

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA
MESTRADO

ADRIANE NUNES PEREIRA

**CARACTERIZAÇÃO FÍSICA, QUÍMICA E MINERALÓGICA
DOS SOLOS EM UMA VERTENTE DO PARQUE MUNICIPAL
DAS MANGABEIRAS – QUADRILÁTERO FERRÍFERO (MG).**

Belo Horizonte/MG

Novembro/2014

CARACTERIZAÇÃO FÍSICA, QUÍMICA E MINERALÓGICA DOS SOLOS EM UMA VERTENTE DO PARQUE MUNICIPAL DAS MANGABEIRAS – QUADRILÁTERO FERRÍFERO (MG).

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia e Análise Ambiental do Instituto de Geociências da Universidade Federal de Minas Gerais, para obtenção do título de Mestre em Geografia.

Área de concentração: Análise Ambiental

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

Belo Horizonte
Instituto de Geociências da UFMG
Novembro/2014

P436c
2014

Pereira, Adriane Nunes.

Caracterização física, química e mineralógica dos solos em uma vertente do Parque Municipal das Mangabeiras – Quadrilátero Ferrífero (MG) [manuscrito] / Adriane Nunes Pereira. – 2014.

xiii, 70 f., enc.: il. (principalmente color.)

Orientadora: Cristiane Valéria de Oliveira.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Geociências, 2014.

Área de concentração: Análise Ambiental.

Bibliografia: f. 61-70.

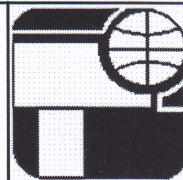
1. Solos – Análise – Teses. 2. Solos – Classificação – Teses. 3. Quadrilátero Ferrífero (MG) – Teses. I. Oliveira, Cristiane Valéria de. II. Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Geociências. III. Título.

CDU: 631.4(815.1)



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA



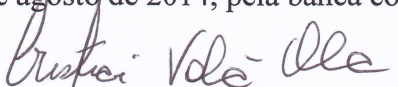
FOLHA DE APROVAÇÃO

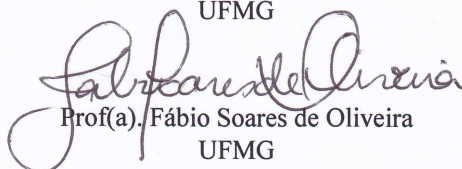
CARACTERIZAÇÃO FÍSICA, QUÍMICA E MINERALÓGICA DOS SOLOS EM UMA VERTENTE DO PARQUE MUNICIPAL DAS MANGABEIRAS – QUADRILÁTERO FERRÍFERO (MG).

ADRIANE NUNES PEREIRA

Dissertação submetida à Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em GEOGRAFIA, como requisito para obtenção do grau de Mestre em GEOGRAFIA, área de concentração ANÁLISE AMBIENTAL.

Aprovada em 29 de agosto de 2014, pela banca constituída pelos membros:


Prof(a). Cristiane Valéria de Oliveira - Orientadora
UFMG


Prof(a). Fábio Soares de Oliveira
UFMG


Prof(a). Alisson Duarte Diniz
UFBA

Belo Horizonte, 29 de agosto de 2014.

DEDICATÓRIA

Dedico esta conquista à minha mãe Eny Batista, pelo amor e dedicação, e por ser esta pessoa maravilhosa, que em todos os momentos de minha vida, por mais pedregosos que foram, esteve ao meu lado, sempre me apoiando.

Ao meu pai Antônio Nunes Pereira que à sua maneira, proporcionou-me esta formação acadêmica, estimulando-me sempre a buscar, a querer mais.

E a todos os meus verdadeiros amigos!

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por me permitir conquistar esta formação acadêmica, após tantos problemas de saúde e problemas financeiros, Ele me mostrou que basta ter fé e confiança em seu poder e amor que tudo se resolve, tudo fica bem, basta acreditar e confiar.

A Nossa Senhora por sempre passar na frente abençoando meus caminhos.

Ao São Jorge Guerreiro por me ajudar vencer o dragão de cada dia.

À minha mãe e meu pai por todo apoio.

À professora Cristiane Valéria de Oliveira, meu muitíssimo obrigado pela confiança, amizade e ensinamentos, por não desistir de mim nos momentos mais difíceis, quando tudo parecia perdido para mim, me orientou e indicou o bom caminho para a vida e para a conclusão desta pesquisa, contribuindo enormemente para o meu crescimento pessoal e profissional.

Aos Geólogos Doutores Walter de Brito e João Batista S. Barbosa, que através do CDTN - Centro de Desenvolvimento Tecnológico Nuclear forneceu-me o subsídio científico, para a execução deste trabalho.

Ao Geólogo Zilmar Lima Lula – CDTN, que me auxiliou atenciosamente durante todas as análises laboratoriais.

Ao professor Doutor José Francisco do departamento de Ciências do solo da Universidade Federal de Viçosa – MG.

Às amigas e minhas ex-alunas do IFMG – Campus Congonhas, Júlia Araújo, atualmente estudante do curso de Biologia da UFMG e Natália Coimbra, atualmente estudante do curso de Geografia da UFMG.

À todos os funcionários e seguranças do Parque Municipal das Mangabeiras.

À todos os verdadeiros amigos e namorado, que sempre me apoiaram, principalmente nas fases mais difíceis da minha.

E a todos que direto ou indiretamente interferiram beneficentemente para a obtenção desta titulação.

É melhor atirar-se à luta, mesmo correndo o risco de perder tudo, do que permanecer estático como os pobres de espírito, que não lutam, mas que também não vencem que não conhecem a dor da derrota, mas que não têm a glória de ressurgir dos escombros. Estes pobres de espírito, no final da jornada na Terra, não agradecerão a Jah por terem vivido, e sim pedirão desculpas por terem simplesmente passado pela vida.

Bob Marley

É melhor tentar e falhar que preocupar-se e ver a vida passar. É melhor tentar, ainda que em vão, que sentar-se fazendo nada até o final. Eu prefiro na chuva caminhar que em dias tristes me esconder. Prefiro ser feliz embora louco, que em conformidade viver.

Martin Luther King

RESUMO

O Quadrilátero Ferrífero possui complexas formações geológicas e geomorfológicas caracterizadas por inúmeras vertentes associadas a formações policíclicas. A Serra do Curral está localizada no limite norte do Quadrilátero Ferrífero, caracterizada por possuir áreas reliquiais de couraças lateríticas, mais evidenciadas nas áreas de crista. No entanto, encontrou-se numa baixa vertente, localizada dentro do Parque Municipal das Mangabeiras, aos pés desta serra, uma cobertura com características ferruginosas aparentando ser concrecionária reliquial, ponto central desses estudos. O material encontrado estava muito desorganizado e bastante cascalhento, possuindo tanto características de concreções intemperizadas quanto de rocha fragmentada, levantando-se questões sobre sua gênese. Neste trabalho ao buscar respostas para a questão levantada objetivou-se caracterizar os solos presentes na vertente estudada, quanto aos seus aspectos químicos, físicos e mineralógicos a fim de entender como se deu a evolução destes, contribuindo no esclarecimento referente à gênese das formações superficiais da área de estudo, inserida no Quadrilátero Ferrífero. A metodologia empregada incluiu a organização dos dados das etapas preliminares de caracterização e coleta; análise granulométrica; mineralógica; química total; ataque sulfúrico; análise do pH e do Ferro, alumínio e manganês extraídos pelo ditionito-citrato-bicarbonato de sódio e oxalato de amônio. Os resultados e as discussões dos perfis analisados possibilitaram confirmar hipóteses antes levantadas, como a formação destas vertentes sobre material coluvial proveniente de uma crosta ferruginosa que possivelmente havia se formado nas partes de cristas da Serra do Curral e fora desmantelada descendo para o fundo do vale durante a abertura do mesmo, formando solos mais intemperizados, processo este confirmado tanto pela cristalização do ferro através do DCB, bem como pela mineralogia e pH. A forte presença da hematita e da magnetita, minerais presentes na litologia dos itabiritos, estes situados nas partes mais altas, de cristas, também evidenciam o processo de coluvionamento na gênese destes solos.

Palavras chave: Gênese do solo - Quadrilátero Ferrífero – Caracterização do solo

ABSTRACT

The area known as “*Quadrilátero Ferrífero*” (or Iron Quadrangle, in English) has complex geological and geomorphic formations characterized by several vertex associated to poli-pedogenetic formations. Serra do Curral is located in the northern border of the Quadrangle, characterized by having relic areas from lateritic breastplates, more evident in the crest areas. However, in a low slope area, located within the Municipal Park of Mangabeiras, at the foot of this mountain chain, a cover with iron characteristics was found, which seems to be relic concretionary, the central point of this study. The material found was not neatly organized, with a lot of hull, presenting both weathered concretions and fragmented rocks, raising issues about its genesis. In this paper, the author seek answers for the issue raised, with the objective of characterizing the soils presented in the vertex studied, regarding its chemical, physical and mineralogical aspects, in order to understand how they have evolved, contributing towards the clarification of the genesis in the superficial formations in the study area, within the *Quadrilátero Ferrífero*. The methodology adopted included the organization of data in the preliminary characterization and collection stages, grain size analysis; mineralogical analysis, total chemical analysis; sulfuric acid; pH analysis and analyses of iron, aluminum and manganese extracted by the dithionite-citrate-sodium bicarbonate and ammonium oxalate. The results and discussions of the analyzed profiles allowed for the confirmation of the hypothesis raised, such as the formation of these slopes over colluvial material originating from a ferruginous crust that has possibly been formed in the crest parts of Serra do Curral, which might have descended to the bottom of the valley during its opening, forming soils that are even more weathered. This process is confirmed by both the crystallization of the iron through DCB and also the mineralogy and pH of the soil. The strong presence of hematite and magnetite, minerals present in the itabirite lithology, situated in the highest, crest parts, are also evidence of the colluvial deposition process in the genesis of these soils.

Key words: Soil genesis – *Quadrilátero Ferrífero* – Soil characterization

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

PÁG.

Figura 1 – Localização do Parque Municipal das Mangabeiras.....	16
Figura 2 – Mapa Geológico do Parque Municipal das Mangabeiras.....	21
Figura 3 – Compartimentação Geomorfológica do Parque Municipal das Mangabeiras.....	25
Figura 4 – Mapa das principais Classes de Solos da APA Sul RMBH.....	29
Figura 5 – Vista Geral da Vertente da Cascatinha.....	31
Figura 6 – Vista superior do Parque Municipal das Mangabeiras e localização da Vertente da Cascatinha.....	31
Figura 7 – Mapa de localização da vertente da Cascatinha.....	32
Figura 8 – Perfil Topográfico da Vertente da “Cascatinha”/ compartimentos geomorfológicos.....	33
Figura 9 - Processo de peneiramento das amostras.....	34
Figura 10 - Etapas da análise granulométrica das amostras.....	35
Figura 11 - Equipamento utilizado para pulverização.....	36
Figura 11 (a) - Material utilizado para confecção das lâminas.....	36
Figura 12 (b) - Equipamento utilizado para difratometria de Raios-X.....	36
Figura 13 - Perfil Topográfico da Vertente da “Cascatinha”.....	41
Figura 14 - Difratogramas de raios X da fração argila orientada de amostras de solos desenvolvidos sobre concreções depositadas sobre o Dolomito Ferruginoso, do ambiente Gandarela.....	54

LISTA DE TABELAS

PÁG.

Tabela 1 - Principais óxidos e oxihidróxidos de ferro encontrados no ambiente pedogênico e seus matizes de cor.....	08
Tabela 2 - Coluna Estratigráfica do Quadrilátero Ferrífero.....	19
Tabela 3 - Características morfológicas dos perfis estudados.....	42
Tabela 4 - Características granulométricas dos perfis estudados.....	43
Tabela 5 - Análise química total.....	47
Tabela 6 - Teores de óxidos obtidos através do ataque sulfúrico, relações moleculares e pH dos solos estudados.....	50
Tabela 7 - Resultados da extração do Fe, Al e Mn através do DCB (ditionito-citrato-bicarbonato de sódio) e Oxalato de Amônio.....	52

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
2. REFERENCIAL TEÓRICO	3
2.1. Formações superficiais.....	3
2.2. Formações superficiais lateríticas.....	4
2.3. Gênese dos Latossolos e das Lateritas.....	6
2.4. Morfologia do perfil latossólico.....	7
2.5. Classificação dos Latossolos, Latossolos Vermelhos Perféricos, Plintossolos e Plintossolos Pétricos.....	11
2.5.1. Latossolos e Latossolos Vermelhos Perféricos.....	11
2.5.2. Plintossolos e Plintossolos Pétricos.....	14
3. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	16
3.1. Localização do Parque Municipal das Mangabeiras.....	16
3.2. Hidrografia.....	17
3.3. Clima e temperatura.....	17
3.4. Vegetação.....	17
3.5. Geologia	18
3.5.1. Geologia Regional.....	18
3.5.2. Geologia Local.....	19
3.6. Geomorfologia.....	22
3.6.1. Geomorfologia Regional.....	22
3.6.2. Geomorfologia Local.....	24
3.7. Pedologia Regional e Local.....	27
4. MATERIAIS E MÉTODOS	30
4.1. Etapas preliminares para a determinação dos locais de coleta das amostras de solos.....	30
4.2. Coleta e preparo das amostras.....	33
4.3. Análise da fração grosseira e TFSA (terra fina seca ao ar) por peneiramento.....	34
4.4. Análise Granulométrica (Dispersão Total) (EMBRAPA, 1997).....	35
4.5. Análise mineralógica por difratometria de Raios-X.....	35
4.6. Análise química total: fluorescência de Raios-X.....	37

4.7.	Análise de ataque sulfúrico.....	37
4.8.	Análise de pH.....	38
4.9.	Ferro, alumínio e manganês extraídos pelo ditionito-citrato-bicarbonato de sódio e oxalato de amônio.....	38
4.10.	Análise dos resultados.....	38
5.	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	39
5.1.	Propriedades morfológicas e granulométricas da cobertura pedológica.....	40
5.1.1.	Propriedades geoquímicas da cobertura pedológica.....	45
5.1.1.1.	Análise química total.....	45
5.1.1.2.	Resultado da relação molecular K_i , K_r , pH (H ₂ O) e teores de óxidos obtidos por ataque sulfúrico.....	48
5.1.1.3.	Extração do ferro pelo Ditionito/Citrato/Bicabornato de Sódio (Fed) e pelo Oxalato de Amônio (Feo).....	51
5.1.2.	Propriedades mineralógicas dos solos.....	53
6.	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	57
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	59

1. INTRODUÇÃO

O Quadrilátero Ferrífero possui complexas formações geológicas e geomorfológicas caracterizadas por inúmeras vertentes associadas a formações policíclicas marcadas por várias alterações tectônicas e alternâncias pluviais. Essas superfícies apresentaram diferentes composições de solos, alguns inclusive, em áreas com presença de material concrecionário, cangas ou encouraçamentos ferruginosos, com grande influência do itabirito, litologia predominante na região.

A Serra do Curral está localizada no limite norte do Quadrilátero Ferrífero, caracterizada por possuir algumas áreas reliquiais dessas couraças lateríticas, mais evidenciadas nas áreas de crista. No entanto, Pereira (2007), encontrou numa baixa vertente, localizada dentro do Parque Municipal das Mangabeiras, aos pés desta serra, uma cobertura com características ferruginosas aparentando ser concrecionária reliquial. Nesse contexto, Pereira (2007) observou além da quantidade de fragmentos de itabirito, a também considerável presença de fragmentos de crosta laterizada nesta baixa vertente que foi denominada por Cascatinha, levantando-se a hipótese de que a cobertura superficial estudada se formara sobre uma couraça rompida, que possivelmente se deslocou mecanicamente para as partes inferiores durante o processo de abertura do vale, através de processos erosivos diferenciados, já que a mesma encontra-se sobre dolomitos micáceos, enquanto nas partes mais altas deste vale encontram-se itabiritos e xisto-filitos.

O material encontrado estava muito desorganizado e bastante cascalhento, possuindo tanto características de concreções intemperizadas quanto de rocha fragmentada, levantando-se as seguintes questões: Esta cobertura superficial teria se formado sobre a litologia local, através do retrabalhamento geoquímico de material concrecionado, ou mesmo de ambos?

Nesse contexto se insere este trabalho, que busca respostas para a questão supracitada, e tem como objetivo geral **caracterizar os solos presentes na Vertente da Cascatinha, quanto aos seus aspectos químicos, físicos e**

mineralógicos a fim de entender como se deu a evolução destes, contribuindo no esclarecimento sobre a gênese das formações superficiais da área de estudo, inserida no Quadrilátero Ferrífero.

Os objetivos específicos são:

- (I) caracterizar geoquimicamente a cobertura pedológica, visando estabelecer padrões ou discontinuidades geoquímicas ao longo do perfil de alteração;
- (II) caracterizar mineralogicamente a cobertura pedológica, buscando estabelecer vínculos com a litologia local;
- (III) investigar aspectos da gênese do solo e relacioná-lo entre as coberturas pedológicas e o material de origem.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. Formações Superficiais

Para Cruz (2006), as formações superficiais são compostas por materiais que são produto do intemperismo da rocha que, superficialmente, foram submetidas a condições ambientais diferentes daquelas em que foram formadas. De acordo com a concepção de Ramos (2008), compreendem materiais que recobrem as vertentes, possuindo tanto a sua espessura quanto a natureza litológica, variáveis. Também são denominadas como perfil ou manto de intemperismo ou de alteração, pois Queiroz Neto (2001) afirma ainda que esse material pode ser retrabalhado e/ou remanejado sobre as vertentes, superfícies de erosão, planícies fluviais, etc.

Em ambientes tropicais e subtropicais, um sistema pedológico, segundo Bigarella (1996), sofre diversos processos erosivos, proporcionando uma grande variação pedogeomorfológica. Nesse contexto, Queiroz Neto (2001) reafirma a presença de sucessíveis níveis topográficos, desde os de cimeiras até as planícies aluviais que são considerados testemunhos de evoluções policíclicas do relevo. Bigarella (1996) afirma que nessas áreas de formação policíclica os solos geralmente são muito complexos, sendo muito difícil sua classificação pedológica. Durante esse processo evolutivo formam-se dois tipos de solo: residuais (autóctones), resultantes do intemperismo *“in situ”* do material de origem e os transportados (alóctones), desenvolvidos sobre o material movimentado nas vertentes.

Esses processos de formações superficiais são distintos em períodos de climas secos e úmidos, consecutivamente morfogênese (erosão – responsável pela elaboração do relevo) e pedogênese (formação de solos e modificação do relevo).

Queiroz Neto (2001) afirma que, para compreender as formações superficiais, torna-se necessário entender os processos pedogeomorfológicos, bem como interpretar as formações autóctones e alóctones através de vestígios da presença de cascalheiras; de linha de pedras (stone lines) que acompanham as formas das vertentes; de horizontes organo-minerais enterrados; de diferenças de textura, coloração e estrutura entre horizontes pedológicos; variações mineralógicas da fração argila;

propriedades físico-químicas e evolução do relevo, pois a exemplo das regiões tropicais úmidas, a morfogênese através da erosão geoquímica age, quase que ao mesmo tempo que a pedogênese.

2.2. Formações superficiais lateríticas

A Laterita é comumente conhecida nos países asiáticos como um material de construção usado há mais de mil anos, quando o solo era escavado e dele retirados grandes blocos. Como exemplo dessa utilização tem-se os Templos de Angkor. No começo do século 19, o cirurgião inglês Francis Buchanan ao viajar pela costa ocidental do sul da Índia observou e analisou a laterita publicando suas observações e seus resultados (SCHELLMANN, 2011).

De acordo com Buchanan (1807) *apud* Schellmann (2011), cunhou o termo “Laterita” quando em 1807, escreveu:

“O que eu tenho chamado de argila endurecida... é um dos materiais mais valiosos para a construção. Ele é difundido em forma de uma imensa massa, sem qualquer estratificação, é encontrada sobre o granito, rocha de origem da Malayala. Essa massa é cheia de cavidades e poros, com uma imensa quantidade de ferro, em cor ocre, amarelo e vermelho. Quando essa massa não está exposta ao ar, é macia, suave, que qualquer instrumento de ferro pode cortá-la, é desenterrada em blocos, com uma picareta e imediatamente cortada na forma que desejar. Em pouco tempo exposta ao ar torna-se tão dura como uma peça de barro, resistente à água e ao ar, muito melhor do que qualquer tijolo que eu já vi na Índia... O nome mais apropriado em inglês seria laterita, de *lateritis*, essa seria a denominação que poderia ser dada na ciência (SCHELLMANN, W. An Introduction in Laterite. 2011. Disponível em <www.laterite.de>. Acessado em 20 de fevereiro de 2013.)”.

A publicação de Buchanan foi refutada por vários pesquisadores. McFarlane (1976), por exemplo, sugeriu que essa definição deveria ser usada para todos os solos avermelhados, sendo adotado por alguns pedólogos, resultando numa classificação genérica de todo material avermelhado encontrado.

Melfi (1997) enfatiza que aquilo que ele chamava de laterita era apenas um horizonte plíntico, encontrado em certos tipos de solos hidromórficos e não um perfil completo de solo, como se conhece atualmente. Este termo, laterita, foi profundamente modificado, desde 1807, e de acordo com Alexandre (2002), ainda continua ambíguo usado tanto em definições geológicas distintas quanto em definições pedológicas. Esse grande interesse científico com diferentes pontos de vista não só resultou no aumento do conhecimento, bem como criou uma enorme confusão na interpretação e compreensão deste termo.

Nos últimos 50 anos, os cientistas pedológicos dedicaram suas pesquisas à investigação da laterita, ressaltando que a movimentação e precipitação do ferro dissolvido (acumulação absoluta), tanto quanto o enriquecimento residual (relativa), eram importantes durante os processos de formação da mesma (SCHELLMANN, 2011).

Grandes dificuldades foram encontradas para denominar solos com características lateríticas, sendo que, nomes como latossolos e solos ferralíticos surgiram através das definições de algumas propriedades específicas. Para Melfi (1997), Alexandre (2002) e Schellmann (2011), esta classificação é muito útil para pesquisadores pedológicos, porém para os geólogos que trabalham com grandes depósitos de minério laterítico como as bauxitas e as lateritas de níquel, não era praticável.

Espíndola & Daniel (2008, p.21) definem a laterita como um “[...] depósito residual endurecido oriundo do intemperismo das rochas e materiais superficiais em alteração, situados em posições variadas do relevo regional”. Os mesmos afirmam que esses corpos endurecidos foram mencionados, quando de sua ocorrência em 1869, na então Vila Rica, atual cidade de Ouro Preto em Minas Gerais, sendo referidas por “canga”, com ocorrência concentrada nas terras altas.

Schellmann (2011) afirma que a laterita é definida como um produto do intenso e longo intemperismo tropical da rocha de origem, proporcionado pelas precipitações elevadas e altas temperaturas. No entanto, nessa definição se enquadram todos os latossolos, que não se caracterizam como material endurecido, fugindo da definição clássica de laterita (BUCHANAN, 1807 *apud* BEAUVAIS, 2005). A formação dos solos e também da laterita é influenciada por reações químicas entre a rocha exposta e a água infiltrada, que são controladas pela composição mineral das rochas e suas propriedades físicas (clivagem, porosidade, etc) que favorecem o acesso de água. Outro fator relevante são as propriedades da água (constituintes dissolvidos, temperatura, pH, acidez, potencial redox Eh), que são controladas pelo clima, vegetação e o relevo

Como pode ser verificado ao longo desse item, existem diversas definições propostas por vários pesquisadores, outras ainda poderão vir, porém sabe-se que a formação da laterita e dos solos¹ e sua evolução são diretamente dependentes do clima e dos processos de intemperismo. Nas últimas décadas, tem-se empregado técnicas especializadas, como a mineralogia, análise do ferro (ditionito-citrato-bicabornato de sódio/oxalato ácido de amônio), química total, ataque sulfúrico, para compreender melhor sua formação e evolução (ESPÍNDOLA & DANIEL, 2008).

2.3. Gênese dos Latossolos e das lateritas

Autores como (BIGARELLA, 1996; RESENDE, 2007; ESPÍNDOLA & DANIEL, 2008), usam o termo laterização como sinônimo da latossolização. A latossolização é um processo específico de formação de solo em regiões de clima tropical quente e úmido. De acordo com Resende *et al.* (2007), os fatores climáticos são extremamente importantes no desenvolvimento dos latossolos, principalmente a pluviosidade e a temperatura. Existem interações recíprocas entre os fatores supracitados, o relevo, a vegetação e a formação dos latossolos.

¹ Nesse trabalho, o termo laterita foi utilizado unicamente para as formações endurecidas, presentes na forma de concreções ou couraças.

Sherman (1952) *apud* Narayanaswamy (1992) afirma que, como consequência da grande atividade química nos trópicos, a sequência de modificações da rocha, formando o solo, envolve a formação de óxidos, hidróxidos e de alumino-silicatos, minerais secundários de argila que se formam devido à alteração dos minerais primários.

McFarlane (1976) afirma que as lateritas se desenvolvem na parte superficial do solo, sendo sua formação fortemente influenciada pelo ciclo de alternância ou de variação da umidade, e que ocorrem em superfície de baixa altitude nas regiões tropicais e temperadas. Narayanaswamy (1992), estudando lateritas, na Índia, observou que a laterita plíntica está associada à oscilação lenta e estável do lençol freático.

A interpretação da formação das lateritas continua com várias lacunas, pois há lateritas em locais de baixo relevo, predispondo um modelo de acúmulo absoluto seguido de precipitação, bem como lateritas em superfícies aplainadas, como em topos de morros ou em algumas vertentes dissecadas, requerendo mais do que a mudança climática para explicar sua ocorrência.

2.4. Morfologia do perfil latossólico.

Nahon & Tardy (1992) afirmam que a formação da paisagem em áreas de ocorrência de latossolos é um processo contínuo, com movimentos verticais, laterais e oblíquos, sendo esses movimentos responsáveis pela formação dos horizontes do perfil e da relação entre eles no interior da paisagem.

Estes solos possuem uma mineralogia relativamente simples, onde predominam óxidos, oxi-hidróxidos de ferro e hidróxidos de alumínio (hematita, goethita, gibbsita e materiais amorfos) e de argilominerais do grupo da caulinita, além do quartzo que, devido à sua alta estabilidade na superfície, representa o mineral residual do intemperismo (FERRARI, 1996).

Cornell & Schwertmann (2003) destacam a vantagem da utilização dos óxidos de ferro como indicadores pedogênicos devido à relativa facilidade de identificação, quantificação e caracterização dos mesmos. Isto não se deve apenas a ampla concorrência destes nos solos, mas ao fato deles variarem quanto à cristalinidade, à substituição isomórfica do ferro por outros cátions e à cor dos cristais, conforme tabela 1.

Tabela 1 – Principais óxidos e oxihidróxidos de ferro encontrados no ambiente pedogênico e seus matizes de cor.

Fórmula	Mineral	Matiz
$\alpha - \text{Fe}_2\text{O}_3$	Hematita	5R – 2,5YR
$\gamma - \text{Fe}_2\text{O}_3$	Maghemita	2,5YR – 5YR
$\alpha - \text{FeOOH}$	Goethita	2,5Y – 7,5YR
$\gamma - \text{FeOOH}$	Lepidocrocita	5YR – 7,5YR
Fe_3O_4	Magnetita	
$\text{Fe}_5\text{HO}_8 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	Ferrihidrita	5YR – 7,5YR

Durante o processo de latossolização, quando a litologia principal é rica em ferro, os elementos solúveis são removidos e os elementos restantes precipitam em forma de óxidos e oxihidróxidos de ferro, perto da superfície. Estes depósitos resultantes podem ser cimentados e formar uma superfície mais resistente, chamada de “canga” ou crostas lateríticas ferruginosas, quando contínuas e de nódulos, concreções ou pisólitos quando descontínuas, ou ferricretes em caso de formações alóctones. (SHUSTER *et al* 2012), o que caracteriza lateritas resultantes da acumulação relativa de ferro e/ou alumínio.

Simmons (1963), trabalhando no Quadrilátero Ferrífero, caracterizou as crostas lateríticas ferruginosas ou cangas como depósitos superficiais fragmentários ricos em hematita e itabirito, cimentado por magnetita e/ou limonita que cobre muitas encostas e algumas cristas e fundos de vales. O mesmo autor afirma que áreas como o Quadrilátero Ferrífero, todo sistema pedológico pode ser originado sobre

crostas lateríticas ferruginosas “*in situ*” ou desta fragmentada. Concordando com Simmons (1963), Tardy & Roquin (1992), estudando lateritas plínticas, na Holanda, observaram que, no perfil de solo associado, é comum observar a presença de material de desmantelamento do horizonte encouraçado.

Shuster *et al* (2012) observaram que, em algumas paisagens, essas crostas maciças de óxidos de ferro mais coesas fisicamente, sofrem lento intemperismo, resistindo por mais tempo à erosão, formando planaltos em algumas paisagens, limitando o transporte de sedimentos.

Além da formação por acúmulo relativo, pode-se formar lateritas, através do acúmulo absoluto de ferro. Isso ocorre, em locais onde há excesso de água, e onde o ferro é reduzido, ficando solúvel e sendo passível de acúmulo, por oxidação, em locais com presença de oxigênio, formando os mosqueados (Boulangé *et al* 1987; Resende *et al.*, 2007). Ferrari (1996) afirma que a zona mosqueada é caracterizada pelo contraste entre domínios descoloridos (quartzo e caolinita) e manchas de acumulação de ferro, que precipita principalmente como goethita e hematita. A carapaça é intermediária entre a zona mosqueada abaixo e a couraça localizada acima. Ela corresponde à acumulação progressiva de ferro, com a formação de nódulos de hematita associados com litorelitos e pedorelitos. Acima da carapaça encontra-se a couraça ou ferricrete, que apresenta um material endurecido, de cor vermelha, consideravelmente enriquecida em ferro, particularmente em hematita. Neste horizonte, as zonas descoloridas são quase ausentes.

As lateritas ferruginosas apresentam variações importantes na morfologia, tanto para interpretações genéticas, como para compreensão de evolução da paisagem. As primeiras segregações de ferro são moles e de cristalinidade fraca, que, se transformam em nódulos duros, cristalinos, e, em algumas circunstâncias, pisolíticos. À medida que a fase cristalina se torna mais contínua tais pisólitos ou nódulos irregulares podem unir-se para formar uma crosta maciça que pode ser conglomerática, vermiforme (ou vermicular) ou vesicular, ou ter uma variedade de características individuais (THOMAS, 1994).

Thomas (1994) cita três tipos fundamentais de morfologia de lateritas:

- a) A parte endurecida forma um esqueleto contínuo, podendo ser: vermicular, vesicular ou celular;
- b) O material endurecido é constituído de concreções ou nódulos dentro de uma matriz terrosa, podendo ser: nodular ou oolítico/pisolítico.
- c) O material endurecido cimenta constituintes preexistentes, os quais podem ser formados de fragmentos endurecidos de lateritos mais antigos.

Os dois primeiros tipos, (a) e (b), são considerados lateritas primárias, formadas “*in situ*”, a partir do material de origem subjacente, enriquecido em ferro, através de adição lateral, pelo lençol freático. De acordo com Thomas (1994), as lateritas primárias estão associadas a remanescente de superfície de erosão formando níveis mais elevados, frequentemente de cimeira.

O último tipo (c) resulta do dismantelamento das formações primárias, do seu transporte, deposição e recimentação. São atribuídos aos níveis mais baixos, embutidos nos vales. Entretanto, depósitos bem desenvolvidos são encontrados em platôs e mesas, representando remanescentes de antigas superfícies de erosão (BIGARELLA, 1996).

De acordo com Bigarella (1996) as couraças coluviais podem ocorrer no sopé das encostas. Origina-se de dois modos:

- a) Pela cimentação secundária dos detritos de antigas couraças;
- b) Pela impregnação ou endurecimento de material coluvial ou rampa colúvio-aluvionar, através da precipitação de sesquióxidos. Entende-se por rampa colúvio-aluvionar, um sedimento “deltaico” complexo e friável, acumulado no sopé de uma vertente, resultante de lavagens torrenciais ocasionais de material fragmentário.

De acordo com Resende *et al* (2007), o intemperismo dessas concreções ferruginosas forma solos com característica de latossolos, porém classificados como ferríferos.

2.5. Classificação dos Latossolos, Latossolos Vermelhos Perféricos, Plintossolos e Plintossolos Pétricos.

2.5.1. Latossolos e Latossolos Vermelhos Perféricos

Ker (1998) contempla um breve relato da evolução do conceito de Latossolos e algumas características e distribuição destes solos no país, em seu trabalho de revisão sobre Latossolos do Brasil. De acordo com o autor:

“O termo “Latosol” deriva de “laterite” e “solum”, ambos de origem latina, significando, respectivamente, tijolo ou conotando material altamente intemperizado, e solo, foi proposto pelo pedólogo americano Charles E. Kellog, em uma conferência americana sobre classificação de solos realizada em Washington, em 1949 (LEMOS, 1966; CLINE, 1975; SÉGALEN, 1994 *apud* KER, 1998. P. 17).”

Inicialmente Kellog (1949) *apud* Ker (1998:17) conceitua Latossolo como:

“Solos cujas características encontravam-se fortemente relacionadas à intemperização e lixiviações intensas e responsáveis pelas baixas atividades das argilas; baixa capacidade de troca de cátions; baixas relações moleculares sílica/alumínio ($\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3 = \text{Ki}$) e sílica/óxidos de ferro e alumínio ($\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3 = \text{Kr}$).”

O autor supracitado também caracteriza os Latossolos como solos profundos, de coloração relativamente homogênea com matizes avermelhadas e/ou amareladas,

com distribuição mais ou menos uniforme de argila ao longo do perfil, com elevada estabilidade de agregados e baixo teor de silte em relação à argila.

Após 1960, o sistema americano passou a classificar os solos latossólicos na ordem dos “Oxisols”, estabelecendo um horizonte subsuperficial oxidico, criando um horizonte B latossólico (Bw) diagnóstico da classe dos Latossolos, hoje diagnóstico da classe no Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (KER, 1998; EMBRAPA, 2013).

De acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2013), os Latossolos são solos em acelerado estágio de intemperização, muito evoluídos, como resultado de fortes transformações. Apresentam horizonte Bw, imediatamente abaixo de qualquer tipo de horizonte A, dentro de 200 cm da superfície do solo ou dentro de 300 cm se o horizonte A apresenta mais que 150 cm de espessura. Possui pouquíssimos minerais primários mais resistentes ao intemperismo e tem capacidade de troca catiônica, inferior a $17 \text{ cmol}_c \text{ Kg}^{-1}$ de argila, grande estabilidade de agregados, sendo o grau de flocculação igual ou próximo de 100%, à exceção dos horizontes mais ricos em matéria orgânica ou eletropositivos e pouca diferenciação entre os horizontes.

Em meio úmido, a transformação de uma crosta ferruginosa/ferricrete num latossolo corresponde à transformação de uma parte da caulinita em gibbsita por dessilicatização e hidratação, e transformação de goethita em hematita por desidratação, quando da evaporação da água nesse sistema (TARDY et al, 1995).

Os Latossolos Vermelhos Perféricos são solos com alto teor de Fe_2O_3 ($\geq 360 \text{ gkg}^{-1}$) determinados pelo ataque sulfúrico na terra fina seca ao ar, elevada magnetização inferida pela atração ao ímã de mão e desenvolvidos por rochas itabiríticas ou outras de mesma constituição, comumente ocorrendo em sedimentos correspondentes a depósitos coluviais em regiões de cotas altimétricas entre 1000 e 1300m, por exemplo, no QF (Quadrilátero Ferrífero) (OLIVEIRA *et al*, 1992; COSTA, 2003).

De acordo com Kämpf & Curi (2000); Resende (2005); Embrapa (2013) compreendem solos minerais não hidromórficos, muito intemperizados, com horizonte diagnóstico B latossólico de cor vermelho-púrpura, com horizontes superficiais, relativamente ricos em matéria orgânica (moderado, proeminente ou húmico) ainda que a cor escura da matéria orgânica se mascare por atrás da cor da hematita. Sua textura é predominantemente argilosa, podendo ou não apresentar nódulos ou concreções de ferro e manganês em alguma parte do perfil, particularmente próximo à superfície. Outra característica marcante neste tipo de solo é o caráter ácrico e as baixas relações K_i/K_r e Al_2O_3/F_2O_3 . Na fração argila, prevalecem os óxidos e oxi-hidróxidos de ferro (hematita/goethita), como também gibbsita e pequenas quantidades de caulinita, a maghemita também é encontrada nesses solos.

Estes solos geralmente são distróficos, havendo exceções, baixa CTC, encontrados sob campos cerrados altimontanos e, mais raramente sob florestas, são os de menor potencialidade agrícola, dentro da classe dos latossolos, além do fato de situarem-se geralmente em áreas de exploração mineral (COSTA, 2003).

2.5.2. Plintossolos e Plintossolos Pétricos

Conforme (FAO, 2006) e Martins *et al.* (2012) e Embrapa (2013), Plintossolos são solos que possuem plintita, petroplintita ou pisólitos. A plintita é pobre em carbono e rica em Fe, ou Fe e Al que, sob vários ciclos de umedecimento e secagem, se consolida fortemente, formando a petroplintita. Os pisólitos são nódulos discretamente endurecidos. Tanto a petroplintita quanto o pisólito se desenvolveram a partir do endurecimento da plintita.

De acordo Anjos (1995, 2007) e Martins *et al* (2012), a formação da plintita envolve os seguintes processos:

- (1) A acumulação de sesquióxidos por meio de:

- a) A acumulação relativa como consequência da remoção de sílica e por ferratização;
- b) A acumulação absoluta através de soluções ricas em sesquióxidos de ferro e posterior mineralização (vertical ou lateral).

(2) A separação de mosqueados de ferro causados pela redução e oxidação alternada. Em tempos de saturação da água, a maior parte do ferro está na forma ferrosa, tendo uma elevada mobilidade, sendo facilmente redistribuídos. Quando o lençol freático reduz o nível de água, este ferro se precipita como óxido de ferro, que não dissolverá total ou parcialmente na próxima estação chuvosa, caso as condições físico-químico da sua formação permanecerem.

Na classificação Americana de Solos (Soil Taxonomy) (Soil Survey Staff, 1992) os Plintossolos estão incluídos na classe dos Argissolos, Cambissolos e Latossolos. Nesse sistema de classificação a ocorrência da plintita é considerada uma característica adicional de diferenciação e não um horizonte diagnóstico e, a definição dos subgrupos plínticos não está completa.

No Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2013), os Plintossolos foram definidos como solos constituídos por material mineral, com um horizonte plíntico ou concrecionário/horizonte petroplíntico solódico, em uma das seguintes condições:

(1) A partir de 40 cm da superfície, ou

(2) A partir de cerca de 200 cm da superfície quando precedido por gley horizonte, ou imediatamente abaixo do horizonte A ou E, ou de outros horizonte que mostram cores pálidas, variegada ou malhada na abundância (> 20% por volume), uma matriz de avermelhado ou amarelada matiz Y ou 5 que têm tons 7,5 YR, 10 YR ou 2,5 Y, com croma inferior ou igual a 4.

Na definição do SBCS (EMBRAPA, 2013), é importante considera a profundidade dos horizontes plínticos ou litoplínticos/petroplínticos e a quantidade de plintita e/ou concreções.

Solos com horizontes plínticos ocorrem em várzeas, áreas com relevo plano ou levemente ondulado, com menos frequência em áreas de depressão geomorfológicas. Eles também ocorrem em ombros ou em áreas de várzea, sob presença e oscilação do lençol freático ou a partir de inundações periódicas ou alagamento, efeito restritivo em percolação de água ou escoamento. Solos com horizonte concrecionário têm melhor drenagem e posições mais elevadas em relação aos solos com horizonte plíntico, e são mais frequentes na região amazônica do Brasil, porém com ocorrências também nas áreas que possuem a geologia itabirítica (Carvalho Filho, 2008).

3. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

3.1. Localização do Parque Municipal das Mangabeiras

O Parque Municipal das Mangabeiras (Figura 1) está localizado no Quadrilátero Ferrífero, na Serra do Curral, na região centro-sul da cidade Belo Horizonte, no Bairro Serra e tem como acesso principal a Avenida Afonso Pena e a Rua Caraça. Encontra-se entre as latitudes 7812859 e 7781665 sul e as longitudes 619685 e 57975 oeste (MATIAS & COSTA, 2012).

Está localizado em uma região valorizada da cidade, sendo circundado por residências de classe alta. Ao norte, verifica-se a ocupação por aglomerados de classe baixa, contrastando com as residências de alto luxo. Ao sul existe, ainda, a mineração da MBR e a leste, áreas de preservação, como a Mata da Baleia.

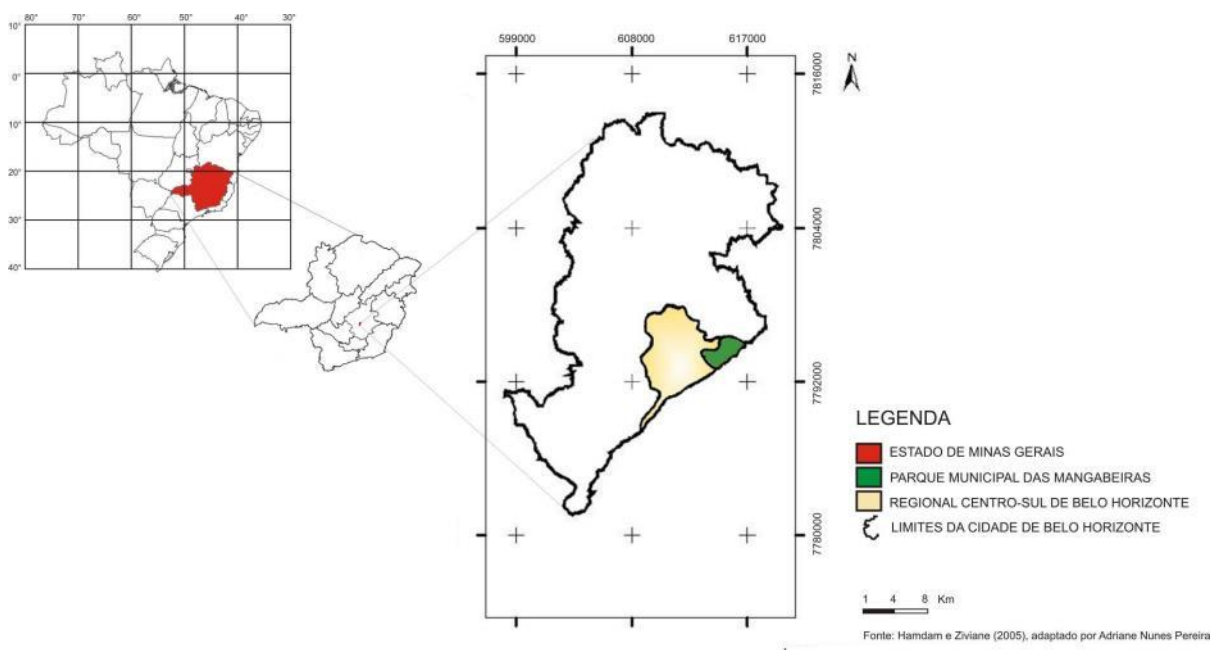


Figura 1 – Localização do Parque das Mangabeiras. Fonte: Pereira (2007).

3.2. Hidrografia

De acordo com Pereira (2007), sob uma escala macro, a Serra do Curral é um grande divisor de águas. Em ambos os flancos, a drenagem desenvolveu-se em

direção quase perpendicular ao acamamento geológico local, num processo de erosão regressiva ou remontante. No flanco sul, as águas dirigem-se ao Córrego do Cardoso e no flanco norte, onde está localizado o Parque das Mangabeiras, ao Córrego da Serra que, por sua vez, é afluente do Ribeirão Arrudas, pertencente à bacia do Rio das Velhas. A área objeto deste trabalho está na Alta Bacia do Córrego Serra.

3.3. Clima e temperatura

Assis (2010) corrobora as afirmações de Alves (1996) de que o clima de Belo Horizonte não apresenta uma divisão bem definida das quatro estações do ano. No período de abril a outubro, instala-se na região o período de seca onde se verifica o declínio da temperatura média e da umidade relativa do ar. Entre novembro e março, pode-se caracterizar a existência de uma estação quente com temperaturas elevadas. Neste período, tem-se uma alta incidência de chuvas, gerando um balanço positivo na relação precipitação/evaporação. O clima da região enquadra-se no tipo Aw – clima mesotérmico úmido, com estiagem no inverno e média compensada do mês mais frio, inferior a 18 °C.

3.4. Vegetação

Conforme Felipe (2009) a vegetação nativa da região de Belo Horizonte é caracterizada por exemplares típicos de campos, do Cerrado e por vestígios da Mata Atlântica, sendo que existem apenas aproximadamente 22% de cobertura vegetal original, no município, devido ao processo de urbanização. Nas colinas mais suaves e com solos profundos era encontrada a mata Atlântica e, nas áreas mais íngremes, o Cerrado (FERREIRA & GONTIGO, 2005 *apud* FELIPPE, 2009).

O Parque das Mangabeiras, uma das áreas mais preservadas da cidade, possui várias espécies típicas, como as canelas de ema, presentes nas áreas mais elevadas e algumas espécies de orquídeas. No cerrado, onde os solos são mais ácidos, ocorrem espécies como o jacarandá, vinhático, pau-santo, barbatimão, candeia, caviúna, quaresmeira – árvore símbolo de Belo Horizonte, mangaba ou

mangabeira – cuja ocorrência deu nome ao córrego vizinho e posteriormente ao bairro e ao Parque (PBH, 2013).

3.5. Geologia

3.5.1. Geologia Regional

O município de Belo Horizonte está inserido na grande unidade geológica conhecida como Cráton do São Francisco, extenso núcleo cristalino do centro-leste do país, na borda sul, cujo limite meridional é o Cinturão Móvel Neoproterozóico do Quadrilátero Ferrífero, área na qual se encontra a formação da Depressão Belo Horizonte e das Serras deste singular Cinturão (ALVES, 1996; FELIPPE, 2009).

Conforme Zenóbio (2000), o Cráton do São Francisco é considerado como a porção da crosta continental, centro-leste do continente Sul-Americano, que se comportou de modo relativamente estável face à estruturação de faixas móveis orogênicas neoproterozóicas, denominadas Faixas Rio Preto, Riacho do Pontal, Sergipana, Alto Rio Grande, Brasília e Araçuaí, conformadas diacronicamente durante o evento tectônico Brasileiro (450-680 m.a.).

Segundo Moreira *et al* (1991), em escala regional, o Quadrilátero Ferrífero é constituído por quatro grandes unidades litoestratigráficas (Tabela 2):

- Complexo Granito-Gnáissico de idade Arqueana;
- Supergrupo Rio das Velhas de idade Arqueana;
- Sequencias Metassedimentares Paleoproterozóicas do Supergrupo Minas;
- Metassedimentos terrígenos do Grupo Itacolomi.

Tabela 2 - Coluna Estratigráfica do Quadrilátero Ferrífero (ZENÓBIO, 2000).

Idade	Supergrupo	Grupo	Formação	Litologia	Esp. Máx.(m)		
PALEOPROTEROZÓICO	MINAS	Itacolomi	Indiviso	Ortoquartzitos, quartzitos (matriz ferruginosa), filitos quartzosos, filitos e conglomerados com seixos de itabiritos.	> 1000		
		Sabará		Clorita – xistos, grauvacas, metatufos, conglomerados e quartzitos.	>3000		
		Piracicaba	Barreiro	Filitos e filitos grafitosos.	150		
			Taboões	Ortoquartzitos.	125		
			Fêcho do Funil	Filitos, filitos dolomíticos e dolomito silicoso.	410		
			Cercadinho	Quartzitos ferruginosos, quartzitos, filitos ferruginosos e dolomitos.	600		
		Itabira	Gandarela	Dolomitos, filito dolomítico e calcários.	600		
			Cauê	Itabirito, itabirito dolomítico, hematita.	350		
			Batatal	Filitos e filitos grafitosos.	250		
			Moeda	Quartzito sericítico, conglomerados e filitos.	1000		
		ARQUEANO	RIO DAS VELHAS	Maquiné	Indiviso	Quartzitos, conglomerados, sericita-quartzoxisto e filitos.	>1800
				Nova Lima	Indiviso	Filito clorítico, filito grafitoso, metagrauvacas, formações ferríferas, quartzitos, metacherts, dolomitos, rochas máficas e ultramáficas, sericita-quartzoxisto.	>4000
				Quebra Ossos	Indiviso	Komatitos, formações ferríferas e metacherts.	>600
COMPLEXOS METAMÓRFICOS			Indiviso	Indiviso	Gnaisses bandados, gnaisses migmáticos, augen gnaisses, granitos.		

3.5.2. Geologia Local

No Parque Municipal das Mangabeiras estão presentes alguns representantes do Supergrupo Rio das Velhas e quase toda sequência do Supergrupo Minas. No flanco da Serra, voltado para a cidade de Nova Lima, tem-se rochas do Supergrupo Rio das Velhas e Grupo Caraça; na crista e no flanco voltado para Belo Horizonte, os

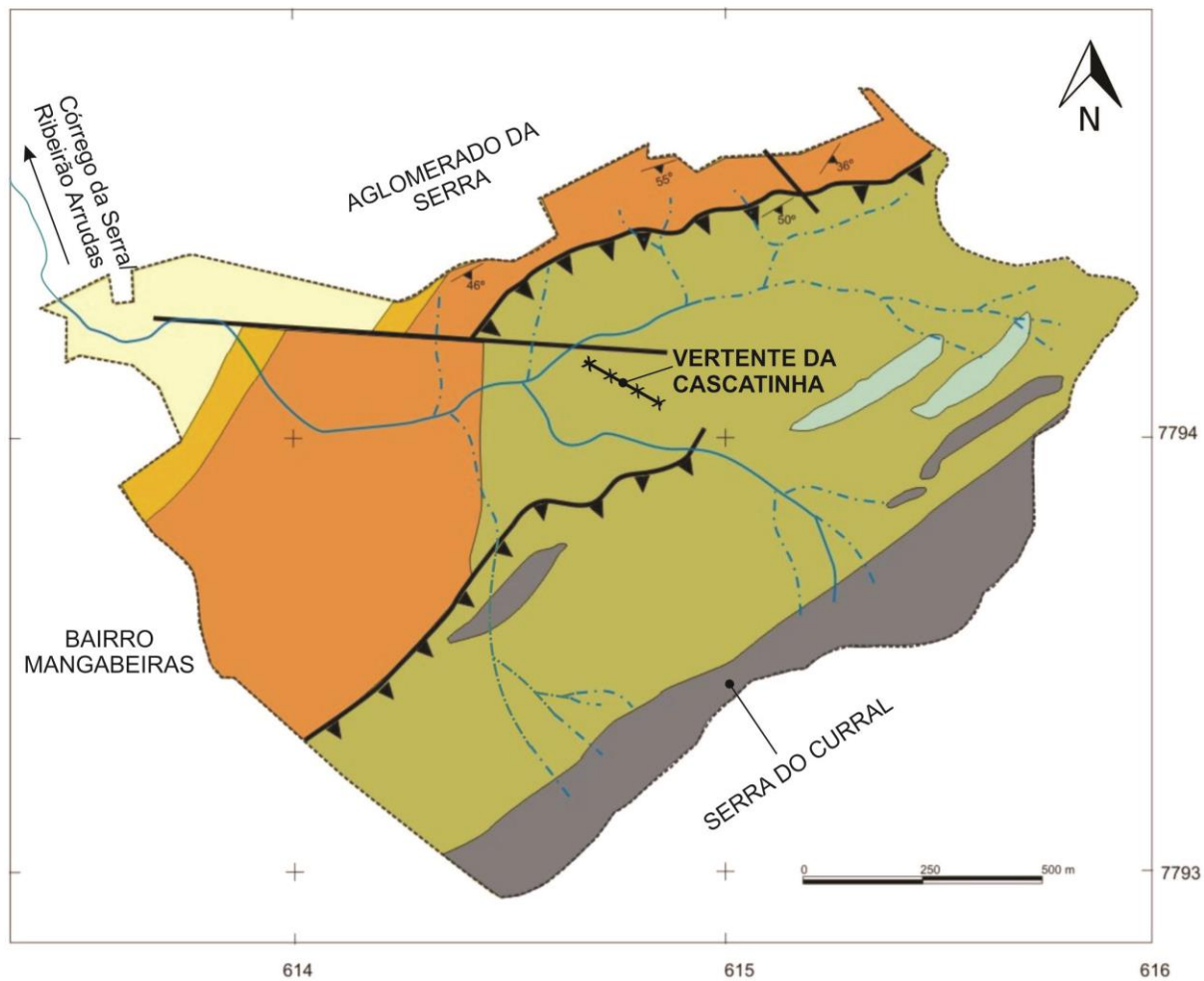
Grupos Itabira e Piracicaba (MOREIRA *et al*, 1991). O Supergrupo Rio das Velhas, de idade Arqueana, é a unidade mais antiga que ocupa uma estreita faixa na porção sul do Quadrilátero Ferrífero, representada por rochas clorita-xistos avermelhadas bastante alteradas. Todos os demais metassedimentos presentes na região pertencem ao Supergrupo Minas, representado pelos grupos Caraça, Itabira, Piracicaba e Sabará (MOREIRA *et al*, 1991 *apud* Dorr, 1969).

Conforme o autor supracitado, o Grupo Caraça é constituído basicamente por metassedimentos clásticos. Sua porção basal, denominada Formação Moeda, é composta por quartzitos compactos de granulação média a grossa e por quartzofilitos branco-esverdeados, sendo raramente observadas estruturas primárias. Deslocando-se em direção ao topo, encontra-se a Formação Batatal, verificando-se um aumento gradativo de intercalações de filito sericítico, o que evidência um caráter transaccional de contato entre estas duas formações. Esta Formação é composta por uma sequencia monótona de filitos sericíticos por vezes grafitosos de coloração cinza-esverdeada quando frescos a amarelo-clara quando alterados. Sua espessura média é de aproximadamente 160 metros.

Moreira *et al* (1991) afirmam ainda que a transição de sedimentos clásticos/pelíticos do Grupo Caraça para os sedimentos químicos característicos do Grupo Itabira é evidenciada por uma extensa faixa de filitos dolomíticos. Esta rocha quando inalterada (aflorando, neste estado, apenas na Mina de Águas Claras), possui uma coloração cinza-esverdeada sendo constituída por carbonatos, (principalmente dolomita), quartzo, clorita, sericita e alguns cristais de hematita. Níveis centimétricos de metachert e dolomita são relativamente comuns. Quando alterada esta rocha fornece um material argiloso, plástico, de coloração amarela clara.

De acordo com Moreira *et al* (1991), o Grupo Itabira é subdividido nas Formações Cauê e Gandarela. A vertente selecionada para estudo está situada sobre o Grupo Itabira, Formação Gandarela (Figura 2).

A Formação Cauê é composta por itabiritos dolomíticos, corpos de hematita friável, frutos da climatização dos itabiritos dolomíticos e lentes de hematita compacta.



**SEQÜÊNCIA METASSEDIMENTAR
SUPERGRUPO MINAS**

GRUPO SABARÁ

Filito e xisto muito intemperizados, de cor rosa, amarela e marrom-avermelhada; cinza a cinza-esverdeado quando não alterados.

GRUPO PIRACICABA

Formação Fecho do Funil
Filito sericítico, xisto e filito dolomítico de coloração cinza-amarelado, rósea, ocre e marrom quando intemperizados;

Formação Cercadinho
Quartzito médio a muito grosso, de cor cinza, hematítico, macio, gradado ou com estratificação cruzada de pequeno a médio porte, intercalado em camadas de filito hematítico cinza-prateado; lentes de metaconglomerado de grânulo com seções elipsoidais em matriz quartzo-hematítica. Localmente, camadas de quartzito branco e camadas de filito dolomítico

GRUPO ITABIRA

Formação Gandarela
Filito dolomítico com intercalações de dolomito micáceo; camadas de dolomito bege, cinza ou roseo (dol); lentes de itabirito dolomítico ou silicoso (ita). Filito hematítico e filito sericítico

Formação Cauê
Itabirito Silicoso, itabirito dolomítico, filito hematítico

- Contato geológico
- || Falha
- > Falha de empurrão - setas no bloco elevado
- ↘ Direção e mergulho das camadas
- XXXX Vertente da Cascatinha
- Limite do Parque das Mangabeiras
- Curso d'água perene
- - - - Curso d'água temporário

PALEOPROTEROZOICO

Fonte: Mapa Geológico do Município de Belo Horizonte - Escala 1:25.000. Convênio: PBH/UFMG/GC, 1995. Adaptação: Adriane Nunes Pereira

Figura 2 - Mapa Geológico do Parque Municipal das Mangabeiras. Fonte: SIGLAB/UNI-BH. Adaptado por Adriane Nunes Pereira.

Tanto as hematitas quanto os itabiritos, quando intemperizados, são friáveis e bastante porosos. Já as hematitas compactas, são extremamente permeáveis devido ao alto grau de fraturamento que as mesmas apresentam. Esta formação possui uma espessura média de 400 metros, sendo seu contato gradacional com a Formação Gandarela.

A Formação Gandarela, que ocorre na face da Serra voltada para Belo Horizonte, parte mais elevada do Parque, é constituída por dolomitos cinza-claros a brancos, localmente impuros e itabiritos. Estes itabiritos distinguem-se localmente dos itabiritos da Formação Cauê por apresentarem maior quantidade de magnetita. Lentes esparsas de hematita compacta a semicompacta, com magnetita, foram encontradas próximo ao mirante do Parque e no bairro Belvedere. Os dolomitos que afloram na vertente norte apresentam-se compactos e em geral pouco fraturados. Na Praça das Águas, no interior do Parque, há um afloramento de itabirito magnetítico sobreposto aos dolomitos, que também afloram na base do antigo britador (Praça dos Esportes). A espessura desta unidade é de aproximadamente 430 metros (MOREIRA *et al*, 1991).

3.6. Geomorfologia

3.6.1. Geomorfologia regional

Silva (2002) afirma que o Quadrilátero Ferrífero é uma das regiões mais elevadas do maciço antigo que forma grande parte de Minas Gerais. Em termos regionais está localizado na parte sul da Serra do Espinhaço, entre a Depressão Sanfranciscana e os planaltos dissecados do centro-sul e do leste do Estado de Minas Gerais.

Conforme CPRM (2005a, p. 6):

“O Quadrilátero Ferrífero representa um dos conjuntos orográficos mais importantes de Minas Gerais”. Ele ocupa uma área de, aproximadamente, 7.000 km², onde as altitudes, que variam entre 800 e 900 m, são frequentemente dominadas por

linhas de cristas que ultrapassam, usualmente, a cota 1200 m e, excepcionalmente, a cota 2000 m como na serra do Caraça, na borda leste. Trata-se de uma estrutura muito complexa de cadeia dobrada, de conhecimento geológico e geomorfológico ainda incompleto, cujas camadas de quartzitos e itabiritos desenharam um sistema quadrado de cristas, em posição topográfica dominante com relação às depressões alveolares, abertas nos granitos, gnaisses e xistos, entre outras rochas. O relevo regional apresenta contrastes bastante significativos, principalmente em setores onde movimentos tectônicos produziram desnivelamentos acentuados. Todo o conjunto está sobrelevado (tectonicamente soerguido), com intervalo de altitude entre 900 e 1000 metros, podendo alcançar 1500 m em alguns trechos.

As bordas ou arestas do Quadrilátero Ferrífero correspondem a afloramentos das mais duras rochas da geologia regional: itabiritos e quartzitos. Essas rochas sustentam, em alguns pontos, a mais antiga superfície de aplainamento do Brasil (SILVA, 2002).

As camadas de itabirito (Formação Cauê) protegidas da erosão pelas couraças ferruginosas, constituem a linha de crista e o terço superior da escarpa sub-vertical da Serra do Curral. Esta unidade exerceu papel fundamental na evolução do relevo de Belo Horizonte, limitando a extensão dos processos erosivos que moldavam a depressão periférica de Belo Horizonte, a norte. Nos flancos das feições positivas e nas transições entre elas, ocorrem, com frequência, anfiteatros de encostas côncavas, drenagem convergente e nichos resultantes da estabilização de antigas voçorocas (SILVA 2002).

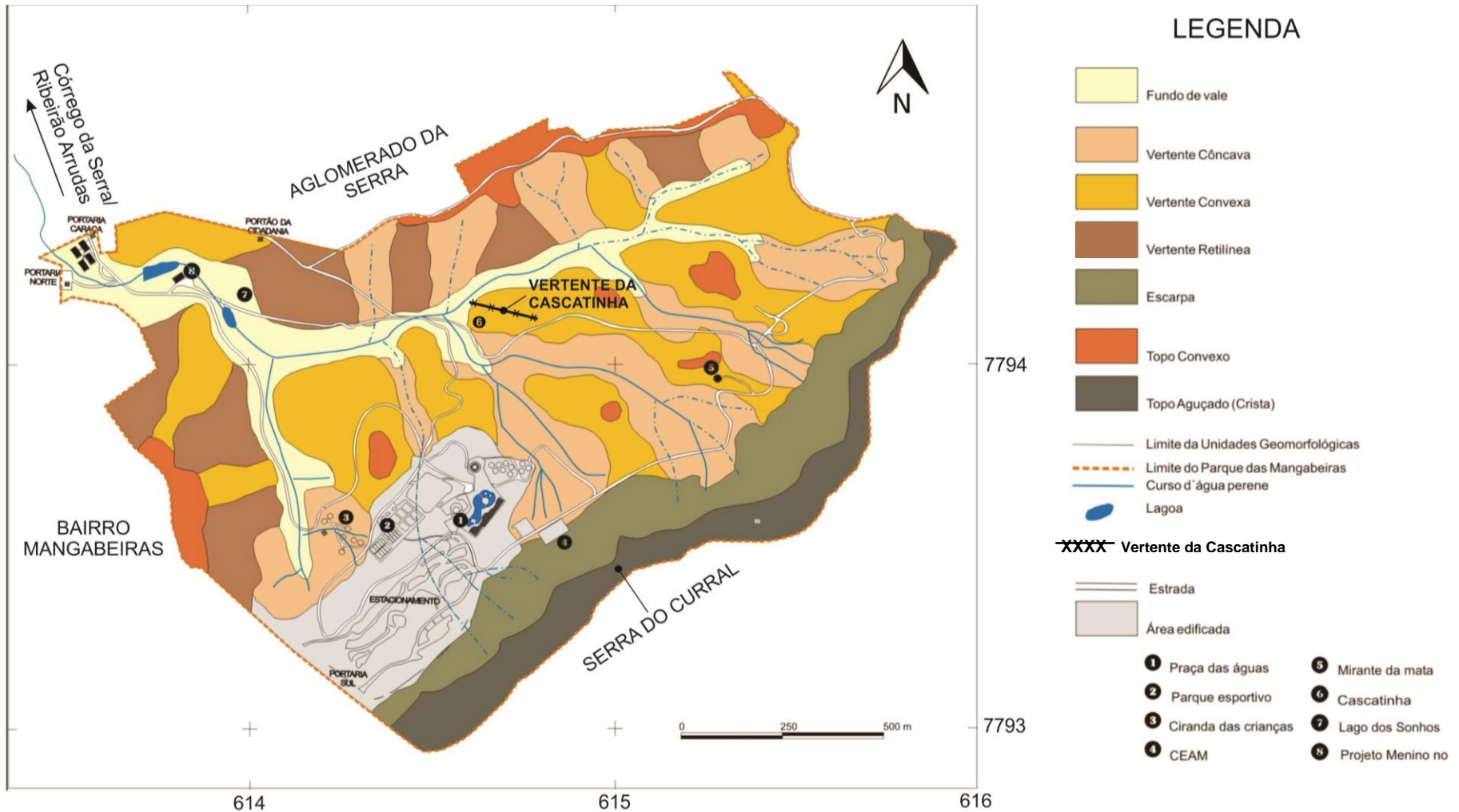
A grande variedade de paleoformas observadas atualmente, no Quadrilátero Ferrífero demonstra uma sucessão de processos morfogenéticos onde a alternância climática e os processos de reativação neotectônica foram agentes importantes (CPRM, 2005a).

Conforme Barbosa (1980) e Varajão (1991) *apud* CPRM (2005a), a Serra do Caraça seria um testemunho de superfície de cimeira, apresentando as mais altas elevações (entre 1500 e 1600m), resultantes de processos de reativação neotectônica, sendo este dissecado através do sistema de falhas, esculpando o relevo. Os mesmos autores afirmam que novos aplainamentos surgiram tendo como testemunhas paleotopos residuais das cristas dos sinclinais da Moeda e do Gandarela e do monoclinial da serra do Curral (cotas entre 1380 e 1600m). As estruturas dobradas que refletem morfologias de sinclinais suspensas e anticlinais escavadas representa uma morfologia atual resultante de uma inversão de relevo.

3.6.2. Geomorfologia local

A Serra do Curral, localizada no limite norte do Quadrilátero Ferrífero é um alinhamento de montanhas e possui uma extensão de 80 km com altitudes que variam de 1000 a 1400 m. Em direção SW-NE, trata-se de um extenso *Hog Back*, em que a vertente norte é o *front* e a sul é o reverso (MOREIRA *et al* 1991, CPRM 2005a). De acordo com CPRM (2005a), a topografia local possui desnivelamentos entre 300 e 500m acima das depressões de Belo Horizonte, possuindo drenagem dendrítica à treliça, seguindo a direção estrutural N-S ou sua litoestrutura. Na Serra do Curral, destaca-se uma linha de cumeada sobre itabiritos da Formação Cauê, com anfiteatros conchoidais suspensos. A crista da Serra do Curral apresenta vertentes muito íngremes com declividade acima de 50° com paredões subverticais. CPRM (2005a) identificou também feições aplainadas que foram modeladas devido ao diferenciamento litológico local (filitos e dolomitos), causado pelo intemperismo químico.

Outras feições morfológicas identificadas por CPRM (2005a) foram os esporões que se encontram em áreas transicionais, formados por topos aplainados ou suavemente arredondados, e que podem ser observados no entorno do Parque Municipal das Mangabeiras, onde podem ser identificadas sete compartimentações geomorfológicas: Fundo de vale, vertentes côncavas, convexas e retilíneas, escarpa, topos convexas e topos aguçados (crista) (Figura 3). A área de estudo localiza-se sobre uma vertente convexa, próxima ao fundo do vale.



Fonte: Compartimentação Geomorfológica do Parque Municipal das Mangabeiras - Escala 1:25.000. SIGLAB/UNIBH, 2005. Adaptação: Adriane Nunes Pereira

Figura 3 - Compartimentação Geomorfológica do Parque Municipal das Mangabeiras. Fonte: SIGLAB/UNI-BH – Adaptado por Adriane Nunes Pereira.

3.7. Pedologia Regional e Local

De acordo com Bacellar *et al* (2000); Figueiredo *et al* (2004) e Varajão *et al* (2009) afirmam que foram classificados na região do Quadrilátero Ferrífero, Afloramentos de Rocha (AR), Cambissolos com A moderado e Solos Litólicos² com A Fraco, Latossolos Ferríferos³ na região dos itabiritos do Grupo Itabira dos quartzitos dos Grupos Caraça e Itacolomi, Cambissolos distróficos com A fraco, na região dos filitos do Grupo Piracicaba e Latossolos Vermelho-Amarelos distróficos com A moderado na região dos gnaisses e no Complexo do Bação e dos xistos do Grupo Nova Lima.

Carvalho Filho (2008) expõe que, nas áreas quartizíticas nos rebordos dos afloramentos, é encontrado um ladeamento de solos pouco espessos de cor clara, sob vegetação campestre. Nas áreas de itabirito, há solos pedregosos, porém na cor vermelho-escura muito intensa, devido à extrema concentração de ferro, que reflete na vegetação campestre que os recobrem, os campos ferruginosos.

O mesmo autor coloca que o elemento mais marcante da região do Quadrilátero é o extenso capeamento de canga que recobre grande parte dos topos arredondados com suave ondulação, que às vezes, estende-se pela encosta interna, em declives acentuados. Nos sopés, encontram-se os Latossolos Vermelhos Perféricos, que se formam sobre rampas coluvionares.

Além disso, em alguns patamares da Serra do Curral ocorrem Cambissolos concrecionários ou Plintossolos Pétricos e mesmo alguns Latossolos Vermelhos Perféricos, tendo em alguns trechos de topo, recobrimento de canga e solos a eles associados, constituídos por grandes quantidades de concreções ferruginosas, porém com domínio de solos rasos e cascalhentos, com pouco volume de terra fina,

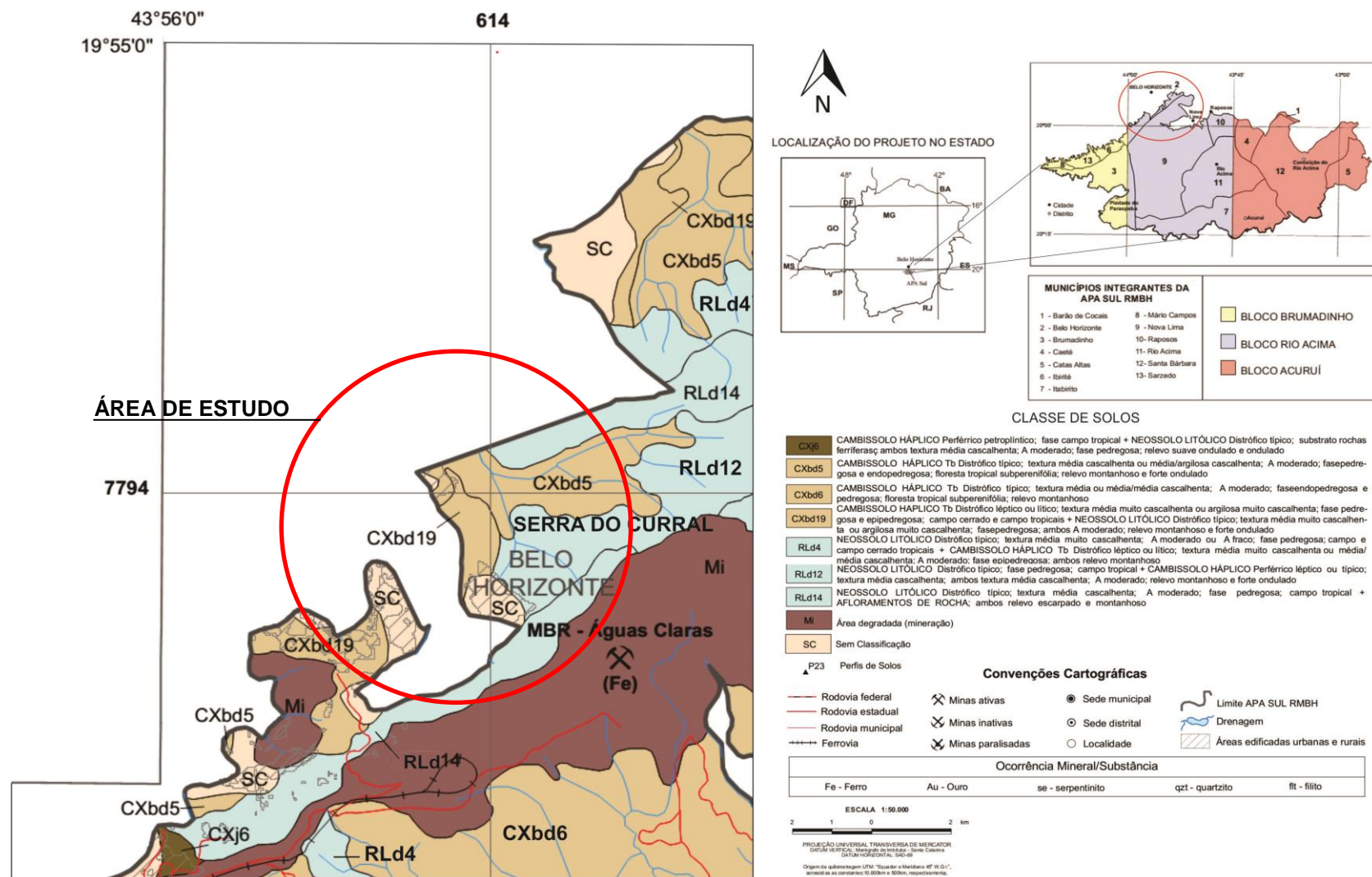
² De acordo com o atual Sistema Brasileiro de Classificação de Solos - Embrapa (2013) esses solos passaram a ser classificados como NEOSSOLOS LITÓLICOS.

³ De acordo com o atual Sistema Brasileiro de Classificação de Solos - Embrapa (2013) esses solos passaram a ser classificados como LATOSSOLOS VERMELHOS Perféricos.

mesmo em relevo suavemente ondulado (em geral Cambissolos e Neossolos Litólicos, ambos de caráter perférico).

Carvalho Filho (2008) ainda reconheceu, na região de Moeda, entre áreas de canga e áreas cascalhentas concrecionárias, solos profundos e porosos, de cor vermelha viva e com elevados teores de ferro (Latosolos Vermelhos Perféricos). Na Serra de Água Limpa inserida na APA Sul (QF), além de um extenso capeamento de canga também se encontra um abrupto contato de solos muito vermelhos e profundos, com grande quantidade de concreções ferruginosas, atualmente classificados como Plintossolos Pétricos Concrecionários (EMBRAPA, 2013), conforme mapa de solos da APA Sul da RMBH (Figura 4).

Pereira (2007) caracterizou e classificou os solos das vertentes mais representativas do Parque Municipal das Mangabeiras, nas quais foram encontrados LATOSSOLOS VERMELHO Petroplínticos nas partes alta e baixa e PLINTOSSOLOS PÉTRICOS Concrecionários nas médias vertentes.



Mapa das principais Classes de Solos identificadas no setor no qual a Serra do Curral se insere, na APA Sul RMBH - Fonte: CPRM (2005) - Adaptado por Adriane Nunes Pereira.

Figura 4 - Mapa das principais Classes de Solos da APA Sul RMBH. Fonte: CPRM (2005b). Adaptado por Adriane Nunes Pereira.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1. Etapas preliminares para a determinação dos locais de coleta das amostras de solos

A identificação da área de estudo foi realizada com base na interpretação de fotografias aéreas do Parque (Figura 5 e 6). Nestas, foram utilizados, como parâmetros, as condições de drenagem e a morfologia do relevo, assim como os aspectos fitogeográficos locais. A partir da fotointerpretação e de visitas a campo, selecionou-se uma vertente em um dos compartimentos geomorfológicos identificados, localizada sobre o substrato dolomítico, então denominada Vertente da “Cascatinha”. Após a seleção a vertente foi compartimentada em sítios geomorfológicos descrito por Stewart e Christian (1968) *apud* Augustin (1985). Conforme os autores os sítios geomorfológicos são unidades da vertente que morfologicamente são exatamente delimitadas por descontinuidades de gradiente e apresentam uniformidades internas.

Os solos da Vertente da Cascatinha (Figura 7) se desenvolveram sobre o substrato geológico dos dolomitos. Esta vertente está localizada nas coordenadas UTM 23K 0614665 longitude oeste e 7794152 latitude sul seguindo-se em direção linear e perpendicular às curvas de nível em direção ao talvegue. Possui em sua seção perpendicular representativa, de 129m de comprimento, estando o topo numa altitude de 1130m.

A vertente possui aproximadamente 129 metros e foi dividida em quatro compartimentos geomorfológicos (Figura 8), em função das rupturas de declive. Entre 0 e 20m do topo existe um compartimento de forma retilínea de superfície suave, com leve ruptura de declividade aos 20m. Entre 20 e 50 m do topo existe um compartimento de forma retilínea-convexa, bem suave sem muita alteração de declividade aos 50m há uma ruptura do declive, passando para uma conformação côncava-retilínea suave, que se mantém até os 120m do topo. A partir dessa distância, há nova ruptura de declive e observa-se um compartimento de forma convexa-retilínea, que segue até o fundo do vale.

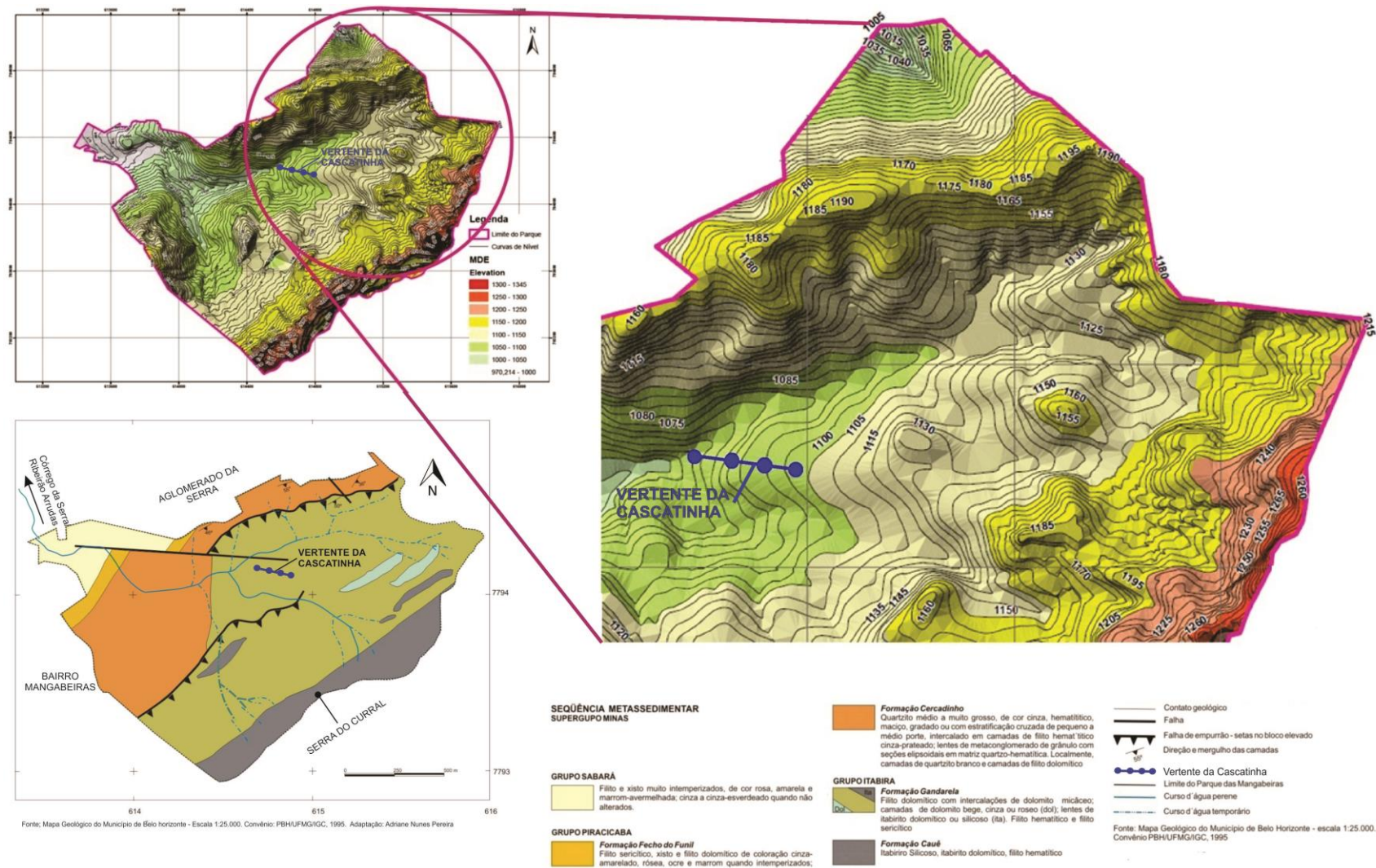
Foram selecionados 4 pontos, onde foram abertas trincheiras para coleta de amostras, em distâncias de 20, 50, 90 e 125 metros a partir do topo. As trincheiras foram abertas com 2 metros de profundidade e no exame do perfil pedológico, todas as camadas ou horizontes foram descritas e coletadas segundo o Manual de Descrição e Coleta de Solos em Campo (SANTOS *et al*, 2013).



Figura 5 – Vista Geral da Vertente da Cascatinha. Fonte: Alisson Duarte Diniz.



Figura 6 – Vista superior do Parque Municipal das Mangabeiras e localização da Vertente da Cascatinha. Fonte: Google Earth 2012.



Elaboração do Mapa Topográfico: Felipe Ribeiro Curado Fleury. Adaptado por Adriane Nunes Pereira

Figura 7 – Mapa de localização da vertente da Cascatinha (Fonte: Pereira, 2007). Adaptado por Adriane Nunes Pereira.

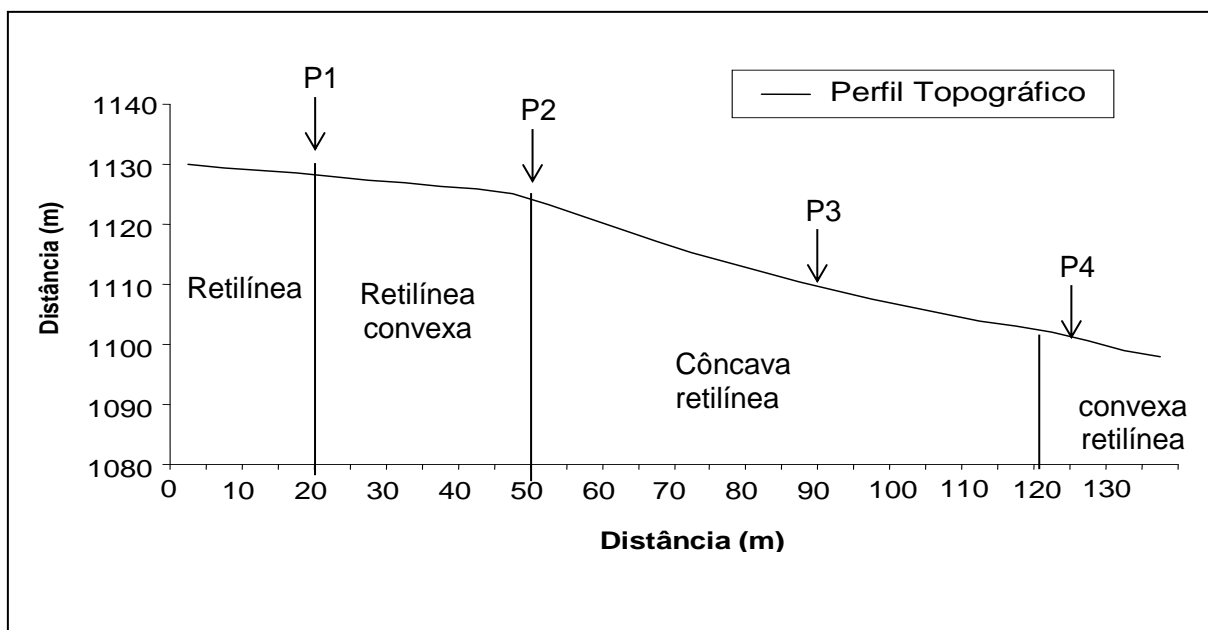


Figura 8 – Perfil Topográfico da Vertente da Cascatinha / Compartimentos Geomorfológicos.

4.2. Coleta e preparo das amostras

Depois de selecionadas as áreas de amostragem, realizaram-se as coletas das amostras de acordo com o método utilizado por Santos *et al* (2013). As amostras foram coletadas, acondicionadas em sacos plásticos, armazenadas e catalogadas.

Para a realização das análises químicas, físicas e mineralógicas das amostras de solos, seguiram-se as seguintes etapas de preparo, de acordo com Gomes (1984):

- a) Secagem;
- b) Limpeza das amostras de solo;
- c) Destorroamento;
- d) Quarteamento.

Após a conclusão destas etapas, realizaram-se as seguintes análises:

- Análise da fração grosseira e TFSA (terra fina seca ao ar) por peneiramento (NBR 7181/84);
- Análise Granulométrica (Dispersão Total) (EMBRAPA, 1997);

- Análise mineralógica por Difração de Raios-X (BESOAIN, 1985);
- Análise da química total por fluorescência de Raios-X (CDTN);
- Ataque sulfúrico (EMBRAPA, 1997);
- Análise de pH em H₂O (EMBRAPA, 1997);
- Ferro, alumínio e manganês extraídos pelo ditionito-citrato-bicarbonato de sódio e oxalato de amônio (EMBRAPA, 1997).

4.3. Análise da fração grosseira e TFSA (terra fina seca ao ar) por peneiramento.

As amostras foram peneiradas de acordo com NBR 7181/84, num agitador Fritsch Rilverisette, modelo 00501 (Figura 9), por 20 minutos e separadas nas seguintes frações:



Figura 9 – Processo de peneiramento das amostras (Foto: Adriane Nunes Pereira).

- Pedregulho/cascalho: fração acima de 2,00mm – Acima Mesh 9”.
- Areia grossa: diâmetro entre 2,00mm e 0,42mm – Entre Mesh 9” e Mesh 35”.
- Areia fina: diâmetro entre 0,42mm e 0,053mm – Entre Mesh 35” e Mesh 270”.
- Silte/argila: diâmetro abaixo de 0,53mm – Abaixo do Mesh 270”.

4.4. Análise Granulométrica (Dispersão Total) (EMBRAPA, 1997).

É realizada a partir da dispersão de 20 g de TFSA com NaOH 0,1 mol/L e agitação em alta rotação (12.000 rpm) (Figura 10), durante 15 minutos. As frações areia grossa e fina são separadas por tamização em peneiras com malhas de 0,2 e 0,053 mm de abertura, respectivamente. A fração argila é determinada pelo método da pipeta, e a fração silte, calculada por diferença (EMBRAPA, 1997).

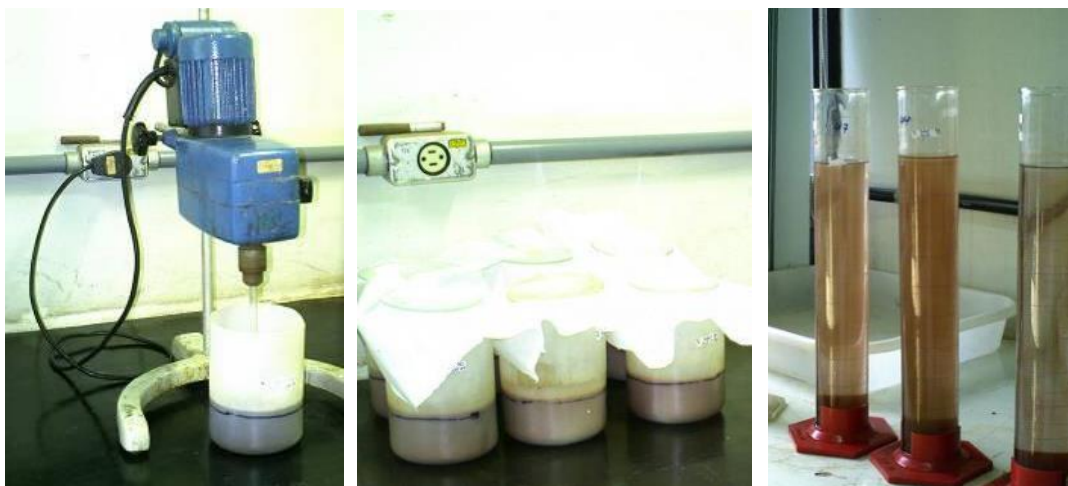


Figura 10 – Etapas da análise granulométrica das amostras (Foto: Adriane Nunes Pereira).

4.5. Análise mineralógica por difratometria de Raios-X.

Amostras das frações totais foram pulverizadas utilizando-se o pulverizador H.G. Herzog – HTP40 (Figura 11), depois moídas em almofariz de ágata e montadas em laminas de vidro (amostras orientadas) (Figura 12a), utilizando a técnica do esfregaço, para identificação dos minerais por DRX conforme Besoain (1985). Os difratogramas de Raios-X foram obtidos em um espectrômetro de Raios-X – Rigaku Dentil – 4053 A3, munido de um tubo de cobre e monocromador de grafite (Figura 12b). Os difratogramas foram obtidos a temperatura ambiente usando radiação $K\alpha$ do Cu ($\lambda = 1,5406 \text{ \AA}$), e uma variação angular de 5° a 70° , com passo de 8° , e tempo de integração de 1 minuto por ponto, utilizando NaCl como padrão interno, foi operado a 35mA e 40 kV, para todas as análises realizadas (GOMES, 1984).

Os dados obtidos foram tratados numericamente, por meio do programa DIFRA10. Os minerais foram identificados através das distâncias interplanares, e pela altura dos picos de difração, auxiliados por duas tabelas, uma de conversão dos valores em ângstrom para um coeficiente padronizado e outra de identificação dos picos para cada mineral. A confirmação da presença de magnetita, cujos picos são concordantes com os da hematita, é feita através do método de magnetismo manual, utilizando-se de uma pequena quantidade de amostra pulverizada e um ímã, com uma proteção removível de metal.



Figura 11 – Equipamento utilizado para pulverização. (Foto: Adriane Nunes Pereira).

a)



b)



Figura 12 – (a) Material utilizado para confecção das lâminas de vidro orientadas. (b) Equipamento utilizado para difratometria de Raios-X (Foto: Adriane Nunes Pereira)

4.6. Análise química total: fluorescência de Raios-X

A determinação do teor total dos elementos químicos nas amostras foi realizada no EC4 – SERVIÇO DE TECNOLOGIA MINERAL – CDTN / CNEN - Belo Horizonte (MG), utilizando o espectrômetro de fluorescência de Raios-X por energia dispersiva, marca Shimadzu, modelo EDX-720, com tubo de ródio e detector de silício-lítio e o processo de perda ao fogo (Pf), em forno Mufla Magnus, determinado pela calcinação a 1000 °C, até a constância de massa. As amostras foram moídas e levadas ao laboratório para serem decompostas em forno de micro-ondas, tendo sido adotadas amostras de 800 mg de material e adicionados 4 ml de ácido nítrico concentrado, além de 2ml de peróxido de hidrogênio. Para a varredura e quantificação dos elementos foram utilizados 2g de cada amostra, determinando os seguintes elementos: Al₂O₃; BaO; Fe₂O₃; K₂O; NbO; Rb₂O; SiO₂; SO₃; TiO₂; V₂O₅; Y₂O₃; ZrO₂.

4.7. Análise de ataque sulfúrico

Os teores de Fe, Al, Ti, Mn e Si foram determinados após o tratamento da TFSA com H₂SO₄ 1:1 (volume - ataque sulfúrico). De acordo com a Embrapa (1997): *“O extrato sulfúrico produzido com essa força iônica pressupõe que somente minerais secundários (argilo-minerais) são dissolvidos e assim os percentuais de Fe, Al, Si, Ti são próximos aos da fração coloidal do solo”*.

A partir dos teores de óxidos em percentagem obtidos pelo ataque sulfúrico foram calculadas as relações moleculares Ki [(% SiO₂ x 1,697)/% Al₂O₃] e Kr ((% SiO₂ x 1,697)/[% Al₂O₃] + (% Fe₂O₃ x 0,64)], utilizadas como índices de intemperismo do solo sendo apropriadas para caracterização de amostras de solos, principalmente de solos lateríticos, como os Latossolos (EMBRAPA, 1997; 2013). Foram obtidos extratos pela digestão em três repetições da TFSA, moída e passada em peneira com malha de 0,5 mm, com H₂SO₄ 9 mol L⁻¹ na proporção 1:20, com aquecimento de 170 °C por 1h e filtragem em papel de filtro lento, sendo determinados os teores de ferro e manganês por espectrofotometria de absorção atômica no extrato

sulfúrico; os teores de alumínio, por complexometria com EDTA, a sílica, por gravimetria e o titânio, por colorimetria.

A interpretação dos valores de K_i e K_r , conforme Embrapa (2013; p.277,288) fornece informações sobre o grau de intemperismo, de acordo com o exposto abaixo:

- $K_i > 0,75$ e $K_r > 0,75$ sugerem solos caulíníticos;
- $K_i > 0,75$ e $K_r \leq 0,75$ sugerem solos caulíníticos-oxídicos;
- $K_r \leq 0,75$ sugere solos oxídicos (hematíticos ou goethíticos);
- $K_i \leq 0,75$ e $K_r \leq 0,75$ sugerem solos gibbsíticos/oxídicos;
- $K_i < 2,2$ sugerem solos lateríticos, mais intemperizados.

4.8. Análise de pH

Esta análise teve como objetivo avaliar a acidez do solo. Para determinar o pH, 3 repetições de 10 cm³ cada amostra foram colocadas em recipientes, onde foram adicionados 25ml H₂O. Todas foram agitadas por dois minutos e deixadas em repouso por uma hora, após este repouso realizou-se a leitura do pH de cada amostra com o peagâmetro.

4.9. Ferro, alumínio e manganês extraídos pelo ditionito-citrato-bicarbonato de sódio e oxalato ácido de amônio.

O Ferro, o alumínio e o manganês foram analisados através da extração pelo ditionito-citrato-bicabornato de sódio e oxalato ácido de amônio, seguindo a metodologia da Embrapa (1997). Para interpretar a pedogênese e avaliar as condições e intensidade do intemperismo, no entendimento do comportamento físico e químico do solo e para sua classificação torna-se necessário conhecer a distribuição relativa das diferentes formas de ferro: (a) ferro total determinado pelo ataque sulfúrico (Fe_s); (b) Ferro constituinte dos óxidos de ferro pedogênicos (Fe_d), e (c) ferro constituinte dos óxidos de ferro pedogênicos de baixa cristalinidade (Fe_o) (INDA JÚNIOR & KÄMPF, 2003).

Para as extrações das diferentes frações de ferro e alumínio, foram utilizadas três repetições de amostras de argila, moídas e passadas em peneira com malha de 0,21 mm. As formas de Fe livre foram extraídas com ditionito-citrato-bicarbonato de sódio $0,3 \text{ mol L}^{-1}$ na proporção 1:20, permanecendo em “banho Maria” a $75 \text{ }^\circ\text{C}$ sob agitação constante por 30 minutos, sendo, em seguida centrifugado a 2.500 rpm por 15 minutos em seis extrações sucessivas (EMBRAPA, 1997). Podendo ser determinado também o extrato de Al. As formas de Fe e Al de baixa cristalinidade foram extraídas com oxalato ácido de amônio em concentração de $0,33 \text{ mol L}^{-1}$ a pH 3,0 na proporção de 1:40, com agitação por 4h na ausência de luz e centrifugação a 2.500 rpm por 15 min. Todas as determinações de Fe e Al foram feitas por espectrometria de emissão de plasma indutivamente, nos respectivos extratos.

4.10. Análise dos resultados.

Após a obtenção dos resultados laboratoriais compilados aos dados e informações obtidas em campo, deu-se a classificação dos solos até o quarto nível categórico, de acordo com os requisitos estabelecidos pelo Sistema Brasileiro de Classificação de Solos - SiBCS (EMBRAPA, 2013). A partir dos resultados e classificação dos solos foram realizadas discussões sobre os processos pedogenéticos atuantes, a influência do material de origem e do relevo na gênese dos solos.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Propriedades morfológicas e granulométricas da cobertura pedológica

No perfil 1 (Figura 13) localizado à 20m do topo da vertente estudada, identificou-se um Latossolo Vermelho férrico ⁽⁴⁾ típico (Tabela 3) muito argiloso, de acordo com a análise granulométrica da TFSA (Tabela 4). Este apresentou características morfológicas de cor homogênea (vermelho escuro acinzentado) com dois horizontes, Af e Bwf. Encontrou-se no horizonte Bwf, aproximadamente 12% de cascalho (pouco cascalhento, de acordo com a análise granulométrica da fração grosseira) aparentando ser fragmentos de hematita e nódulos milimétricos concrecionados. Encontra-se em um compartimento de superfície suave e com mínimas alterações de declividade, o que possibilitou maior aprofundamento do perfil, onde o processo de pedogênese supera o de erosão. A relação silte/argila da matriz em todos os horizontes demonstra um alto grau de intemperismo, apresentando valores abaixo de 0,28.



Figura 13 – Perfil 1 – Foto: Adriane Nunes Pereira

⁴ Utilizou-se o termo férrico, pois não foram realizadas análises que permitam caracterizar os solos como ácidos, alumínicos, distróficos ou eutróficos.

No perfil 2 (Figura 14) encontrou-se um Latossolo Vermelho férrico⁽⁴⁾ petroplíntico (Figura 15) com características concrecionárias, a 50m do topo desta vertente. Através da análise granulométrica foi considerado um solo muito cascalhento, e muito argiloso (Tabela 3). Este apresentou características morfológicas (Tabela 4) de cor homogênea (bruno avermelhado escuro), com quatro horizontes, Af, BAf, Bwf e Crf.

Em meio ao material fino dos horizontes Af, BAf e Bwf, de estrutura granular muito pequena a pequena, foram encontrados fragmentos desorganizados de itabirito, quartzo de concreções ferruginosas . O horizonte Crf é composto por cascalhos e calhaus com pouco material fino na parte superior e por muitos calhaus com quase ausência de material fino, na base, não sendo possível realizar análise de consistência. Encontra-se após a primeira ruptura de declividade, em um compartimento de forma retilínea-convexa.

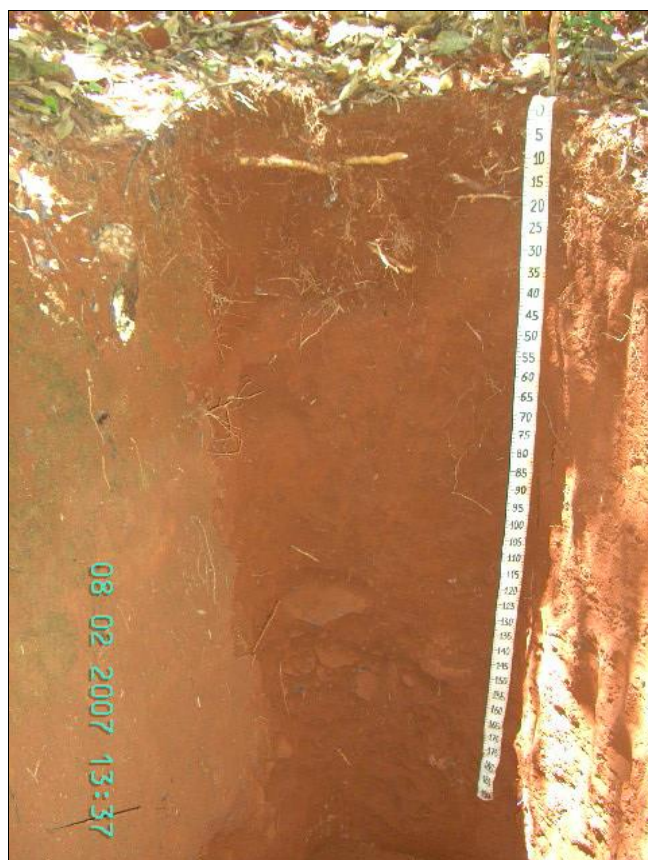


Figura 14 – Perfil 2 – Foto: Adriane Nunes Pereira

Figura 15 - Perfil Topográfico da Vertente da “Cascatinha” com localização dos perfis.

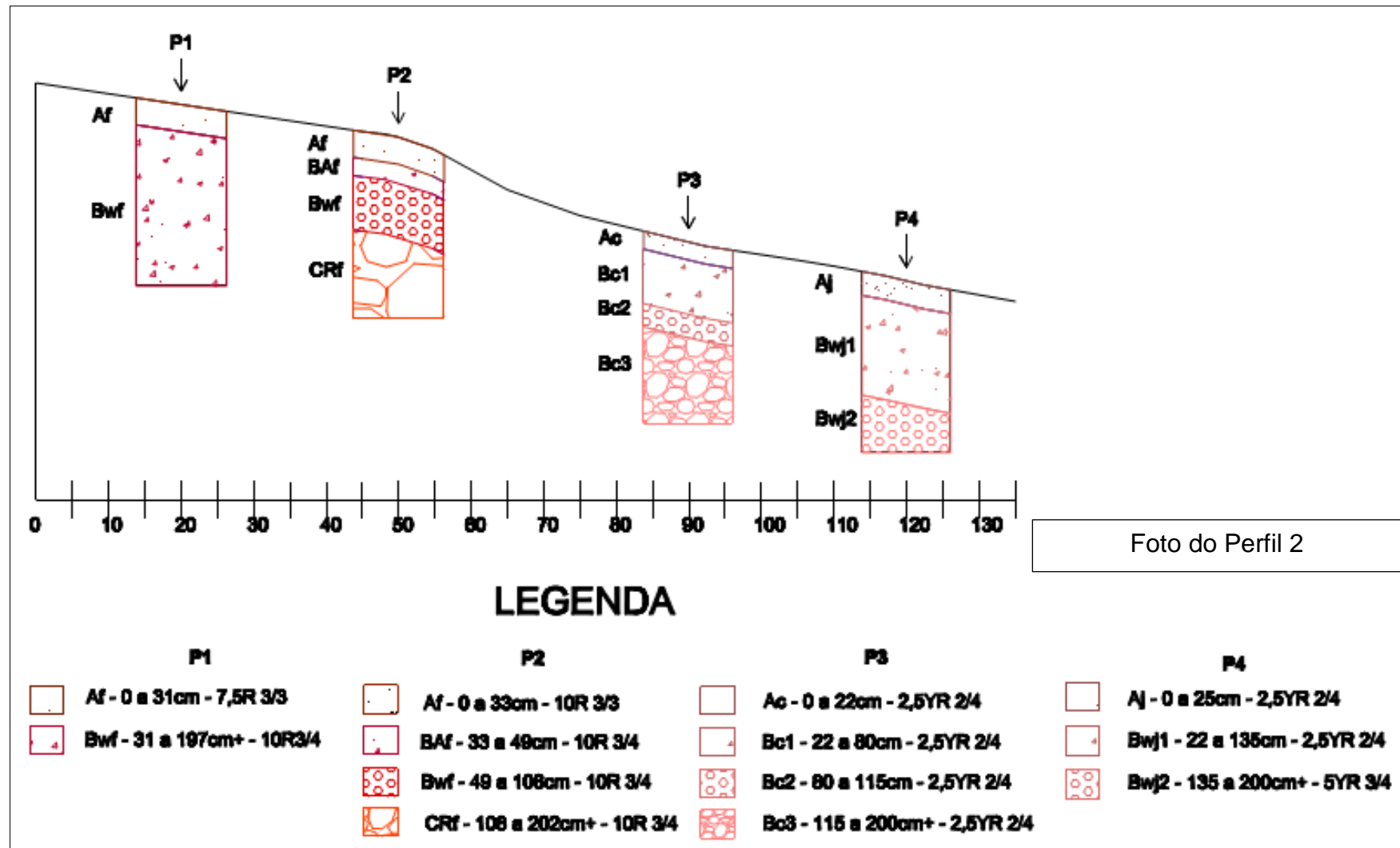


Foto do Perfil 2

Tabela 3 – Características morfológicas dos perfis estudados.

Perfil	Horiz.	Profund. (cm)	Cor	Classe Textural ⁽¹⁾	Estrutura ⁽²⁾			Consistência ⁽³⁾	Transição ⁽⁴⁾
					Grau	Tamanho	Tipo		
Latossolo Vermelho férrico típico									
1	Af	0 a 31	7,5YR 3/3	mag/c/cas	mod/fr	med/gran	gran	ld; mf; lpl; pg	gr
	Bwf	31 a 96	10R 3/4	mag/c/cas	mod	peq/ med	bl subang/gran	m; mf; pl; pg	-
Latossolo Vermelho férrico petroplúntico									
2	Af	0 a 33	10R 3/3	mag/c/casc	mod	peq/med	gran	m; f; lpl; lpg	gr
	Baf	33 a 49	10R 3/4	mag/casc	mod	mpeq/peq	gran	m; f; pl; pg	cl
	Bwf	49 a 108+	10R 3/4	mag/mcasc	fr/mod	mpeq/peq	gran	m; mf; pl; pg	cl
	CRf	108 a 202+	10R 3/4	-	fo	-	-	-	-
Plintossolo Pétrico concrecionário latossólico									
3	Ac	0 a 22	2,5YR 2/4	mag/cas	mod	mpeq/peq	gran	ld; fi; lpl; pg	di
	Bc1	22 a 80	2,5YR 2/4	ag/casc	fr/mod	mpeq/peq	gran	m; mf; lpl; lpg	di
	Bc2	80 a 115	2,5YR 2/4	ag/mcasc	fr/mod	mpeq/peq	gran	m; mf; lpl; lpg	di
	Bc3	115 a 200+	2,5YR 2/4	ag/mcasc	fr/mod	mpeq/peq	gran	-	-
* Os cascalhos aumentam de tamanho com o aumento da profundidade.									
Latossolo Vermelho perférrico típico									
4	Aj	0 a 25	2,5YR 2/4	ag/c/casc	mod	mpeq/peq	gran	ld; fi; pl; pg	di
	Bwj1	25 a 135	2,5YR 2/4	ag/c/casc	mod	mpeq/peq	gran	ld; mf; lpl; pg	di
	Bwj2	135 a 200+	5YR 3/4	ag/c/casc	mod	mpeq/peq	gran	ld; mf; lpl; pg	-

(1) Textura: (faga - franco argilo arenosa; fag - franco argilosa; f - franca; fs - franco siltosa; s - siltosa; sag - silte argilosa; ags – argilo siltosa; ag- argilosa; mag- muito argilosa; fa- franco arenosa; c/casc – com cascalho; casc - cascalhento; mcasc – muito cascalhento). (2) Estrutura: grau (fr - fraco; mo- moderado; fo- forte; / = que se desfazem); tamanho(mpeq- muito pequena; peq- pequena; med- média; gr - grande; / = que se desfazem); tipo(ma- maciça; ba- blocos angulares; bsa- blocos subangulares; gran- granular; / = que se desfazem). (3) Consistência: seca (ld- ligeiramente dura; m- macia; d- dura) úmida(f - friável; fi - firme; mf – muito friável) molhada(pl - plástica; mpl - muito plástica; lpl - ligeiramente plástica; npl - não plástica; lpg - ligeiramente pegajosa; mpg - muito pegajosa; pg - pegajosa; npg não pegajosa). (4) Transição (ab - abrupta; cl - clara; gr - gradual; di - difusa; pn - plana; on - ondulada; de - descontinua).

Tabela 4 – Características granulométricas dos perfis estudados.

Perfil	Horiz.	Profund. (cm)	Fração Total				TFSA			
			Cascalho	Areia Grossa	Areia Fina	Mat. Fino	Areia	Silte	Argila	Silte/argila
			%	g.kg ⁻¹						
1	Af	0 a 31	3,07	474,7	417,9	76,9	200,8	80,8	718,3	0,11
	Bwf	31 a 200+	12,7	398,8	223,4	251,2	169,1	76,2	754,7	0,10
2	Af	0 a 33	11,3	586,8	264,3	35,8	301,3	83,1	615,6	0,13
	BAf	33 a 49	39,6	317,1	252,1	34,6	264,2	95	640,8	0,15
	Bwf	49 a 108	64,5	319,3	2,8	32,8	299	142	559,1	0,25
	CRf	108 a 202+	49,7	170,9	259,3	73,5	302,8	164	532,8	0,31
3	Ac	0 a 22	12,7	531,8	306,3	34,8	285,9	116	598,4	0,19
	Bc1	22 a 80	26,1	257,4	434,4	47,4	231,1	123	646,4	0,19
	Bc2	80 a 115	70,1	86,9	156,4	56,4	329,3	97,5	573,2	0,17
	Bc3	115 a 200+	53,7	202,5	155,3	105,1	238,8	167	593,8	0,28
4	A	0 a 25	12,8	630,4	209,4	32,4	366,8	133	500,2	0,27
	Bwj1	25 a 135	9,4	275,5	561,5	69,5	275,3	130	594,6	0,22
	Bwj2	135 a 200+	14,4	219,6	545,2	90,9	272	138	590,2	0,23

O perfil 3 (Figura 16), um Plintossolo Pétrico concrecionário latossólico está situado a 90m do topo, caracteriza-se como continuidade do perfil anterior, menos profundo. Este apresentou características morfológicas (Tabela 3) de cor homogênea (bruno avermelhado escuro), com quatro horizontes, Ac, Bc1, Bc2, Bc3. Abaixo dos 57 cm de profundidade, em meio ao material pedológico fino, existe uma camada de fragmentos densa, composta por cascalhos e calhaus de até 15 cm. Essa camada é composta por fragmentos desorganizados em diferentes estágios de alteração (possíveis concreções ferruginosas entre hematitas e quartzos). Através da análise granulométrica, o perfil foi considerado muito cascalhento, em meio a uma matriz argilosa (Tabela 4). Devido à presença considerável de cascalho no horizonte Bc3, não foi possível realizar análise de consistência. Este perfil está localizado em um compartimento de forma côncava – retilínea.



Figura 16 – Perfil 3 – Foto: Adriane Nunes Pereira

O perfil 4 (Figura 17) foi classificado também como Latossolo Vermelho perférrico típico e está localizado na baixa vertente à 125m do primeiro perfil. Identificou-se, nesse segmento, um solo mais profundo e muito poroso. Em função da granulometria, foi classificado como argiloso pouco cascalhento (Tabela 4). As

características morfológicas (Tabela 4) mostram uma cor homogênea (bruno avermelhado escuro) com três horizontes, Aj, Bwj1, Bwj2. Foram observados nódulos ferruginosos pequenos e arredondados, além de pequena quantidade de fragmentos desorganizados no tamanho cascalho, de concreções de itabirito e de quartzo. Está localizado após a última ruptura do relevo, em um compartimento de forma convexa-retilínea, proporcionando a deposição do material pedológico, o que explicaria a diferença entre este solo e o do perfil anterior.

Esta vertente apresentou por toda a sua extensão uma baixa relação silte/argila, variando entre 0,10 e 0,31, comprovando um grau mais avançado de intemperismo. Os fragmentos encontrados foram classificados como lâminas de hematita, nódulos concrecionários ferruginosos e quartzo, e sua fração cascalho denota um grau diferenciado de intemperismo do solo que o envolve. Os fragmentos maiores ocorrem normalmente em forma de camadas, e os menores dispersos nos solos mais porosos. As cores predominantes de matriz 10R e 2,5YR comprovam a interferência do Fe_2O_3 no solo, além de ser uma característica comum de Latossolos Vermelhos Perféricos (Ker, 1998), plínticos e petroplínticos (EMBRAPA, 2006).



Figura 17 – Perfil 4 – Foto: Adriane Nunes Pereira

5.1.1. Propriedades geoquímicas da cobertura pedológica

5.1.1.1. Análise química total.

A vertente da Cascatinha apresentou um teor de Fe_2O_3 bem elevado (Tabela 5) por toda a sua extensão, variando entre 292,0 e 388,0 g.Kg^{-1} , valores provavelmente influenciados pelos itabiritos, ou pelas couraças presentes nas áreas de cristas dessa região, ou pelas concreções ferruginosas encontradas nos horizontes. Oliveira (1999), em seus estudos sobre solos provenientes de rochas calcárias, na cidade de Gouveia/MG, encontrou teores de ferro relativamente baixos, variando de 23,3 a 120,0 g.Kg^{-1} , mostrando que os valores encontrados são altos para solos formados de rochas carbonáticas como os dolomitos da área de estudo, mostrando a influência de outros materiais mais ricos em ferro na gênese desses solos.

Outros elementos deveriam se destacar por serem típicos de solos provenientes de rochas dolomíticas, no caso o cálcio (CaO) e o magnésio (MgO), que aparecem nos horizontes mais profundos de todos os perfis, porém em baixíssima quantidade, com valores entre 0,10 e 3,90 g.Kg^{-1} para o cálcio (CaO) e de 0,20 a 1,40 g.Kg^{-1} , para o Magnésio (MgO), levantando-se a hipótese de que o solo se formou sobre material coluvial, o que explicaria sua pobreza em relação ao suposto material de origem.

De acordo com Carvalho Filho (2011), os dolomitos da Formação Gandarela possuem elevado teor de Mn, variando de 69 a 73 g.Kg^{-1} , o que não foi observado nos solos estudados, que apresentaram valores muito baixos, entre 1,6 e 11,4 g.Kg^{-1} , havendo apenas uma anomalia no perfil 3 Hz Bc2, que atingiu os 99,6 g.Kg^{-1} , demonstrando que exatamente neste pode existir a influência da litologia local ou de detritos desta .

A sílica (SiO_2), em toda a vertente, possui valores bem representativos, diferentes dos valores encontrados sobre os dolomitos. Carvalho Filho (2008) afirma que a sílica é encontrada em maior quantidade nas rochas itabiríticas do Quadrilátero Ferrífero (QF) e não nos dolomitos. Oliveira (1999), ao encontrar teores mais elevados de SiO_2 em rochas calcárias, os associou a sedimentos que

possivelmente seriam mais ricos nesse elemento do que o calcário. Assim, os teores de sílica mais representativos também parecem indicar uma influência de material coluvial na origem desses solos.

Os valores de Al_2O_3 encontrados variam entre 110,9 e 302,0 g.Kg^{-1} , maiores que os encontrados por Carvalho Filho (2008) para solos originados de dolomitos no QF, que ficaram entre 23,0 e 93,0 g.Kg^{-1} , indicando, novamente, a influência de materiais diversificados na gênese dos solos desta vertente, sendo este elemento encontrado em grande quantidade em colúvios de canga. .

Tabela 5 – Análise química total.

Perf.	Horiz	Prof. (Cm)	Al ₂ O ₃	BaO	CaO	Cr ₂ O ₃	CuO	Fe ₂ O ₃	K ₂ O	MgO	MnO	Na ₂ O	SiO ₂	SO ₃	TiO ₂	ZrO ₂
Cascatinha																
g.Kg⁻¹																
P1	Af	0 a 31	261,00	-	-	0,56	-	296,00	4,20	-	4,50	-	309,00	9,00	14,00	0,37
	Bwf	31 a 200⁺	302,00	5,00	0,10	0,58	-	241,00	4,40	0,20	1,60	10,90	236,00	17,60	14,00	0,36
P2	Af	0 a 33	261,00	-	-	0,60	0,55	337,00	1,90	-	6,10	-	219,00	16,00	12,60	-
	BAf	33-49	252,00	-	-	0,58	0,16	422,00	1,90	-	7,20	-	199,00	14,50	11,50	0,30
	Bwf	49 a 108	221,60	-	0,20	0,12	-	328,40	-	0,20	4,70	9,80	217,60	-	8,80	0,22
	Crf	108 a 202⁺	110,90	-	-	-	-	371,00	-	1,40	3,80	-	239,80	-	6,50	-
P3	Ac	0 a 22	260,80	-	-	-	-	329,00	-	-	2,20	-	146,70	-	9,70	-
	Bc1	22 a 80	247,00	-	-	0,68	-	388,00	1,50	-	6,80	-	200,00	5,50	11,60	0,25
	Bc2	80 a 115	201,00	-	-	-	-	418,00	1,90	-	99,60	-	167,00	8,50	7,50	-
	Bc3	115 a 200⁺	151,50	-	3,90	0,11	-	292,00	-	0,40	2,80	27,90	148,90	-	6,80	0,16
P4	Aj	0 a 25	202,00	-	1,20	0,60	-	339,00	2,00	-	11,40	-	208,00	13,10	11,00	0,30
	Bwj1	25 a 135	251,00	-	0,65	0,56	-	365,00	-	-	7,10	-	204,00	16,00	10,30	-
	Bwj2	135 a 200⁺	131,50	0,07	0,10	0,05	-	303,80	-	0,50	3,00	7,80	164,90	-	11,70	0,15

(-) Valores abaixo dos níveis de detecção das análises.

5.1.1.2. Resultado da relação molecular Ki, Kr, pH (H₂O) e teores de óxidos obtidos por ataque sulfúrico.

Na tabela 6 se encontram os teores dos elementos químicos obtidos através do ataque sulfúrico, nos solos estudados. O teor de óxido de ferro (Fe₂O₃) possibilita uma melhor classificação dos solos (EMBRAPA, 2013).

A EMBRAPA (2013, p.21) determina que os teores de óxido de ferro possam ser usados para separar:

- *solos com baixo teor de óxidos de ferro: teores < 80g/kg de solo (hipoférrico);*
- *solos com médio teor de óxidos de ferro: teores variando de 80 a < 180g/kg de solo (mesoférrico);*
- *solos com alto teor de óxidos de ferro: teores de 180g/kg a < 360g/kg de solo (férrico); o termo férrico é aplicado também na classe dos NITOSSOLOS para solos que apresentem teores de Fe₂O₃ (pelo H₂SO₄) ≥ 150g/kg e menor que 360g/kg de solo; e*
- *solos com muito alto teor de óxidos de ferro: teores ≥ 360g/kg de solo (perférrico).*

Conforme a tabela 6, no perfil 1, 2 e 3 os teores de ferro encontrados foram menores do que os valores encontrados no perfil 4, enquadrando-os na classe dos férricos. Entretanto no perfil 4 o teor de Fe₂O₃ foi maior que nos outros perfis, referindo-o na classe dos perférricos.

O teor de SiO₂, Al₂O₃ e fósforo (P₂O₅) encontrados foram bem baixos em relação ao teor de Fe₂O₃, valores já esperados devido á composição das rochas identificadas no local, itabirito (colúvio, pois esta rocha encontra-se originalmente nas áreas de crista e não em áreas planas) e dolomito (material subjacente à formação pedológica), estas deficientes destes elementos.

Os baixos valores de MnO refletem também a pobreza do material de origem e uma possível lixiviação deste elemento, sendo, neste caso, juntamente com o ferro, um importante diferenciador de ambiente, conforme Oliveira (1999). O TiO_2 não é um bom indicador para a gênese desses solos devido à complexidade da formação pedogeomorfológica desta vertente.

Com relação ao K_i , observam-se valores muito baixos, o que pode ser interpretado como um indício de maior grau de intemperização dos solos. Entretanto, Ramos (1981) e Ker (1995) alegam que não necessariamente solos com baixo K_i conotam intemperização intensa, podendo sim estar relacionado com a natureza da rocha, fato corroborado por Carvalho Filho (2008), para os solos originados do itabirito e do dolomito ferruginoso, do Quadrilátero Ferrífero (QF).

O coeficiente K_r indica se um solo é caulínítico ($> 0,75$) ou oxídico ($< 0,75$), confirmando a presença ou não de óxidos no solo (Ker, 1998). Analisando esta vertente, verificou-se que os perfis 1 e 2 são caulíníticos enquanto os perfis 3 e 4 são oxídicos, fato surpreendente considerando a litologia e o elevado teor de óxidos de ferro, encontrados na ataque sulfúrico e na determinação total. Kotschoubey, Duarte & Truckenbrodt (1999), Coelho & Vidal-Torrado (2003), Teske *et al* (2013) afirmam que pode ocorrer a neogênese dos argilominerais que seriam formados a partir dos íons (Al, Si e bases) liberados e presentes na solução do solo, no caso da caulinita a mesma sofreria neoformação devido à sua alta desordem estrutural, o que sugeriria formação de frentes diferenciadas de intemperização.

O pH encontrado em todos os perfis, permite afirmar que os solos são fortemente ácidos (EMBRAPA, 2013) com valores baixos de pH, variando entre 4,32 e 5,20, valores normalmente encontrados em solos do Quadrilátero (Carvalho Filho, 2008) e nos Latossolos, em geral (Ker, 1995).

Tabela 6 – Teores de óxidos obtidos através do ataque sulfúrico, relações moleculares e pH dos solos estudados.

Perf.	Horiz	Prof. Cm)	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	TiO ₂	P ₂ O ₅	MnO	Ki ₍₁₎	Kr ₍₂₎	pH (H ₂ O)	Al ₂ O ₃ / Fe ₂ O ₃ (3)	Fe ₂ O ₃ / TiO ₂ (4)
Cascatinha													
g.Kg-1													
P1	Af	0 a 31	229,00	221,20	234,90	4,10	7,00	1,00	1,66	1,14	4,79	1,67	26,98
	Bwf	31 a 200⁺	209,20	209,30	218,50	4,30	5,10	1,90	1,63	1,11	4,32	1,64	24,34
P2	Af	0 a 33	174,50	314,00	193,50	4,60	8,80	3,20	1,53	0,81	4,67	0,97	34,13
	BAf	33-49	193,90	291,80	221,70	4,50	11,20	2,80	1,49	0,88	4,70	1,19	32,42
	Bwf	49 a 108	221,50	344,10	220,20	5,20	9,20	2,20	1,71	0,93	4,88	1,00	33,09
	Crf	108 a 202⁺	240,90	369,80	208,60	4,70	10,50	2,30	1,96	0,99	4,70	0,89	39,34
P3	Ac	0 a 22	159,90	347,60	205,70	4,10	9,30	4,70	1,32	0,69	4,77	0,93	42,39
	Bc1	22 a 80	172,70	341,30	206,50	4,80	9,50	4,70	1,42	0,75	4,95	0,95	35,55
	Bc2	80 a 115	163,90	340,30	213,40	5,10	10,00	3,00	1,31	0,70	4,92	0,98	33,36
	Bc3	115 a 200⁺	157,30	385,50	206,00	5,00	9,50	2,90	1,30	0,64	4,89	0,84	38,55
P4	Aj	0 a 25	146,80	354,80	178,30	4,20	11,00	5,20	1,40	0,66	4,98	0,79	42,24
	Bwj1	25 a 135	146,50	364,50	196,10	4,10	8,20	3,80	1,27	0,62	5,16	0,84	44,45
	Bwj2	135 a 200⁺	134,50	368,90	193,50	4,30	10,50	3,30	1,18	0,57	5,20	0,82	42,90

(1) $Ki = (SiO_2/Al_2O_3).1,7$; (2) $Kr = [SiO_2/(Al_2O_3+0,64.Fe_2O_3)].1,7$; (3) $Al_2O_3/Fe_2O_3 = (Al_2O_3/Fe_2O_3).1,57$; (4) $Fe_2O_3/TiO_2 = (Fe_2O_3/TiO_2).0,5$.

5.1.1.3. Extração do ferro pelo Ditionito/Citrato/Bicabornato (DCB) de Sódio (Fed) e pelo Oxalato Ácido de Amônio (Feo).

Os teores de ferro extraídos pelo DCB foram bem mais elevados do que os extraídos pelo oxalato (Tabela 7), indicando a predominância de formas mais bem cristalizadas dos óxidos de ferro.

Os valores da razão $Fe_d/Fe_2O_{3(s)}$ mostraram uma amplitude de 0,338 a 0,478, menores que 0,8 valor geralmente encontrado nos Latossolos (Kämpf & Curi, 2000 e Vendrame, 2011). Segundo os mesmos autores, tais valores podem ser decorrentes da alta cristalinidade dos minerais ou de substituições isomórficas do Fe pelo Al, reduzindo a velocidade de extração dos óxidos de Fe pelo DCB.

Os teores de Fe_o são extremamente baixos se comparados aos de Fe_d , o que pode ser confirmado pela baixa razão Fe_o/Fe_d (valor máximo de 0,027), evidenciando o predomínio de formas mais cristalinas de óxidos de ferro, característica de solos em avançado estágio de intemperismo ou com material de origem ferruginoso (KÄMPF & CURI, 2000, KÄMPF; SCHEINOST; SCHULZE, 2000 *apud* MELO *et al*, 2001).

Tabela 7 – Resultados da extração do Fe, Al e Mn através do DCB (ditionito-citrato-bicarbonato de sódio) e Oxalato de Amônio.

Perfil	Hz	Prof. (cm)	Fe ₂ O ₃ (1) (g.kg ⁻¹)	Extrator-Citrato Ditionito de Sódio (Fe _d)				Extrator-Oxalato de Amônio (Fe _o) 0,2 mol/L				Fed / Fe ₂ O ₃	Feo / Fed
				g.kg ⁻¹			mg/Kg	g.kg-1			mg/Kg		
				Fe	Al	Mn	Mn	Fe	Al	Mn	Mn		
P1	Af	0 a 31	221,2	102,13	11,84	1,54	1540	2,2	4,2	0,35	358	0,462	0,022
	Bwf	31 a 200 ⁺	209,3	96,78	9,16	1,23	1237	1,5	2,3	0,18	184	0,462	0,015
P2	Af	0 a33	314	112,05	13,12	1,38	1388	3	7,8	0,52	520	0,357	0,027
	BAf	33-49	291,8	98,52	11,8	1,28	1287	2,4	5,6	0,45	458	0,338	0,024
	Bwf	49 a 108	344,1	123,49	11,43	1,89	1893	1,9	2,3	0,17	175	0,359	0,015
	Crf	108 a 202 ⁺	369,8	131,65	7,17	1,71	1717	1,1	1,8	0,07	78	0,356	0,008
P3	Ac	0 a 22	347,6	116,09	12,53	1,89	1893	2,6	7,2	0,9	908	0,334	0,022
	Bc1	22 a 80	341,3	129,15	10,7	1,91	1919	3,4	3,5	0,64	641	0,378	0,026
	Bc2	80 a 115	340,3	142,41	13,87	2,12	2121	2,7	2,1	0,31	312	0,418	0,019
	Bc3	115 a 200 ⁺	385,5	153,67	14,37	2,39	2398	2	2,5	0,22	223	0,399	0,013
P4	Aj	0 a 25	354,8	169,45	17,74	3,12	3125	3	5,7	1,18	1176	0,478	0,018
	Bwj1	25 a 135	364,5	163,16	14,4	2,42	2426	3,7	2,9	0,56	562	0,448	0,023
	Bwj2	135 a 200 ⁺	368,9	169,98	15,77	2,45	2450	2,9	2,9	0,64	648	0,461	0,017

(1) Fe₂O₃ - Teores de ferro determinado pelo ataque sulfúrico.

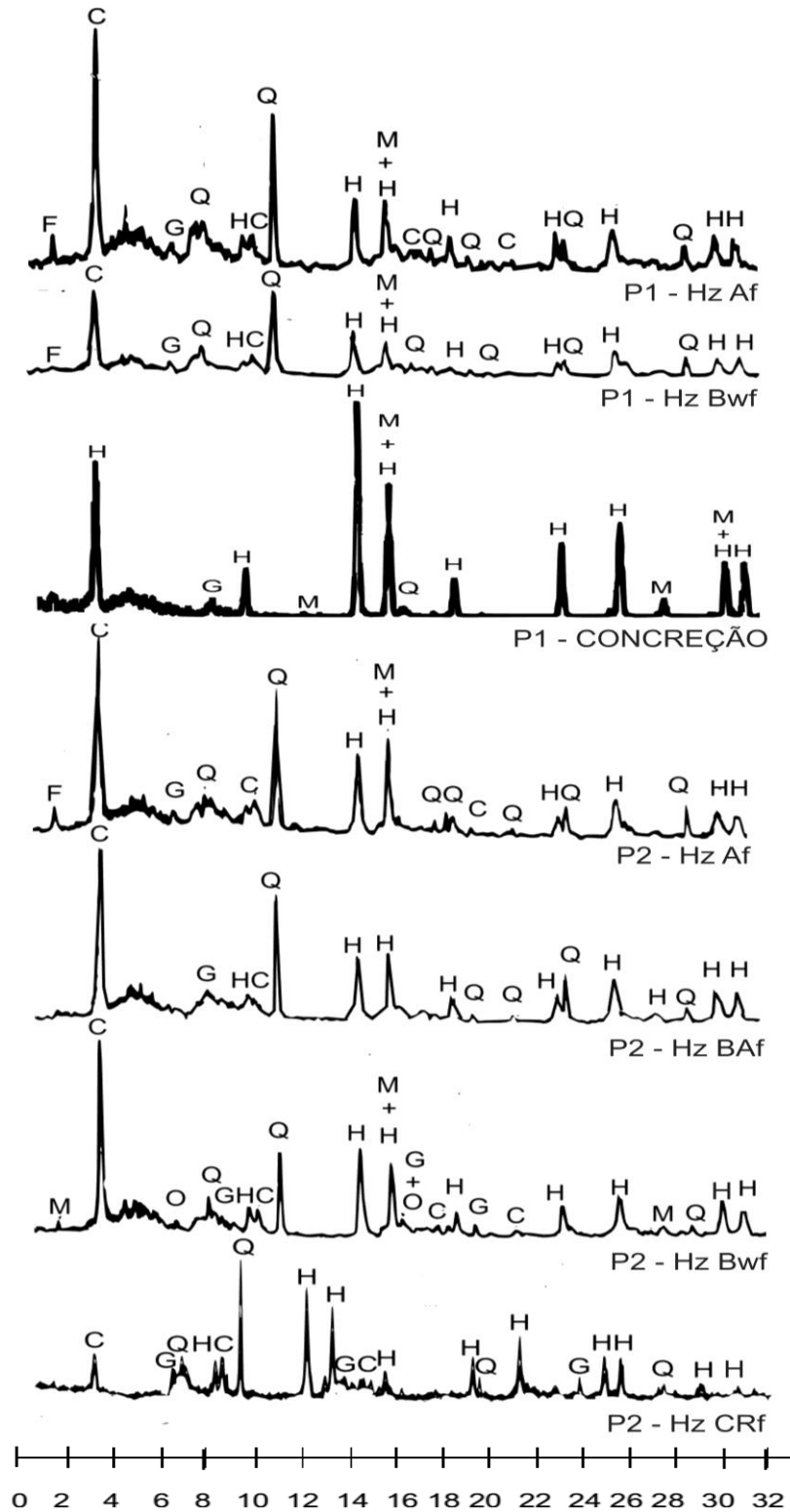
5.1.2. Propriedades mineralógicas dos solos.

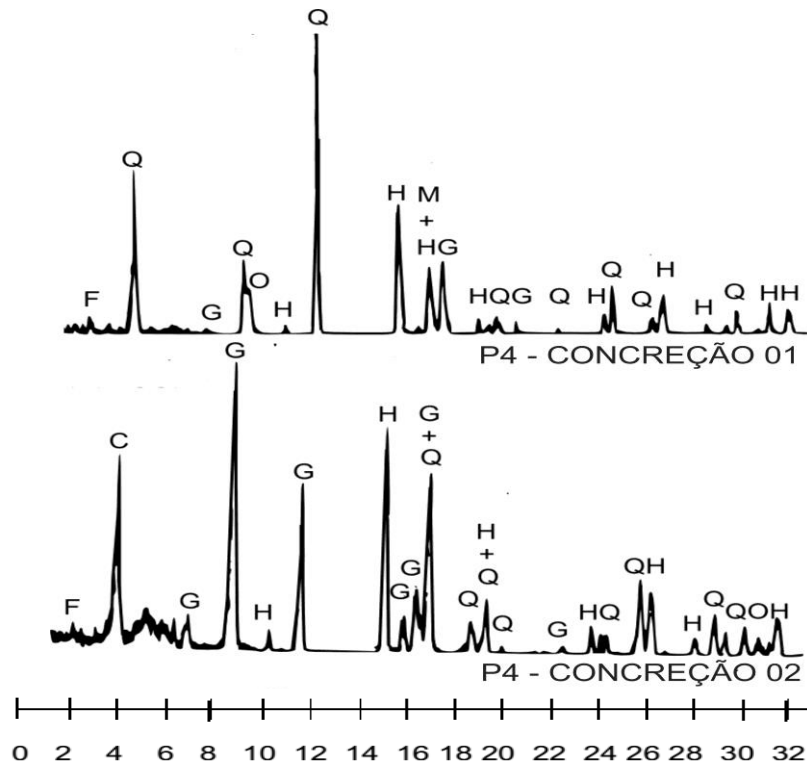
A análise mineralógica da vertente (Figura 8) permitiu avaliar através dos minerais primários e secundários, o grau de intemperismo, como também a relação dos mesmos com a litologia local. A vertente da Cascatinha está localizada sobre os filitos dolomíticos com intercalações de dolomito micáceo (bege cinza e róseo). Nas partes mais altas desta vertente, foram encontradas lentes de itabirito dolomítico indicando a proximidade da formação Cauê. A análise da mineralogia foi feita na TFSA, encontrando em praticamente todos os perfis, hematita, quartzo, caulinita, muscovita, gibbsita, magnetita e haloisita.

A presença da hematita já indicada pela cor (tabela 3) é também observada por Carvalho Filho (2008), onde normalmente acontece associada às rochas com alto teor de ferro (KAMPF & SCHWERTMANN, 1983; KAMPF & CURI, 2000; BOTELHO *et al*, 2006; CORREA *et al*, 2008) o que não é o caso dos dolomitos da área (DORR, 1969; MOREIRA, 1991; RIBEIRO-KWITO & OLIVEIRA, 2004, CARVALHO FILHO *et al*, 2011). A goethita também aparece, em alguns horizontes (Figura 8). Uma possível explicação para a presença marcante da hematita nos solos pode ser a contribuição de materiais mais ricos em ferro (itabiritos dolomíticos da Formação Cauê), bem como de cangas, presentes na alta vertente. Além disso, foram observados em todos os horizontes, durante a coleta do material em campo, a presença de concreções ferruginosas, resultantes do desmantelamento de antigas couraças que cobriam a região, principalmente nas áreas de maior altitude.

Outro aspecto que reforça a hipótese de uma contribuição coluvial na gênese desses solos é a presença da magnetita, mineral primário ausente nos dolomitos, mas de ocorrência comum nos itabiritos (DORR, 1969; MOREIRA, 1991; RIBEIRO-KWITO & OLIVEIRA, 2004, CARVALHO FILHO *et al*, 2008). A presença da caulinita e haloisita vem corroborar os dados do Kr, que caracterizam alguns perfis como caulíníticos. Chama atenção à ocorrência conjunta de muscovita e gibbsita nestes horizontes, o que mostra a complexidade dos solos do Quadrilátero Ferrífero.

Figura 18 – Difratoogramas de raios X da fração argila orientada de amostras de solos desenvolvidos sobre concreções depositadas sobre o Dolomito Ferruginoso, do ambiente Gandarela. H = Hematita, G = Goethita, O = Gibbsita, M = Magnetita, F = Muscovita, A = Haloisita, C= Caulinita, Q = Quartzzo, P = Pirolusita.





Foram também analisadas amostras de três concreções, uma encontrada no perfil 1, outra no perfil 4 e a última, próxima ao talvegue, por onde passa o Córrego da Cascatinha, todas aparentemente roladas das altas vertentes. Todas apresentaram na sua mineralogia presença de hematita, goethita, magnetita e quartzo, mais uma vez indicando que o processo de coluvionamento na área é marcante e contínuo, ou seja, mesmo que parte do solo tenha formação in situ, a influência do material presente na alta vertente é clara quando se analisa as características dos solos, lembrando que a Vertente da Cascatinha ocorre dentro de uma grande encosta regional de maior escala.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Na caracterização dos solos da vertente da Cascatinha, estudada neste trabalho foram identificados os seguintes solos: P1 - Latossolo Vermelho férrico típico; P2 – Latossolo Vermelho férrico petroplíntico; P3 – Plintossolo Pétrico Concrecionário latossólico; P4 Latossolo Vermelho perférrico típico, todos originados sobre um material ferruginoso concrecionado ou uma canga desmantelada, com pouca influência da rocha presente na litologia local, o dolomito.

Os solos encontrados possuem características morfológicas de cor variando entre as matizes 10R, 7,5YR, 5YR e 2,5YR, em sua maioria muito argilosa e, em toda ela, com a presença de muito cascalho. A cor dos solos é marcada pela forte presença de hematita e goethita, afirmação esta confirmada através das análises químicas que demonstraram a predominância e elevados teores de Fe_2O_3 . Estas análises também demonstraram a deficiência de elementos provenientes da rocha de origem como o $CaCO_3$ e o MgO .

Outro fato que chama atenção é o intemperismo destes solos, todos apresentam K_i e K_r baixos, inserindo os perfis 1 e 2 na classe dos caulínícticos e os perfis 3 e 4, nos oxídicos, bem como pH baixo, classificando estes solos como fortemente ácidos, afirmando o intenso processo de lixiviação.

Os teores de $Fe_{(o)}$ e $Fe_{(d)}$, em todos os perfis, demonstram que os óxidos de ferro presentes estão bem cristalizados, reforçando a ideia destes serem solos bastante evoluídos.

A análise mineralógica identificou em grandes quantidades minerais como a hematita, a magnetita e a goethita, sendo estes típicos de rochas como o itabirito. A presença de nódulos ferruginosos e cascalhos/calhaus de concreções por toda a vertente corroboram para questão deste material ter sido proveniente de um desmantelamento de uma antiga couraça que cobria o vale.

Outro fato que também reforça a questão de coluvionamento é a presença de lâminas de itabirito, pois a litologia local é dolomítica e os itabiritos se encontram nas áreas de cristas da encosta regional na qual a vertente estudada se encontra.

Não é possível ainda afirmar que estes solos são originados de colúvio, porém é evidente que o material de origem destes solos são as concreções ferruginosas encontradas e não a rocha parental.

Reforça-se á hipótese de desmantelamento de uma antiga couraça que se estendia pelo vale e após sofrer processo diferenciado de intemperismo devido á complexidade litológica local, descendo para o fundo do vale formando uma nova cobertura pedológica.

Com base nos resultados obtidos, o coluvionamento parece ser um aspecto marcante na gênese desses solos. Além disso, as observações de campo e a posição na paisagem da vertente (dentro do contexto regional) indicam uma área de influencia coluvial.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALEXANDRE, J. *Les Cuirasses Lateritiques Et Autres Formations Ferrugineuses Tropicales Exemple Du Haut Katanga Méridional*-Musée Royal De L'afrique Centrale. Tervuren, Belgique Annales — Sciences Géologiques. Vol. 107, 2002

ALVES, C. J. *Estudo de Impacto Ambiental do Complexo de Tratamento de Resíduos Sólidos; Central Capitão Eduardo*. Belo Horizonte, LM - Tratamento de Resíduos Limitada, 1996.

ANJOS, L. H. C. DOS; FRANZMEIER, D. P.; SCHULZE, D. G. *Formation of soils with plinthite on a toposequence in Maranhão State, Brazil*. *Revista Geoderma: USA*. 1995 (257-279).

ANJOS, L. H. C. DOS; PEREIRA, M. G.; PEREZ, D. V.; RAMOS, D. P.. *Caracterização e classificação de plintossolos no Município de Pinheiro-MA*. *Rev. Bras. Ciênc. Solo* [online]. 2007, vol.31, n.5 [cited 2013-07-01], pp. 1035-1044 . Available from: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-06832007000500020&lng=en&nrm=iso>.

ARENARE, B.; COSTA, S. L.. *Estudo de Caracterização Pedológica ao Longo de uma Toposeqüência no Parque das Mangabeiras*. Belo Horizonte. Centro Universitário de Belo Horizonte - Uni-BH, 2004 (monografia).

ASSIS, W. L. *O sistema clima urbano do município de Belo Horizonte na perspectiva têmporo-espacial*. 2010. 299 f. (Geografia e Análise Ambiental) – Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2010. (Doutorado)

ATKINS, P., Jones, L. *Chemistry, Molecules, Matter, and Changes*, p. 534, 3a. edição, W. H. Freeman and Company, EUA, 1997

AUGUSTIN, C. H. R. R. *A Geografia Física: O Levantamento Integrado e Avaliação de Recursos Naturais*. In: Simpósio de Geografia Física Aplicada. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais. 1985. p. 141-143.

ÁVILA, F. F. de. *Análise da cobertura pedológica em uma topossequência na Bacia do Córrego dos Pereiras - Depressão de Gouveia/MG*. - 2009.133 f. (Geografia e Análise Ambiental) – Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2009. (Mestrado)

BACELLAR, L.A.P. *Condicionantes geológicos, geomorfológicos e geotécnicos dos mecanismos de voçorocamento na bacia do Rio Maracujá, Ouro Preto, MG*. Rio de Janeiro, Universidade Federal do Rio de Janeiro. 2000. 226p. (Tese de Doutorado).

BEAUVAIS, A. *Latérites et morphogenèse : processus, bilans, évolutions*. Aix-en-Provence (FRA) ; Aix-en-Provence : Université Paul Cézanne ; CEREGE, 2005, 243 p. multigr. Mém. HDR.Habilitation à Diriger des Recherches, Université Paul Cézanne : Aix-en-Provence. 2005.

BIGARELLA, J. J.; BECKER, R. D.; PASSOS, E. *Estrutura e origem das paisagens tropicais e subtropicais: intemperismo biológico, pedogênese, laterização, bauxitização e concentração de bens minerais*. Florianópolis: EDUFSC, 1996. . Vol. 2 – p. 514-610.

BOHI, Z. P. B. *Caractérisation Des Sols Latéritiques Utilisés En Construction Routière : Le Cas De La Région De L'agnéby (Côte D'ivoire)*. l'ÉCOLE NATIONALE DES PONTS ET CHAUSSÉES. Spécialité: Géotechnique. 2008. (DOCTEUR)

BOTELHO, M.; RAMOS, D.; RICARDO, S. D.; PEDRON, F. DE A.; AZEVEDO, A. C. DE; RODRIGUES, R. B. & MIGUEL, P. *Medida da cor em solos do Rio Grande do Sul com a carta de Munsell e por colorimetria*. Ciência Rural, 36 (4), 1179-1185. 2006. Retirado 23 de julho de 2014, a partir de http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-84782006000400021&lng=en&tlng=pt. 10.1590/S0103-84782006000400021.

CAMPOS, S. D. DE; ESPÍNDOLA, C.; SILVEIRA, C. B. DA; CAMPOS, E. A. DE. *Resistência química de vitro-cerâmicos pertencentes a sistemas Li₂O-ZrO₂-BaO-SiO₂: Frente ao tratamento com soluções ácidas e básicas*. Departamento de Química, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis. 2002.

CARVALHO FILHO, A. *Solos e ambientes do Quadrilátero Ferrífero (MG) e aptidão silvicultural dos Tabuleiros Costeiros*. Departamento de Ciências do Solo. Universidade Federal de Lavras. 245 p. Lavras. 2008. (Doutorado)

CARVALHO FILHO, A. DE; CURI, N. MARQUES; MELO, J. J. G. DE S. E; SHINZATO, E.; FREITAS, D. A. F. DE J.; ALVARENGA, E. DE, & MASSAHUD, R. T. L. R.. *Óxidos de Manganês em solos do Quadrilátero Ferrífero (MG)*. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 35 (3), 793-804. 2011. Retirado 23 de julho de 2014, a partir de http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-06832011000300015 &lng=en&tlng=pt. 10.1590/S0100-06832011000300015.

COELHO, M. R. & VIDAL-TORRADO, P.. *Caracterização e gênese de perfis plínticos desenvolvidos de arenito do Grupo Bauru: II - mineralogia*. Rev. Bras. Ciênc. Solo [online]. 2003, vol.27, n.3, pp. 495-507. ISSN 0100-0683.

CORNELL, R. M; SCHWERTMANN, U.. *The Iron Oxides: structure, properties, reactions, occurrences, and uses*. 2nd, completely rev. and extended ed. Weinheim; [Cambridge]: Wiley-VCH, 664 p. 2003.

CORREA, M. M.; KER, J. C.; BARRON, V.; FONTES, M. P. F.; TORRENT, J.; CURI, N. *Caracterização de óxidos de ferro de solos em tabuleiros de ambientes costeiros*. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 32 (3), 1017-1031. 2008. Retirado 23 de julho de 2014, a partir de http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-06832008000300011&lng=en&tlng=pt. 10.1590/S0100-06832008000300011.

COSTA, S.A.D. *Caracterização química, física, mineralógica e classificação de solos ricos em ferro do Quadrilátero Ferrífero*. Viçosa, MG, Universidade Federal de Viçosa. 71p. 2003. (Tese de Mestrado)

CPRM - Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais. Projeto APA Sul RMBH: geomorfologia, mapa geomorfológico, escala 1:50.000 em 3 partes, inclui 10 volumes de textos, quadros e fotos de campo. Contém partes A, B e C do volume 9. Antônio I. MEDINA, M. E. DANTAS, A. S.- Belo Horizonte: SEMAD/CPRM, 2005 (a).

CPRM - Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais. Projeto APA Sul RMBH: estudos do meio físico, pedologia, mapa de solos, escala 1:50.000 em 3 partes, inclui 10 volumes de textos, quadros e fotos de campo. Contém partes A e B do volume 5. SHINZATO, E.; CARVALHO FILHO, A. DE - Belo Horizonte: SEMAD/CPRM, 2005 (b).

CRUZ, L. O. M. *Assinatura geoquímica de unidades colúviais da Bacia do Córrego do rio Grande – Depressão de Gouveia/MG*. Belo Horizonte: Instituto de Geociências da Universidade Federal de Minas Gerais –IGC/UFMG, 2006, 137p. (Dissertação de mestrado).

DORR, J.V.N. *Physiographic, stratigraphic and structural development of the Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brazil*. Washington Geol. Survey Prof. Paper. 110 p. (641-A). 1969.

EMBRAPA. *Manual de métodos de análise de solos*. 2 ed. Rio de Janeiro, EMBRAPA, 1997.

EMBRAPA. *Sistema Brasileiro de Classificação de solos/ [editores técnicos, Humberto Gonçalves dos Santos... et al.] – 3. ed. – Rio de Janeiro: EMBRAPA Solos, 2013. 353p.*

ESPINDOLA, C. R.; DANIEL, L. A. *Laterita e solos lateríticos no Brasil*. Boletim Técnico da FATEC SPBT, n.24, pág.21 a 24. 2008.

FAO. *Guidelines for Soil Profile Description and Classification* (4th edition) by R. Jahn, H.-P. Blume, V.B. Asio, O. Spaargaren and P. Schad (Eds) and by R. Langohr, R. Brinkman, F.O. Nachtergaele and P. Krasilnikov (Contributors), FAO, Rome. 2006.

FELIPPE, M. F. *Caracterização e tipologia de nascentes em unidades de conservação de Belo Horizonte-Mg com base em variáveis geomorfológicas, hidrológicas e ambientais*. 2009. (Geografia e Análise Ambiental) – Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2009.(Doutorado)

FERRARI, J. A. *Deriva continental e sucessão peloclimática: simulação da evolução das paisagens lateríticas da América do Sul e da África*. USP: Instituto Agrônomo e Geofísico, 1996. Tese de doutorado.

FIGUEIREDO, M. A., VARAJÃO, A. F. D. C., FABRIS, J. D., LOUTFI, I. S., & CARVALHO, A. P.. *Alteração superficial e pedogeomorfologia no sul do Complexo Baçõ - Quadrilátero Ferrífero (MG)*. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 28(4), 713-729. 2004. Recuperado em 24 de julho de 2014, de http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-06832004000400012&lng=pt&tlng=pt. 10.1590/S0100-06832004000400012.

GOMES, C. B. (org). *Técnicas analíticas instrumentais aplicadas à geologia*. São Paulo: Edgard Blücher – PROMINÉRIO. 1984. 218p.

INDA JUNIOR, A.V. *Caracterização de goethita e hematita em solos poligenéticos*. 2002. 126f. Programa de Pós-graduação em Ciência do Solo, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2002. (Doutorado)

INDA JUNIOR, A.V.; KÄMPF, N. *Avaliação de procedimentos de extração dos óxidos de ferro pedogênicos com ditionito-citrato-bicarbonato de sódio*. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.27, p.1139-1147, 2003. Disponível em: <<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=180214033018>>

JENNY, H. *Factors of soil formation: A system of quantitative pedology*. New York, Dover Publications, 1994. 281p.

KAMPF,N.; CURI, N. *Óxidos de ferro: Indicadores de ambientes pedogênicos e geoquímicos*. In: *Tópicos em ciência do solo*. 1ª ed. Viçosa: SBCS, 2000.

KAMPF, N. & SCHWERTMANN, U. *Relações entre óxidos de ferro e a cor dos solos caulíníticos do Rio Grande do Sul*. R. Bras. Ci. Solo, 7:27-31, 1983.

KER, J. C. *Mineralogia, sorção e dessorção de fosfato, magnetização e elementos traços de latossolos do Brasil*. (Tese de Doutorado). Viçosa: UFV, 1995. 181p. il.

KER, J. C. *Latossolos do Brasil: Uma Revisão*. Geonomos, BELO HORIZONTE - MG, v. 5, n. 1, p. 17-40, 1998.

MAIGNEIN, R.. *Humid Tropics Research Programme: Survey of Research on Laterites*. Paris. France. UNESCO, 159p.1964.

MARTINS, A. L. DA S.; OLIVEIRA, A. P. DE; MOURA, E. G. DE; CAMACHO-TAMAYO, J. H.. *Surface Infiltration on Tropical Plinthosols in Maranhão, Brazil*. Agricultural and Biological Sciences." Water Quality, Soil and Managing Irrigation of Crops", book edited by Teang Shui Lee, ISBN 978-953-51-0426-1, Published: March 28, 2012.

MATIAS, V. R. da S., COSTA, J. M.. *Análise climática em belo horizonte pela variação do conforto a partir de uma série temporal*. Hygeia 8(14):15 - 29, ISSN: 1980-1726 Revista Brasileira de Geografia Médica e da Saúde - <http://www.seer.ufu.br/index.php/hygeia>. Uberlândia, MG. 2012

MCFARLANE, M.J.. *Laterite and Landscape*. San Diego: Academic Press. 1976.

MELFI, A. J. *Lateritas e processos de lateritização* (Aula inaugural de 1994).Departamento de Geotecnia. Universidade de São Paulo. São Carlos, 1997.

MELO, V. F; FONTES, M. P. F.; NOVAIS, R. F.; SINGH, B.; SCHAEFER, C. E. G. R. *Características dos óxidos de ferro e de alumínio de diferentes classes de solos*. Revista Brasileira de Ciência do Solo, vol. 25, núm. 1, 2001, pp. 19-32, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. Brasil.

MOREIRA, P. C. H.; OLIVEIRA, COSTA J. J.; MAGALHÃES, P. C. V. *Geologia do Parque das Mangabeiras e Adjacências*. Pesquisa componente do acervo bibliográfico do Departamento de Mineração das Minerações Brasileiras reunidas S/A – MBR. Belo Horizonte – MG, 1991.

NAHON, D.. TARDY, Y.. *The ferruginous laterites*. In: Butt, C.R.M. Zeegers, H. _Eds., Regolith exploration geochemistry in tropical and sub-tropical terrains. Handbook of Exploration Geochemistry. Nº. 4, Elsevier. pp. 41–55. 1992.

NARAYANASWAMY, S.. *Geochemistry and Genesis of Laterite in Parts of Cannanore District, North Kerala*. University of science and technology of marine sciences. Centre for earth science studies. Thiruvananthapuram. India. 1992.

NBR 7181/84 – ABNT. *Solo - Análise Granulométrica*. Norma Brasileira. Associação de Normas Técnicas, São Paulo, SP, 13 p. 1984.

OLIVEIRA, C.V. *Atributos químicos, mineralógicos e micromorfológicos, gênese e uso de solos do projeto Jaíba, Norte de Minas Gerais*. Viçosa, Universidade Federal Viçosa. 161p. 1999. (Tese de Doutorado)

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

OLIVEIRA de, A. R.; DIAS, E. C. *Zoneamento Geológico-Geotécnico da Porção Urbana da Serra de Ouro Preto-M.G*. Trabalho de graduação. Departamento de Geologia, Escola de Minas, UFOP. 2002. 87 p;

PEREIRA, A. N. *Evolução das Formações Superficiais e suas relações com as crostas ferruginosas em vertentes do Parque Municipal das Mangabeiras na Serra do Curral – Quadrilátero Ferrífero (MG)*. Monografia de Graduação. Belo Horizonte:UNI-BH, 2007. (Monografia).

PBH. In: *Fundação de Parques Municipais: Parque Municipal das Mangabeiras*. 2013. Disponível em <http://portalpbh.pbh.gov.br/pbh/ecp/comunidade.do?evento=portlet&pldPlc=ecpTaxonomiaMenuPortal&app=fundacaoparque&tax=15257&lang=pt_BR&pg=5521&taxp=0>. Acessado em 24/05/2013.

QUEIROZ NETO, J.P. *O estudo de formações superficiais no Brasil*. Revista do Instituto Geológico. 22, 1/2:65-78. 2001.

RAMOS, D. P.. *Latossolos brasileiros um novo enfoque para o reconhecimento de características diferenciadas*. Piracicaba, SP, ESALQ, 1981. 184p. (Tese D. S.).

RAMOS, A. L. L. de S.. *Características Micromorfológicas de Latossolos Vermelhos e Vermelho-Amarelos da Porção Norte da Bacia do Córrego do Rio Grande, em Gouveia (Mg)*. 2008. (Geografia e Análise Ambiental) – Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008. (Mestrado)

RESENDE, M.; CURI, N.; KER, J.C.; REZENDE, S.B. *Mineralogia de solos Brasileiros: Interpretação e Aplicações*. Lavras: Editora UFLA, 2005. 192p.

RESENDE, M; CURI, N.; REZENDE, S.B.; CORRÊA, G.F. *Pedologia: base para distinção de ambientes*. 5ª ed. rev. Lavras: Editora UFLA, 2007. 322 p.

RIBEIRO-KWITKO, R., OLIVEIRA, C. G. de. *O depósito aurífero de Antônio Pereira, Quadrilátero Ferrífero, condições P-T e natureza dos fluidos mineralizadores*. RBG - Revista Brasileira de Geociências, v. 34, n. 1, p. 117-126, 2004.

SAMPAIO, J. A.; ANDRADE, M. C.; DUTRA, A. J. B.; PENNA, M. T. M.. *Rochas e Minerais Industriais - Manganês* – CETEM. Rio de Janeiro. RJ. 2008.

SANTOS, R.D.; LEMOS, R.C.; SANTOS, H.G.; KER, J.; SHIMIZU S. H. & ANJOS, L.H.C. *Manual de descrição e coleta de solo no campo*. 6.ed. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2013. 100p

SCHELLMANN, W. *An Introduction in Laterite*. 2011. Disponível em <www.laterite.de>. Acessado em 20 de fevereiro de 2013.

SHUSTER D.L., FARLEY K.A., VASCONCELOS P.M., BALCO G., MONTERIO H.S., WALTEBERG K., STONE J.O.. *Cosmogenic ^3He in hematite and goethite from Brazilian "canga" duricrust demonstrates the extreme stability of these surfaces*. *Earth and Planetary Science Letters*, 329, 41-50. 2012.

SILVA, H. A. da. *Mapeamento Geológico, Avaliação Geológica-Geotécnica e Proposta de Reabilitação de Áreas Degradadas por movimentos de massa e erosão, com uso de técnicas de Bioengenharia nos bairros Belvedere e Olhos D' água, Belo Horizonte/Minas Gerais*. Belo Horizonte: UFMG/IGC, 2002(Monografia) (p.52 – 63).

SILVA, S. L. da. *Projeto Zoneamento Ecológico-Econômico da APA Sul RMBH*. Relatório Preliminar – Levantamento Geológico Regional. Belo Horizonte, CPRM/SEMAD/CEMIG, 2002. 31 p.

SIMMONS, G. C. *Cavernas em canga no Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brasil*. Traduzido por Augusto Auler. *O Carste: revista trimestral do Grupo Bambuí de Pesquisas Espeleológicas*. Belo Horizonte, v. 17, n. 3, p. 74-77, jun. 2005. Título original: *Canga Caves in the Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brazil*. *The National Speleological Society Bulletin*. Kentucky, v.25, p. 66-72, 1963.

SOIL SURVEY STAFF. *Keys to soil taxonomy*. SMSS Technical Monograph 19. 5th edition. Agency for International Development/United States Department of Agriculture, Soil Conservation Service, Soil Management Support Services. Pocahontas Press, Blacksburg, 541 p. 1992

SPIER, C. A., OLIVEIRA, S. M. B., SIAL, A. N., RIOS, F. J. *Geochemistry and genesis of the banded iron formations of the Cauê Formation, Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brazil*. Elsevier: *Precambrian Research* 152, p. 170-206, 2006.

TARDY, Y; ROQUIN, C.. *Geochemistry and evolution of lateritic landscapes*. In : Martini I.P. (ed.), Chesworth W. (ed.) *Weathering, soils and paleosols*. Amsterdam : Elsevier. p. 407-443. 1992.

TARDY, Y., BOEGLIN, J.L., NOVIKOFF, A. & ROQUIN, C. *Petrological and geochemical classification of laterites*. En: *Clays controlling the environment* (G.J. Churchman, R.W. Fitzpatrick & R.A. Eggleton, eds). CSIRO, Melbourne, 481- 486. 1995.

TESKE, C.R.; ALMEIDA, J. A. DE; HOFFER, A. & LUNARDI NETO A. *Caracterização mineralógica dos solos derivados de rochas efusivas no Planalto Sul de Santa Catarina, Brasil*. *Revista de Ciências Agroveterinárias*. Lages,v.12, n.2, p.187-198, 2013.

THOMAS M.F. *Geomorphology in the tropics: A study of weathering and denudation in low latitudes*. J. Wiley & Sons. 1994.

VARAJÃO, C.A.C., SALGADO, A.A.R., VARAJÃO, A.F.D.C., BRAUCHER, R., COLIN, F., NALINI JR., H.A. *Estudo da evolução da paisagem do Quadrilátero Ferrífero (Minas Gerais, Brasil) por meio da mensuração das taxas de erosão (¹⁰Be) e da pedogênese*. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* (Online), v. 33, p. 1409-1425, 2009.

VENDRAME, P. R. S.; EBERHARDT, D.N.; RODRIGUES, O. R.; MARCHÃO, B. R. L.; QUANTIN, C.; BECQUER, T. *Formas de ferro e alumínio e suas relações com textura, mineralogia e carbono orgânico em Latossolos do Cerrado*. *Seminário: Ciências Agrárias, Londrina*, v. 32, suplemento 1, p.1657-1666, 2011.

ZENÓBIO, A.A. *Avaliação Geológico-Geotécnica de Encostas Naturais Rochosas por Meio de Classificações Geomecânicas: Área Urbana de Ouro Preto (M.G.) – Escala 1:5.000*. São Carlos: Universidade de São Paulo EESC/USP, 2000. 230 p. (Dissertação de Mestrado).