cor e descontinuidade granulométrica entre os conjuntos de horizontes: Bw2/Bw3 e Bw4/Bw5. Duas interpretações são possíveis para o fato: (i) as alterações de coloração entre os conjuntos são devidas a um sistema diferenciado de drenagem interna do perfil, o qual propiciou em um dado conjunto o predomínio da via goethítica (colorações brunadas e amareladas) e no outro maior influência da via hematítica (colorações de vermelho intenso); (ii) trata-se de material alóctone, pré-intemperizado, sendo o conjunto (Bw4/Bw5) com forte influência de compostos de ferro deslocados das partes superiores da vertente. Tais compostos de ferro

influenciaram no elevado grau de floculação do solo, uma vez que estes, quando hidratados, possuem forte poder de agregação das partículas coloidais.

Baseado nas análises físicas apresentadas (TAB. 4) pode-se afirmar que pela descontinuidade granulométrica verificada entre os dois conjuntos, o material do conjunto subjacente é alóctone e, portanto, diverso do substrato litológico identificado no mapeamento geológico do IGA (1982) para o local, o qual está referenciado como gnaíse granítico pertencente ao Complexo Bonfim (FIG. 17).

Os *pedons* latossólicos constituem unidades mais resistentes à instalação de processos erosivos, pois possuem características pedogenéticas mais desenvolvidas, principalmente, as relativas à estruturação dos agregados do solo, textura e consistência. Contudo, o uso e ocupação desordenado através de desmatamento e obras de infraestrutura (*e.g.*: construção de estradas) podem expor horizontes subsuperficiais com menor grau de resistência à erosão conduzindo à instalação de processos erosivos que podem evoluir para feições de grande degradação da paisagem, tais como as voçorocas comumente encontradas em algumas áreas de Latossolos.

Na área de relevo plano (estreita planície fluvial do córrego do Feijão) identificou-se a classe dos Gleissolos. No caso em estudo, tal solo (Perfil 8 – FIG. 17 - Gleissolo Háplico) apresentou dois horizontes soterrados (2Ab e 2Cgb). Tal fato pode ser interpretado como advindo da dinâmica hidrogeomorfológica das vertentes condicionando um novo ciclo de pedogênese neste solo que passou a ter dois horizontes desenvolvidos a partir do material remobilizado que recobriu os anteriormente existentes. Optou-se por inserir no 4º Nível Categórico a designação “flúvico” para caracterizar esta particularidade verificada no estudo deste perfil de Gleissolo; e, obviamente, por não haver no Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 1999) uma classificação adequada para a situação.

As planícies fluviais — onde ocorrem os Gleissolos — constituem a zona de deposição dos sedimentos carreados das vertentes. Nas regiões em que o relevo caracteriza-se por possuir vertentes íngremes essas estreitas planícies são largamente utilizadas para práticas agropecuárias, devido à sua aptidão natural para esta finalidade. Entretanto, em alguns casos, podem apresentar sérios riscos de inundações inviabilizando a instalação de infra-estruturas e residências, bem como a utilização agropecuária no período das chuvas. A proximidade do fluxo de água subterrâneo exige cuidado redobrado na implantação de fossas sanitárias e na aplicação de agroquímicos, os quais podem contaminar o solo e as águas (Souza & Fernandes, 2000). Aliado a isso, neste segmento da

paisagem, a norma legislativa (Lei 4.771/1965 – Código Florestal Brasileiro e alterações efetuadas pela Medida Provisória nº 2166-67/2001) prevê a preservação irrestrita a vegetação ciliar cuja extensão em cada margem do curso d'água é estabelecida de acordo com a largura do mesmo.

Todos os solos estudados apresentaram acidez elevada, baixa saturação por bases, sendo, em muitos casos, classificados como distróficos. Alguns perfis apresentaram ainda altos índices de saturação por alumínio. Merece destaque, também, a forte influência exercida pela matéria orgânica na pigmentação dos horizontes superficiais dos solos.

Tratam-se, portanto, de solos com sérias restrições ao uso agropecuário, necessitando de correção da acidez e aplicação de grandes quantias de fertilizantes para se atingir um mínimo de produtividade. Contudo, a topografia desfavorável à produção agropecuária, mas de grande beleza cênica, e a proximidade com a frente de expansão urbana do vetor sul de Belo Horizonte torna a região um atrativo natural à ocupação por loteamentos e condomínios; fato que vem ocorrendo continuamente e já atestado, conforme os estudos desenvolvidos por Santana (1998) e IBRAM (2003).

Os solos aqui estudados, componentes da paisagem do vetor sul da RMBH, são unidades ambientais que apresentam fragilidades, sobretudo no quesito suscetibilidade à erosão. Isso porque: Neossolos e Cambissolos apresentam altas quantidades de frações granulométricas grossas (areia, areia fina e silte), fraca estruturação física da maioria dos solos pelo incipiente desenvolvimento dos mesmos, horizontes superficiais rasos e um relevo regional caracterizado por vertentes íngremes e extensos comprimentos de rampa. Os Latossolos — mais desenvolvidos e de estruturação física consistente — e os Gleissolos — situados em compartimentos da paisagem menos suscetíveis a erosão, requerem planejamento do uso e adoção de técnicas de manejo adequadas às particularidades da região, uma vez que a tendência de sua ocupação pressupõe desmatamentos e instalação de obras de engenharia civil podendo gerar condições propícias à instalação de processos erosivos. Os estudos conduzidos por Morais *et al.* (2004) na borda sul do Complexo Bação – Quadrilátero Ferrífero, em área constituída por embasamento granito-gnáissico cronocorrelato ao Complexo Bonfim, indicam uma forte tendência a erodibilidade dos saprolitos quando alcançados por processos de erosão superficial e subsuperficial, especialmente, os que conduzem à formação de voçorocas (e.g.: fluxo superficial concentrado, erosão por *piping*, solapamentos, etc...).

7- CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir da caracterização química, física (granulometria) e morfológica de nove perfis de solo dispostos em dois transectos geomorfológicos, buscou-se atestar aspectos relacionados à interação entre material de origem – solo e qualificar a suscetibilidade erosiva dos solos estudados com vistas a subsidiar futuros projetos de planificação ambiental em parte do eixo sul da RMBH nos arredores da Serra Três Irmãos e da Serra da Moeda – Quadrilátero Ferrífero/MG.

Observou-se que nem sempre há conexão direta entre a litologia descrita pelo mapeamento geológico da região (IGA, 1982) e o que se verifica em campo. De forma geral, predomina como material de origem dos solos estudados, um substrato advindo do intemperismo das diversas litologias mapeadas.

Nos compartimentos caracterizados por relevo forte ondulado, avaliou-se perfis de Neossolos Litólico e Regolítico e dois Cambissolos nos quais, via de regra, é possível verificar correlação entre o solo e o material de origem. Contudo, no perfil 7 (Cambissolo Háplico), situado em local de ruptura de declive, foi identificado material alóctone, deslocado dos compartimentos a montante e depositado no sopé da vertente. As classes citadas constituem solos pouco desenvolvidos e apresentam alta suscetibilidade erosiva devido aos expressivos teores de areia fina e silte presentes na composição granulométrica e à posição que ocupam na paisagem (vertentes íngremes e, normalmente, com extensos comprimentos de rampa). Tais classes de solo são problemáticas do ponto de vista da ocupação, uma vez que estão situadas nos compartimentos da paisagem onde, preferencialmente, têm-se instalado os loteamentos e condomínios em expansão no vetor sul da RMBH.

Para os Latossolos a identificação do material de origem tornou-se bastante complicada tendo em vista o avançado estágio de intemperismo desses solos. Contudo, descontinuidades granulométricas verificadas nas análises físicas do perfil 5 (LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO) e variações de cores ao longo do perfil possibilitaram identificar como alóctone o material de origem desse *pedon*. Os perfis latossólicos estudados apresentaram melhor desenvolvimento das características físicas, sendo mais resistentes à erosão. Entretanto, as condições de relevo forte ondulado dominantes regionalmente requerem planejamento adequado para a ocupação dessas unidades pedológicas, uma vez que instalado o processo erosivo há forte tendência em

atingir o saprolito e, com isso, evoluir para feições erosivas com fortes impactos negativos, como ravinas e voçorocas.

O perfil de Gleissolo descrito apresentou dois horizontes soterrados (2Ab e 2Cgb) oriundos de dinâmica hidrogeomorfológica das vertentes conectadas ao curso fluvial; fato que conduziu à opção por se inserir no 4º Nível Categórico a designação “*flúvico*” (GLEISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico *flúvico*), ao invés de “típico”, com o objetivo de qualificar a contribuição do material mobilizado das vertentes e depositado na calha dos cursos d’água, a partir do qual se inicia um novo ciclo pedogenético.

Em relação às características químicas, as classes de solo analisadas apresentaram elevada acidez, baixa saturação por bases – distrofismo e altos índices de saturação por alumínio no perfil 4 (Cambissolo Háplico), perfil 5 (Latosolo Vermelho-Amarelo) e perfil 6 (Cambissolo Háplico).

A frente de ocupação que avança pela região ao sul da RMBH, onde se desenvolveu este estudo, pressupõe operações de desmatamento, loteamentos e criação de condomínios; tais atividades devem ser planejadas com critérios técnico-científicos, baseados na identificação das fragilidades das unidades pedológicas (características físicas, químicas e pedogenéticas) e sua posição na paisagem, sob pena de se desencadearem sérios prejuízos futuros dada a suscetibilidade erosiva de grande parte dos solos da área em questão.

A técnica de disposição de perfis de solo em transectos geomorfológicos associada com as análises químicas, físicas e descrição morfológica dos solos apresentam-se como uma alternativa a ser utilizada quando se deseja fazer uma avaliação pedogenética de solos em áreas representativas de um contexto geológico-geomorfológico regional, obtendo-se dados significativos sobre seu estágio evolutivo e suscetibilidade erosiva, que são ferramentas importantes para o planejamento ambiental.

8- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRAHÃO, W. A. P.; MELLO, J. W. V. de. Fundamentos de Pedologia e Geologia de interesse no processo de recuperação de uma área degradada. In: DIAS, L. E.; MELLO, J. W. V. de (Ed.). **Recuperação de áreas degradadas**. Viçosa, MG: UFV, 1998. p. 15-26.

ALKMIM, F. F.; MARSHAK, S. Transamazonian Orogeny in the Southern São Francisco Craton Region, Minas Gerais, Brasil: evidence for Paleoproterozoic collision and collapse in the Quadrilátero Ferrífero. **Precambrian Research**, Amsterdam, v. 90, n.1/2, p. 29-58, 1998.

ALMEIDA, F. F. M. O Cráton do São Francisco. **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, v. 7, n. 4, p. 349-364, 1977.

ALMEIDA, M.N. **Potencial hídrico e quadro geo-ambiental como suportes ao gerenciamento dos recursos hídricos na bacia do rio Paraopeba – MG**. 1999. 112 f. Dissertação (Mestrado em Geografia - Análise Ambiental) – Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

BARBOSA, A. L. M. **Contribuições recentes à geologia do Quadrilátero Ferrífero**. Ouro Preto: UFOP-Escola de Minas, 1968. 68 p.

BOCKHEIM, J. G.; GENNADIYEV, A. N.; HAMMER, R. D.; TANDARICH, J. P. Historical development of key concepts in pedology. **Geoderma**, Amsterdam, v. 124, p. 23-36, 2005. Available from <<http://www.elsevier.com/locate/geoderma>>. Cited: 20 apr. 2005.

BRANDÃO, M; FERREIRA, P. B. D.; ARAÚJO, M. G. Mais uma contribuição para o conhecimento da Cadeia do Espinhaço em Minas Gerais – VI: Serra do Rola Moça. **Revista Daphane**, Belo Horizonte, v. 7, n. 4, p. 50-64, 1997.

BUCKMAN, H. O.; BRADY, N. C. Formação, classificação e pesquisa de solos. In: _____. **Natureza e propriedade dos solos**. Tradução de Antônio B. Neiva Figueiredo Filho. 2. ed. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 1968. cap. XII, p. 329-374. (Compêndio Universitário sobre Edafologia).

BUOL, S.W.; HOLE, F.D.; McCRAKEN, R.J. **Soil genesis and classification**. Iowa: The Iowa State University Press, Ames, 1989. 3. ed. 446 p.

CARNEIRO, M. A. **O Complexo Metamórfico Bonfim Setentrional (Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais):** litoestratigrafia e evolução geológica de um segmento de crosta continental do Arqueano. 1992. 233 f. Tese (Doutorado em Geoquímica e Geotectônica) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo.

CASSETI, V. **Ambiente e apropriação do relevo.** São Paulo: Contexto, 1991. 137 p.

CAVAGUTI, N. Análise global da erosão linear na área urbana de Bauru-SP. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE CONTROLE DE EROSÃO, 5, 1995, Bauru. **Anais...** Bauru: Boletim de Campo, 1995, p. 301-304.

CHAVES, H. M. L. Método estocástico para a estimativa da erosão em sulcos e voçorocas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 18, p. 285-294, 1994. CD ROM.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia.** São Paulo: Edgard Blücher, 1974. 149 p.

DANIELS, R. B.; HAMMER, R. D. Time and soil formation. In: _____. **Soil geomorphology.** Toronto: J. Wiley & Sons, 1992. cap. 14, p. 195-202.

DAHLGREN, R. A.; BOETTINGER, J. L.; HUNTINGTON, G. L.; AMUNDSON, R. G. Soil development along an elevational transect in the western Sierra Nevada, California. **Geoderma**, Amsterdam, v. 78, p. 207-236, 1997.

DEMATTÊ, J. L. I.; MAZZA, J. A.; DEMATTÊ, J. A. M. Caracterização e gênese de uma toposseqüência de latossolo amarelo-podzol originado de material da Formação Barreiras – Estado de Alagoas. **Scientia agricola**, Piracicaba, v. 53, n. 1, p. 20-30, jan./abr. 1996.

DIAS, L. E. Caracterização de substratos para fins de recuperação de áreas degradadas. In: DIAS, L. E.; MELLO, J. W. V. de (Ed.). **Recuperação de áreas degradadas.** Viçosa, MG: UFV, 1998. p. 27-44.

DIAS, H. C. T.; SCHAEFER, C. E. G. R.; FERNANDES FILHO, E. I.; MICHEL, R. F. M.; LEMOS JR., J. B. Caracterização de solos altimontanos em dois transectos no Parque Estadual do Ibitipoca (MG). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v.27, n. 2, p. 469-481, 2003.

DORR II, J. V. N.; GAIR, J. E.; POMERONE, J. B.; RYENEARSON, G. A. **Revisão Estratigráfica Pré-Cambriana do Quadrilátero Ferrífero.** Rio de Janeiro, DNPM/DFPM, 1957, 36 p. (Avulso 81).

DUCHAUFOR, P. **Pedology**: pedogenesis and classification. Translated by T. R. Paton. London: George Allen, 1982. 448 p. Translation of: *Pédologie: pédogenèse et classification*.

DUFRANC, G.; DECHEN, S. C. F.; FREITAS, S. S.; CAMARGO, O. A. Atributos físicos, químicos e biológicos relacionados com a estabilidade de agregados de dois latossolos em plantio direto no estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v.28. n. 3, p. 505-517, 2004.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro, 1997. 211 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: EMBRAPA-SPI, 1999. 412 p.

ESCHENBRENNER, V. Contribution des termites à la micro-agrégation des sols tropicaux. **Cahiers ORSTOM**, Bondy, v. XVII, n. 4, p. 397-408, 1986. (Sér. Pedol.).

FIGUEIREDO, M. A.; VARAJÃO, A. F. D. C.; FABRIS, J. D.; LOUTFI, I. S. Aspectos pedogeomorfológicos e mineralógicos de uma topossequência de solos gnáissicos no Complexo Bação – Quadrilátero Ferrífero, MG, Brasil. **Pesquisas em Geociências**, Porto Alegre, v. 29, n. 1, p. 3-12, 2002.

FERNANDEZ CALDAS, E.; TEJEDOR SALGUEIRO, M. L.; QUANTIN, P. Séquence climatique des sols anciens de la région septentrionale de Ténérife (Îles Canaries). 1^{ère} partie: caractéristiques morphologiques et physico-chimiques. **Cahiers ORSTOM**, Bondy, v. XVII, n. 1, p. 37-46, 1979. (Sér. Pedol.).

FUNDAÇÃO CENTRO TECNOLÓGICO DE MINAS GERAIS - CETEC. **Diagnóstico Ambiental do Estado de Minas Gerais**. Belo Horizonte: CETEC, 1983. p. 50-64. (Série Publicações Técnicas, n. 10, v. 1).

FURIAN, S.; BARBIÉRO, L.; BOULET, R.; CURMI, P.; GRIMALDI, M.; GRIMALDI, C. Distribution and dynamics of gibbsite and kaolinite in an oxisol of Serra do Mar, Southeastern Brazil. **Geoderma**, Amsterdam, v. 106, p. 83-100, 2002. Available from <<http://www.elsevier.com/locate/geoderma>>. Cited: 20 may. 2005.

GALETI, P. A. **Guia do técnico agropecuário**: solos. Campinas: Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 1989. 142 p.

GRAY, J. M.; MURPHY, B. W. **Parent material and soils**: a guide to the influence of parent material on soil distribution in Eastern Australia. Sidney: DLWC-NSW, 1999. 96 p. (Technical report, 45). Available from <http://www.dlwc.nsw.gov.au/care/soil_pubs/parent_material.html>. Cited: 07 mar. 2005.

GRAY, J. M.; MURPHY, B. W. **Parent material and soil distribution**. Sydney: Australian Association of Natural Resource Management, 2002a. v. 5, n.1. 12 p.

GRAY, J. M.; MURPHY, B. W. Parent material and word soil distribution. In: WORLD CONGRESS OF SOIL SCIENCE, 17th, 2002b, Bangkok, Thailand. **Proceedings...** Bangkok: IUSS-International Union of Soil Scienses, 2002b. 2215/1-14.

GUERRA, A. J. T. O início do processo erosivo. In: GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S. da; BOTELHO, R. G. M. (Org.). **Erosão e Conservação dos Solos**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999. cap. 1, p. 17-55.

GUERRA, A. J. T.; BOTELHO, R. G. M. Erosão dos solos. In: CUNHA, S. B.; GUERRA, A. J. T. (Org.). **Geomorfologia do Brasil**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1998. cap. 5, p. 181-227.

HUGGETT, R. J. Soil landscape systems: a model of soil genesis. **Geoderma**, Amsterdam, v. 13, p. 1-22, 1975. Available from <<http://www.elsevier.com/locate/geoderma>>. Abstracts. Cited: 20 apr. 2005.

HSU, P. H. Aluminum oxides and oxyhydroxides. In: DIXON, J. B. & WEED, S. B. (Ed.). **Minerals in soil enviroments**. 2. ed. Madison, USA: SSSA, 1989. cap. 7, p. 331-378. (SSSA Book Series: 1)

INSTITUTO BRASILEIRO DE MINERAÇÃO – IBRAM. **Contribuição do IBRAM para o zoneamento ecológico-econômico e o planejamento ambiental dos municípios integrantes da APA-Sul RMBH**: Brumadinho-MG. V.1, Memorial descritivo, 2003. 228p. CD-ROM.

INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS APLICADAS – IGA (Belo Horizonte, MG). **Brumadinho – MG**. Mapa Geológico. Belo Horizonte, 1982. Escala 1:50.000.

JAHREN, A. H. Factors of soil formation: biota. In: HILLEL, D.; ROSENZWEIG, C.; POWLSON, D.; SCOW, K.; SINGER, M.; SPARKS, D. (Ed.). **Encyclopedia of soils in the environment**. New York: Academic Press, 2005, p. 507-512. Available from <<http://www.jhu.edu/~eps/faculty/jahrenBiota.pdf.html>>. Cited: 07 mar. 2005.

JENNY, H. **The soil resource**: origin and behavior. New York: Springe-Verlog, 1980. 377p. (Ecological Studies, v. 37).

JORGE, J. A. Gênese do solo. In: _____. **Solo**: manejo e adubação. 2. ed. São Paulo: Nobel, 1983. cap. 11, p. 165-188. (Compêndio de Edafologia).

JORGE, J. A. Matéria Orgânica. In: MONIZ, A. C. (Coord.). **Elementos de pedologia**. São Paulo: Polígono, 1972. cap. 13, p. 169-177.

KER, J. C. Latossolos do Brasil: uma revisão. **Geonomos**, Belo Horizonte, v.5, n. 1, p. 17-40, jul. 1997.

LADEIRA, E. A. **Metallogenesis of gold at the Morro Velho Mine in the Nova Lima District, Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brazil**. 1980. 272 f. Tese (Doctor of Philosophy) – University of Western Ontario – Faculty of Graduate Studies, London, Ontario, UK.

LEMONS, R. C. & SANTOS, R. D. **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. 3. ed. Campinas: SBCS/CNPS, 1996. 83 p.

LOPES, A. S. & GUILHERME, L. R. G. **Interpretação de análise do solo**: conceitos e aplicações. 3. ed. São Paulo: ANDA, 1992. 45 p. (Boletim Técnico, 2).

LULLI, L.; BIDINI, D.; QUANTIN, P. A clima and litho soil-sequence on the Vico volcano (Italy). **Cahiers ORSTOM**, Bondy, v. XXIV, n. 1, p. 49-60, 1988. (Sér. Pédol.).

MAFRA, N. M. C. Erosão e planificação de uso do solo. In: GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S. da; BOTELHO, R. G. M. (Org.). **Erosão e Conservação dos Solos**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999. cap. 9, p. 301-322.

MARQUES JÚNIOR, J.; CURI, N.; LIMA, J. M. Evolução diferenciada de latossolo vermelho-amarelo e latossolo vermelho-escuro em função da litologia gnáissica na região de Lavras (MG). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 16, p. 235-240, 1992. CD ROM.

MERWE, G. M. E. van der; LAKER, M. C.; BÜHMANN, C. Factors that govern the formation of melanic soils in South Africa. **Geoderma**, Amsterdam, v. 107, n. 3, p. 165-176, 2002.

MINERAÇÕES BRASILEIRAS REUNIDAS – MBR. **MBR & Comunidade**: cidades onde atuamos – Brumadinho (MG). s.d. Disponível em: <http://www.mbr.com.br/comunidade/ondeatuamos_brumadinho.asp>. Acesso em: 25/05/2005.

MIRANDA, E. E. de. (Coord.). **Brasil em Relevo**. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite. 2005. Disponível em: <<http://www.relevobr.cnpm.embrapa.br>>. Acesso em: 05/12/2006.

MORAIS, F.; BACELLAR, L. A. P.; SOBREIRA, F. G. Análise da erodibilidade de saprolitos de gnaiss. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 28, n. 6, p. 1055-1062, 2004.

NOCE, C. M. **Geocronologia dos eventos magmáticos, sedimentares e metamórficos na região do Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais**. 1995. 128 f. Tese (Doutorado em Geoquímica e Geotectônica) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo.

OLIVEIRA, C. V. **Atributos químicos, mineralógicos e micromorfológicos, gênese e uso de solos do Projeto Jaíba, Norte de Minas Gerais**. 1999. 161 f. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa - MG.

OLIVEIRA, J. B. Fatores de formação. In: MONIZ, A. C. (Coord.). **Elementos de pedologia**. São Paulo: Polígono, 1972a. cap. 23, p. 275-288.

OLIVEIRA, J. B. Processos pedogenéticos. In: MONIZ, A. C. (Coord.). **Elementos de pedologia**. São Paulo: Polígono, 1972b. cap. 26, p. 325-334.

OLIVEIRA, J. B.; JACOMINE, P. K. T.; CAMARGO, M. N. **Classes gerais de solos do Brasil**: guia auxiliar para seu reconhecimento. 2. ed. Jaboticabal: FUNEP, 1992. 201 p.

OLIVEIRA, M. A. T. Processos erosivos e preservação de áreas de risco de erosão por voçorocas. In: GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S. da; BOTELHO, R. G. M. (Org.). **Erosão e Conservação dos Solos**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999. cap. 2, p. 57-99.

OSAKI, F. Rochas, solo, calagem e gessagem. In: _____. **Calagem & adubação**. 2 ed. rev. e amp. Curitiba: Instituto Brasileiro de Ensino Agrícola, 1991. cap. 1, p. 1-27.

PAIVA, A. Q.; SOUZA, L. S.; RIBEIRO, A. C.; COSTA, L. M da. Propriedades físico-hídricas de solos de uma topossequência de tabuleiro do estado da Bahia. **Pesq. Agropec. Bras.**, Brasília, v. 35, n. 11, p. 2295-2302, nov. 2000.

- PATON, T. R. **The formation of soil material**. London: George Allen, 1978. 143 p.
- PENNOCK, D. J.; ZEBARTH, B. J.; DE JONG, E. Landform classification and soil distribution in Hummocky Terrain, Saskatchewan, Canada. **Geoderma**, Amsterdam, v. 40, p. 297-315, 1987. Available from <<http://www.elsevier.com/locate/geoderma>>. Abstracts. Cited: 20 apr. 2005.
- PHILLIPS, D. H.; FOSS, J. E.; STILES, C. A.; TRETTIN, C. C.; LUXMOORE, R. J. Soil-landscape relationships at the lower reaches of a watershed at Bear Creek near Oak Ridge, Tennessee. **Catena**, Amsterdam, v. 44, n. 3, p. 205-222, jun. 2001.
- RENGER, F. E.; NOCE, C. M.; ROMANO, A. W. & MACHADO, N. Evolução sedimentar do Supergrupo Minas: 500 Ma. de registro geológico no Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brasil. **Geonomos**, Belo Horizonte, v. 2, n. 1, p. 1-11, jul. 1994.
- RESENDE, M.; CURI, N.; REZENDE, S. B.; CORRÊA, G. F. Gênese: aspectos gerais. In: _____. **Pedologia**: base para distinção de ambientes. Viçosa, MG: NEPUT, 1995. cap. 5, p. 113-132.
- SALOMÃO, F. X. T. Controle e prevenção dos processos erosivos. In: GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S. da; BOTELHO, R. G. M. (Org.) **Erosão e Conservação dos Solos**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999. cap. 7, p. 229-267.
- SANTANA, I. L. **Monitoramento das alterações do uso e ocupação da terra através do sensoriamento remoto orbital na porção sul da Região Metropolitana de Belo Horizonte**: a técnica composição colorida multitemporal. 1998. 48 f. Monografia (I Curso de Especialização em Geoprocessamento) - Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.
- SCHULTZ, L. A. **Métodos de conservação do solo**. 3. ed. Porto Alegre: Sagra, 1983. 74p.
- SILVA, A. C. & VIDAL-TORRADO, P. Gênese dos latossolos húmicos e sua relação com a evolução da paisagem numa área cratônica do sul de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 23, p. 329-341, 1999.
- SILVA, A. C.; VIDAL-TORRADO, P.; MARTINEZ CORTIZAS, A.; GARCIA RODEJA, E. Solos do topo da Serra São José (Minas Gerais) e suas relações com o paleoclima no sudeste do Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 28, n. 3, p. 455-466, maio/jun. 2004.

SILVA, A. S. da. Análise morfológica dos solos e erosão. In: GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S. da; BOTELHO, R. G. M. (Org.). **Erosão e Conservação dos Solos**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999. cap. 3, p. 101-126.

SOUZA, C. G.; MAILLARD, P. Mapeamento das formações ribeirinhas de três sub-bacias hidrográficas do município de Brumadinho-MG. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CARTOGRAFIA, 21., 2003, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: Sociedade Brasileira de Cartografia, 2003. CD-ROM.

SOUZA, E.R.; FERNANDES, M.R. Sub-bacias hidrográficas: unidades básicas para o planejamento e a gestão sustentáveis das atividades rurais. In: **Informe Agropecuário**, Belo horizonte, v. 21, n. 207, p.15-20, nov./dez. 2000.

SOUZA, Z. M.; LEITE, J. M.; BEUTLER, A. N. Comportamento de atributos físicos de um latossolo amarelo sob agroecossistemas do Amazonas. **Eng. Agríc.**, Jaboticabal, v. 24, n.3, p. 654-662, set/dez. 2004. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/eagri/v24n3/17v24n3.pdf>. Acesso em: 30/03/2006.

TERAMOTO, E. R.; LEPSCH, I. F.; VIDAL-TORRADO, P. Relações solo, superfície geomórfica e substrato geológico na microbacia do Ribeirão Marins (Piracicaba – SP). **Scientia agrícola**, Piracicaba, v. 58, n. 2, p. 361-371, abr./jun. 2001.

UHLEIN, A. & OLIVEIRA, H. A. História geológica do Quadrilátero Ferrífero. **Ciência Hoje**, v. 27, n. 160, p. 68-71, 2000.

VELOSO, H.P.; RANGEL FILHO, A.L.R.; LIMA, J.C.A. **Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal**. Rio de Janeiro: IBGE, 1991. 123 p.

VIDAL-TORRADO, P. & LEPSCH, I. F. Relações material de origem/solo e pedogênese em uma seqüência de solos predominantemente argilosos e latossólicos sobre psamitos na Depressão Periférica Paulista. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 23, p. 357-369, 1999.

WALKER, P. H. & BUTLER, B. E. Fluvial process. In: **Soils: an Australian viewpoint**. London: Academic Press/ CSIRO, 1983. cap. 6, p. 83-90.