



UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA

CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS

DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA

JOÃO SANTIAGO REIS

**CARACTERIZAÇÃO DE SOLOS FERRUGINOSOS
ALTOMONTANOS DA SERRA DO GANDARELA**

VIÇOSA

MINAS GERAIS - BRASIL

2014

JOÃO SANTIAGO REIS

**CARACTERIZAÇÃO DE SOLOS FERRUGINOSOS
ALTOMONTANOS DA SERRA DO GANDARELA**

Monografia apresentada ao Departamento de Geografia da Universidade Federal de Viçosa, como exigência parcial para conclusão do curso de Bacharelado em Geografia.

Banca examinadora:

Prof. Carlos Ernesto G. R. Schaefer - Orientador

Departamento de Solos/UFV

Prof. João Carlos Ker – Conselheiro

Departamento de Solos/UFV

Dsc. Amaury de Carvalho Filho

CNPS/EMBRAPA Solos

VIÇOSA

MINAS GERAIS - BRASIL

2014

Agradecimentos

Agradeço em primeiro lugar à minha família, por todo apoio, compreensão e por ter tornado possível a caminhada até aqui;

Ao Prof. Carlos Ernesto Schaefer pelos ensinamentos e oportunidades, sem os quais esse trabalho não existiria;

Ao Prof. João Carlos Ker pelo apoio e contribuições que ajudaram nas reflexões discutidas nesse trabalho;

A Amaury de Carvalho Filho pela disponibilidade, boa vontade e contribuição;

Aos funcionários do Departamento de Solos: Carlinhos, Carlos Fonseca, Claudinho, Lula, Edimaldo, e em especial a Geraldo Robésio, Mario Sérgio e Pablo, que foram grandes facilitadores na realização das análises realizadas;

Ao Prof. Jaime Mello por ter cedido espaço para realização das análises no Laboratório de Geoquímica/DPS;

Ao Prof. James Bockheim, pelas contribuições e reflexões levantadas em campo;

Ao Prof. Liovando pelo apoio e discussões;

Aos colegas do DPS pela boa convivência e apoio, que fizeram com que a realização desse trabalho fosse mais prazerosa, em especial a Israel Rocha, Eduardo Senra, Vinício, e Marcos Octávio;

A Claudinha, pela paciência, eficiência e por ser tão prestativa;

A Mateus Borges e Raquel Portes, por terem me dado a oportunidade de me aprofundar nos estudos em Pedologia;

A Lena e Dadá, pela boa recepção e dicas sempre úteis sobre a região do Gandarela;

A Lídia, pela solidariedade quanto a nossa estadia no campo;

A minha companheira Vanessa, pela amizade, compreensão e incentivo durante todas as fases do trabalho.

RESUMO

O presente trabalho visa contribuir na caracterização de solos desenvolvidos de canga no Quadrilátero Ferrífero, para melhor entendimento sobre seus processos de gênese e classificação, assim como da dinâmica ambiental desses geossistemas. A Serra do Gandarela abriga as maiores extensões de canga e ecossistemas relacionados, ainda preservados da região e constitui importante local de recarga dos mananciais que abastecem a Região Metropolitana de Belo Horizonte. Foram descritos, coletados e analisados 9 perfis de solo, na mesma litologia (Fm. Cauê – Gr. Itabira), sob diferentes fitofisionomias presentes numa sequência de topos da sinclinal do Gandarela. A caracterização dos solos indicou presença de Latossolos Vermelhos Perféricos e Cambissolos Háplicos nas diferentes porções da paisagem amostrada. Todos os solos são argilosos, têm cores vermelhas, morfologia de horizonte B latossólico, com predominância de óxidos de ferro (caráter perférico) e baixos teores de SiO₂ indicados pelo ataque sulfúrico, distróficos, com altos teores de matéria orgânica, e apresentam horizonte com mais de 50% de concreções na fração cascalho. O perfil enterrado descrito em P9 evidencia as alternâncias climáticas regionais descritas na literatura, e sugere que os perfis têm sua gênese associada a período climático úmido recente. Não foi possível o enquadramento taxonômico segundo critérios atuais do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2013), em razão da abrangência da classe dos Plintossolos que não leva em conta aspectos morfogenéticos dessa realidade local.

SUMÁRIO

1. Introdução	7
2. Contexto fisiográfico regional	8
3. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos	14
3.1 Trajetória	14
3.2 Estruturação do sistema	21
3.4 Latossolos	22
3.5 Cambissolos	25
3.6 Plintossolos Pétricos	27
4. Material e Métodos	29
5. Resultados e discussão	
5.1 Caracterização morfológica e física	30
5.2 Caracterização química	36
5.3 Classificação dos solos	46
6. Conclusões	50
7. Referências bibliográficas	52
Anexos	58

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Localização da Serra do Gandarela	9
Figura 2. Sequência estratigráfica do Quadrilátero Ferrífero	10
Figura 3. Esboço geológico da Serra do Gandarela	14
Figura 4. Gráfico de correlação e histograma de frequência acumulada entre CTC (T) e matéria orgânica (M.O.) nos horizontes B. N – numero de amostras observadas; SD – desvio padrão	39
Figura 5. Gráfico ternário com teores normalizados dos óxidos, obtidos por ataque sulfúrico	43

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Classes de solo conhecidas antes da 1ª edição do SiBCS	17
Tabela 2. Correlação entre as classes atuais e anteriores à 1ª ed. do SiBCS	20
Tabela 3. Evolução do conceito de Latossolos	24
Tabela 4. Evolução do conceito de Cambissolos	26
Tabela 5. Evolução do conceito de Plintossolos	28
Tabela 6. Atributos físicos e morfológicos dos solos	32
Tabela 7. Média dos atributos físicos dos perfis	36
Tabela 8. Atributos químicos dos solos	38
Tabela 9. Média dos atributos químicos dos horizontes	41
Tabela 10. Teor de óxidos obtido pelo ataque sulfúrico	42
Tabela 11. Média dos resultados do ataque sulfúrico	44
Tabela 12. Dissolução seletiva comparada ao ataque sulfúrico	45
Tabela 13. Comparação de atributos entre solos do Quadrilátero Ferrífero	46
Tabela 14. Classificação sugerida e segundo critérios atuais	47

1. Introdução

A Serra do Gandarela constitui importante remanescente de ecossistemas de canga ainda preservados. É o local com maior extensão de canga preservada no Quadrilátero Ferrífero (CARMO, 2010) e tem grande importância hidrológica regional, com cursos d'água que alimentam diversas cidades da Região Metropolitana de Belo Horizonte (RMBH).

Devido ao fato do Quadrilátero Ferrífero ser uma das principais províncias minerais brasileiras, conjugado à expansão urbana crescente na região, faz-se necessário maior número de estudos em todas as áreas do conhecimento nesse ambiente para melhor entendimento tanto sobre a sua formação quanto à suas dinâmicas atuais. Baseado nisso, no ano de 2010 começou a ser discutida a criação do Parque Nacional da Serra do Gandarela (ICMBio, 2010), negociação que continua em andamento até os dias atuais

Trata-se de uma região de relevo movimentado, com cotas altimétricas acima de 1400 m, contendo solos com alto teor de óxidos de ferro, condicionados pelo material de origem. Característica que faz com que os solos da região formem um conjunto a parte em relação a solos montanhosos de outras regiões brasileiras. A canga presente no local é proveniente da alteração de itabiritos pertencentes à Formação Cauê, do Grupo Itabira (Supergrupo Minas), que é um dos grupos geológicos com maiores teores de minério de ferro já encontrados no planeta (KLEIN, 1993).

As condições especiais dos solos da região passam despercebidas quando utilizada versão atual do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2013) para sua classificação, visto que muitos dos solos com características semelhantes aos antigos Latossolos Ferríferos, típicos dessa região, acabam sendo enquadrado na classe dos Plintossolos Pétricos, ao invés de Latossolos Vermelhos Perféricos.

Frente aos escassos estudos sobre os solos da Serra do Gandarela, esse trabalho tem como objetivo a caracterização preliminar e classificação de solos ferruginosos que ocorrem em diferentes fitofisionomias encontradas em cotas altimétricas elevadas, sobre substrato ferrífero, para discussão sobre a sua classificação, e entendimento dos processos de gênese nesse ambiente tão peculiar em relação ao contexto da paisagem regional.

2. Contexto fisiográfico regional

A Serra do Gandarela localiza-se dentro dos limites dos municípios de Barão de Cocais, Caeté, Itabirito, Rio Acima e Santa Bárbara (Figura 1). Apesar da proximidade com a região metropolitana de Belo Horizonte, é uma área com baixa ocupação humana com abundância de ambientes naturais bem preservados e conta com a maior extensão de canga, ainda preservada, de todo o Quadrilátero Ferrífero (CARMO, 2010).

A região situa-se em zona de transição entre Cerrado e Mata Atlântica, pois ocorrem fitofisionomias dos dois biomas na área. Nos topos convexos e recobertos por afloramentos de canga ocorre vegetação de campo rupestre, campo cerrado, e campo arbustivo, enquanto que em alguns bolsões de solo são identificados pequenos fragmentos de arbustais e capões florestais baixos. As florestas estão intrinsecamente relacionadas às feições erosivas côncavas acompanhando a drenagem, e a rampas de colúvio nas escarpas da serra em geral. O clima regional na classificação de Köppen é temperado úmido com inverno seco e verão temperado (Cwb), e a precipitação média anual é entre 1300 mm a 1400 mm.

A Serra constitui divisor de águas de duas grandes bacias hidrográficas brasileiras, na vertente ocidental drena águas para córregos e rios que alimentam o rio das Velhas, pertencente à Bacia do rio São Francisco, enquanto sua vertente oriental alimenta a Bacia do rio Doce. Sua importância como região hidrológica tem sido evidenciada devido à preocupação e mobilização popular quanto à instalação de novos empreendimentos minerários dentro da APA Sul RMBH, visto que a Região Metropolitana de Belo Horizonte utiliza de seus mananciais para abastecimento de água (ICMBio, 2010). Também vale ressaltar a alta densidade de drenagem das formações ferríferas locais, que drenam águas que afloram nos contatos com outras formações em centenas de nascentes. As reservas hídricas presentes nas formações de canga são altamente significativas na região, pois estima-se que o Quadrilátero Ferrífero tenha reserva hídrica de 5 bilhões de m³. Destes aproximadamente 4 bilhões de m³ estão relacionados ao geossistema de canga ou formações ferríferas (ICMBio, 2010). Baseado na estimativa de Carmo (2010) de que cerca de 40% dos afloramentos das áreas restantes de canga do Quadrilátero estão na sinclinal do Gandarela, a sua relevância é colocada em evidência.

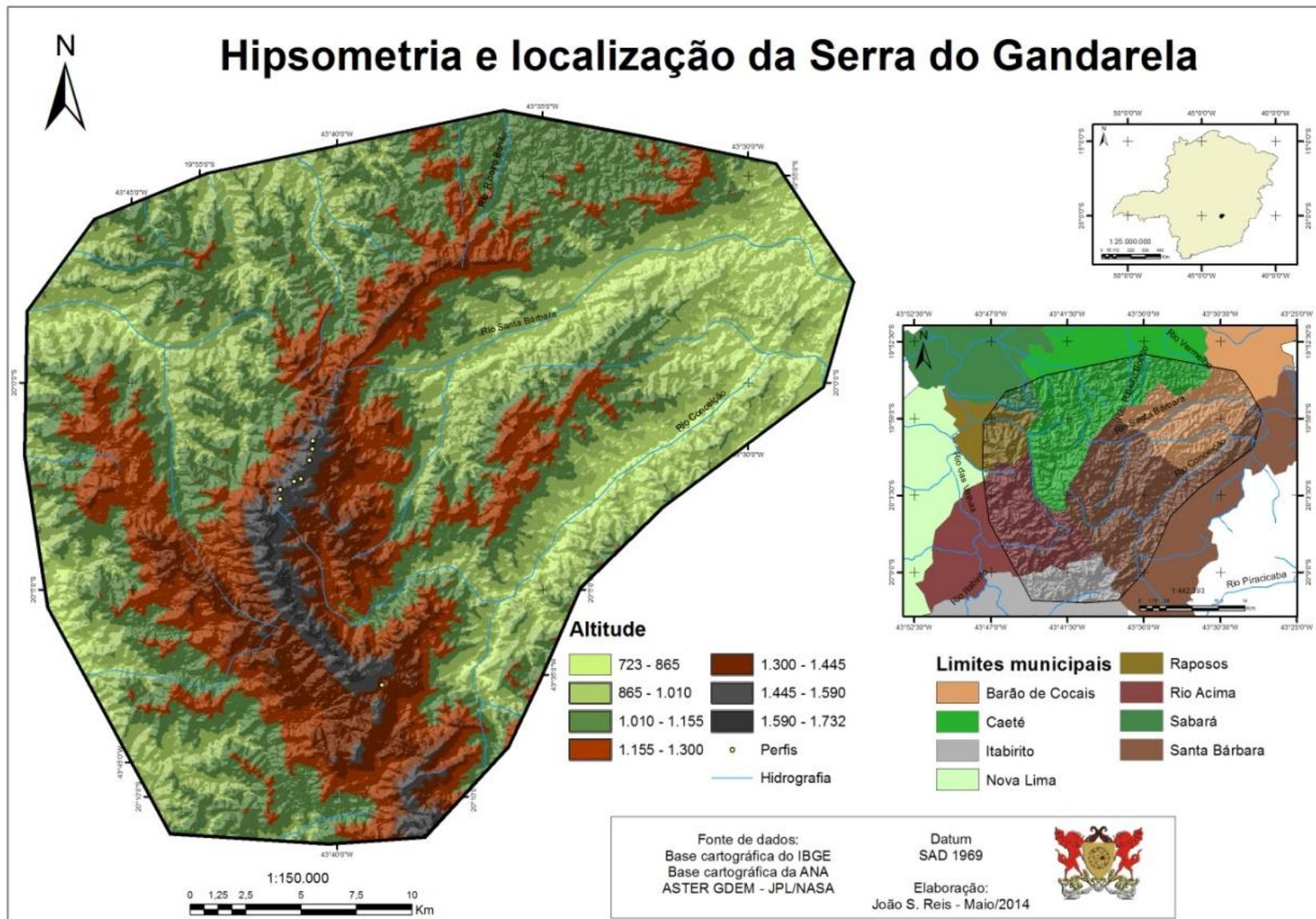


Figura 1. Localização da Serra do Gandarela.

O Quadrilátero Ferrífero é conhecido por suas reservas minerais, advindas das formações geológicas Pré-Cambrianas que compõem e exercem forte controle estrutural sob o relevo regional. A região é conhecida no contexto da mineração principalmente pelas suas jazidas de ferro, ouro e manganês. Além da mineração, a urbanização também é crescente, principalmente na região da Área de Proteção Ambiental Sul da Região Metropolitana de Belo Horizonte (APA Sul RMBH). Fatos que acirram a disputa do uso do espaço, tendo como motivo de conflito o uso ou a preservação da paisagem local. A diversidade geológica encontrada no Quadrilátero, é resultado de um substrato rochoso muito antigo e movimentado, composto por 4 grandes grupos

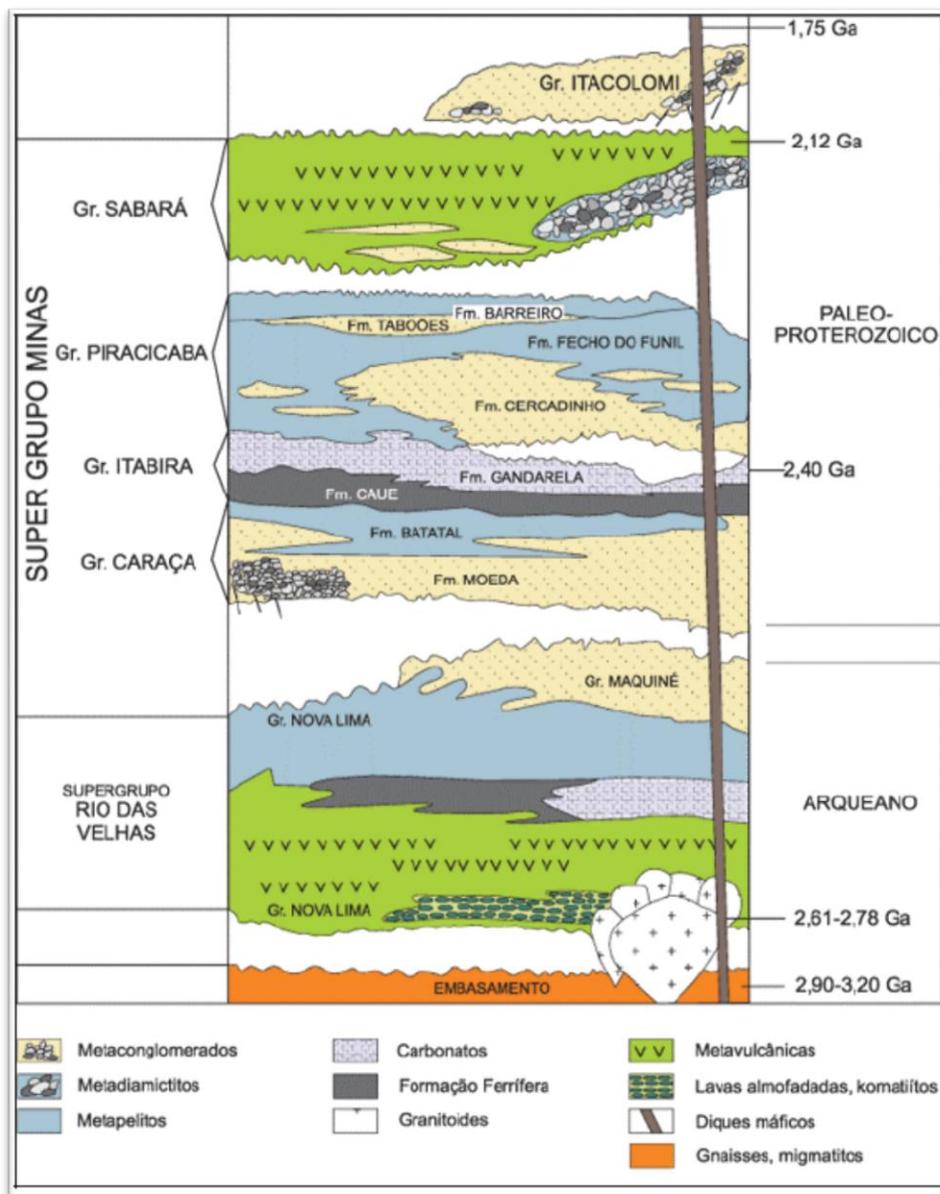


Figura 2. Sequencia estratigráfica do Quadrilátero Ferrífero (BARROS, 2012)

geológicos conhecidos como Complexos Ortognáissicos, Supergrupo Rio das Velhas, Supergrupo Minas e Grupo Itacolomi (Figura 2), e bacias sedimentares Terciárias com ocorrência pontual (Gongo Soco, Gandarela, Fonseca e Rio do Peixe).

Os Complexos Ortognáissicos estão na base da sequência estratigráfica, ocorrem na forma de domos e dentro do Quadrilátero localiza-se entre as cidades de Itabirito e Ouro Preto. São constituídos por terrenos granito-gnáissicos compostos por tonalitos migmatizados a gnaisses granodiríticos de idades arqueanas, com corpos granitóides e rochas básicas e metabásicas intrusivas provenientes de diferentes fases de retrabalhamento crustal ou acreção plutônica (SILVA, 2005). O Supergrupo Rio das Velhas é uma sequência arqueana do tipo *greenstone belt*, exposta principalmente ao longo dos canais incisivos modelados pela drenagem, na porção central ao longo do curso do rio das Velhas, e a nordeste ao longo do rio Conceição. É constituída por rochas metavulcânicas e metassedimentares, da base para o topo, representadas pelos Grupos Quebra Osso (rochas vulcânicas ultramáficas komatiíticas), Nova Lima (rochas vulcânicas komatiíticas e toleíticas associadas a formações de ferro bandadas (BIF) do tipo Algoma, filitos com clorita e grafita, grauvacas, vulcânicas félsicas e rochas piroclásticas) e Maquiné (conglomerados, quartzitos, filitos e grauvacas), respectivamente.

O Supergrupo Minas é o grupo geológico que molda o relevo regional e está exposto nas cristas das serras que formam o polígono, popularmente conhecido como Quadrilátero Ferrífero. Representa um marco litoestratigráfico e metalogenético do período Sideriano (DELGADO et al., 2003). O período conhecido como Paleoproterozóico tem seu início relacionado com o início da sedimentação do Supergrupo Minas, que consiste na deposição de sedimentos continentais da crosta arqueana em ambiente de leques aluviais, fluvial a flúvio-deltaico, representados por metaconglomerado, quartzito e metapelito, agrupados atualmente como Grupo Caraça (entre 2.6 b.a. e 2.5 b.a.); deposição em ambiente marinho de plataforma estável, relacionada à bacia de margem passiva, dos itabiritos e dolomito, conhecidos como Grupo Itabira (\pm 2.4 b.a.); e deposição, em ambiente marinho mais profundo, de pelitos e arenitos do Grupo Piracicaba (\pm 2.12 b.a.).

A relativa estabilidade tectônica que vigorou desde a sedimentação do Grupo Itabira até o Grupo Piracicaba foi interrompida por um evento orogênico do Riaciano

(2,22 b.a.) de origem tectono-termal (ÁVILA, 2000), que culminou com o desenvolvimento de uma faixa móvel paleoproterozóica que está relacionada com o surgimento do Grupo Sabará ($\pm 2,1$ b.a.), constituído por litotipos metavulcânicos e metaconglomerados, separado do Grupo Piracicaba por uma discordância ou período de não deposição (RENGE, 1994). O evento orogênico que ficou conhecido como sistema Transamazônico (entre 2.1 b.a. e 1.7 b.a.), teve como resultado metamorfismo, magmatismo e deformação, criando a província geomorfológica denominada por Teixeira (1985) como Cinturão Mineiro, e formando as sinclinais da Moeda, Dom Bosco, Santa Rita, Gandarela e a homoclinal da Serra do Curral (ALKMIM & MARSHAK, 1998). Chemale Jr (1994) um segundo evento tectônico compressional, conhecido como evento Brasileiro (± 650 a 500 m. a.), relacionado ao fechamento do proto oceano Pan-Africano/Brasiliano, que resultou em um cinturão de dobramentos de empurrão, causando inversão, amplificação e a rotação das sinclinais, alterando significativamente a parte leste do Quadrilátero. O mesmo autor afirma que este evento destruiu a maioria das feições tectônicas criadas pelo evento Transamazônico na porção leste do Quadrilátero, enquanto afetou muito pouco sua parte oeste, onde ficaram os registros da atividade Transamazônica. Para a configuração atual do relevo a literatura atribui importante papel à reativação tectônica Mesozoica-Cenozoica, relacionada a abertura do oceano Atlântico Sul. Diferentes autores relatam eventos tectônicos cenozóicos quando estudadas bacias terciárias na região do Quadrilátero (SANT'ANNA, 1997; MAIZATTO, 2001; LIPSKI, 2002). Medina et al., (2005) atribuem um processo erosivo de intensa dissecação a esse período no Quadrilátero, quando correlacionam o processo de ajuste da drenagem ao nível de base regional, através das capturas de drenagem dos rios Capitão do Mato e Mata-Porcos pelo rio das Velhas e do ribeirão Preto pelo rio Conceição, com o moderno esvaziamento das sinclinais suspensas.

A sinclinal do Gandarela constitui um platô laterítico residual desenvolvido sobre itabiritos da Formação Cauê (Grupo Itabira) (Figura 3), alçado ao patamar atual pela intensa fase erosiva atuante no relevo regional ao longo do Cretácio e do Terciário. Medina et al., (2005) dividem a sinclinal do Gandarela em duas unidades, sendo elas o relevo entalhado presente no interior da sinclinal e as abas externas que compõem os topos da serra. As abas externas são formadas pelos itabiritos da Formação Cauê, sendo que na parte oriental os topos são mais rebaixados, constituídos por itabiritos, e as

cristas foram em parte destruídas por um afluente do rio Conceição que rompeu o divisor hidrográfico. Esse evento de captura de drenagem faz com a região apresente um estágio mais avançado de entalhamento do que o Platô da Moeda, pois essa unidade está sendo ajustada ao nível de base do vale do rio Conceição há mais tempo do que o Platô da Moeda se ajusta ao rio das Velhas. Na aba ocidental, extensos platôs de canga com larguras entre 700 m e 1200 m mantêm preservadas as cotas altimétricas em torno de 1600 m. As abas apresentam escarpamentos com altos desníveis e vertentes muito íngremes em direção ao interior da sinclinal, sendo erodida formando anfiteatros profundos em formas côncavas conchoidais, típicas de dissecação pertinente a escarpas de itabiritos. Enquanto as vertentes voltada para dentro do Quadrilátero são mais suaves, o que sugere períodos erosivos recentes.

As crostas lateríticas são formações originadas em climas tropicais, com início no Cretácio Superior, até o Oligoceno, e que desde o Mioceno vem sendo dismanteladas e destruídas em função da alternância de condições climáticas úmidas e secas (TARDY, 1993; TARDY & ROQUIN, 1998; SPIER et al., 2006). Gatto et al., (1983) afirmam que as crostas ferruginosas situadas nos topos do relevo do Quadrilátero preservam antiga superfície de erosão do Cretácio superior. A carapaça de canga presente no topo da serra atualmente, foi consolidada enquanto a sinclinal constituía fundo de vale, onde a estagnação de água agiu sobre material ferruginoso in situ, além de receber soluções ricas em ferro e detritos que ficaram menos estáveis após perderem o ferro desceu em solução das partes mais altas. A camada laterítica formada tem maior resistência que os materiais circundantes, ocasionando ao passar do tempo, vide processos erosivos intensos, numa inversão do relevo, onde o que anteriormente era o nível de base da paisagem passa a ser o topo (OLLIER & PAIN, 1996). A ocorrência da carapaça de canga na Serra do Gandarela na forma de platô, conjugado com as informações sobre a gênese da sinclinal do Gandarela durante o ciclo Brasileiro (CHEMALE JR, 1994), sobre os intensos processos erosivos Cenozóicos (SANT'ANNA, 1997; MAIZATTO, 2001; LIPSKI, 2002; MEDINA et al., 2005), confirmam a inversão de relevo ocorrida no local.

3 Sistema Brasileiro de Classificação de Solos

O Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS) é o sistema taxonômico oficial para distinção e identificação de solos brasileiros (EMBRAPA, 2013).

A definição de solo utilizada pela EMBRAPA para classificação taxonômica dos solos encontrados no país é a que segue:

“O solo que classificamos é uma coleção de corpos naturais, constituídos por partes sólidas, líquidas e gasosas, tridimensionais, dinâmicos, formados por materiais minerais e orgânicos que ocupam a maior parte do manto superficial das extensões continentais do nosso planeta, contêm matéria viva e podem ser vegetados na natureza onde ocorrem e, eventualmente, terem sido modificados por interferência antrópica” (EMBRAPA, 2013, p. 27)

O objeto de classificação utilizado pelo sistema é o *pedon*, que é o corpo tridimensional que representa o solo. O perfil de solo é a face do pedon que vai da superfície ao contato com o material de origem, e é a unidade de estudo em questão. Os horizontes são camadas diferentes do material de origem, que expressam os processos de gênese do solo (adição, remoção, transformação e translocação) que atuam no mesmo, por influência do clima e dos organismos, num tempo determinado pelo relevo. Entende-se como material de origem, o material que sofreu alteração, em razão dos processos de intemperismo, resultando na formação solo, podendo ser constituído tanto de substrato rochoso como de sedimentos de natureza diversa.

Neste tópico objetivou-se apresentar um panorama geral do SiBCS, explicitando sua trajetória e estruturação, e as definições das classes de solo em discussão pelo presente trabalho.

3.1 Trajetória

A primeira edição do SiBCS surge no ano de 1999, após 4 aproximações anteriores (1980, 1981, 1988 e 1997) e modificações na antiga classificação que vinha sendo utilizada pela Embrapa Solos (CAMARGO et. al, 1987; OLIVEIRA, 1992).

Geologia da Serra do Gandarela

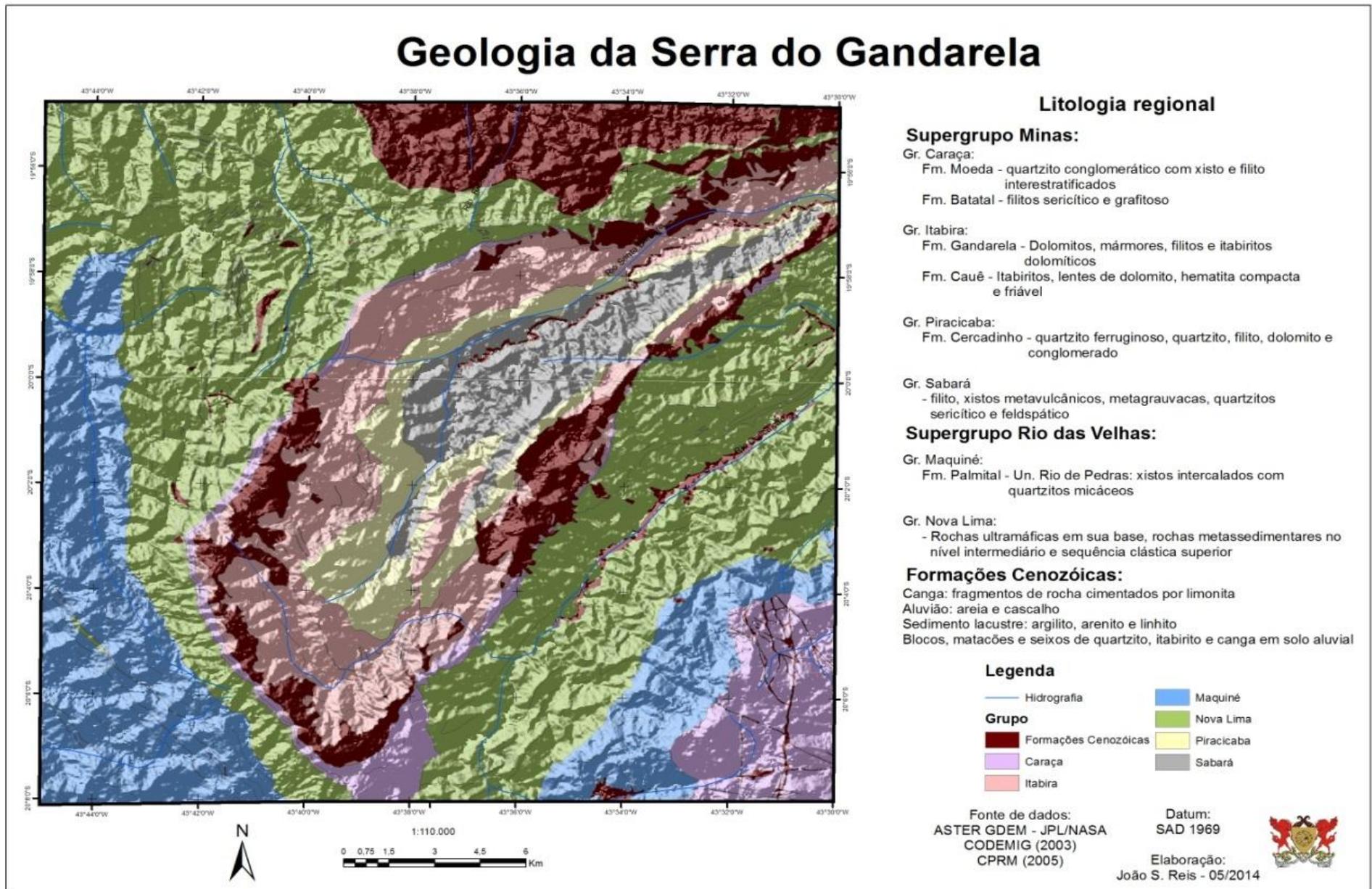


Figura 3. Esboço geológico da Serra do Gandarela.

As primeiras definições de classes de solo utilizadas em levantamentos no Brasil são derivadas do antigo sistema de classificação de solos americano, de autoria de Baldiwn et al. (1938), posteriormente modificado com Thorp e Smith em 1949, e complementado por publicações de diversos autores. As principais contribuições complementares iniciais foram: sugestões preliminares para nomenclatura e classificação de Latossolos propostas por Kellog (1949) e Kellog e Davol (1949); definições acerca de Podzólicos Vermelho-Amarelos apresentadas por Simonson (1949); contribuição de Tavernier e Smith (1957) com relação aos Cambissolos; Oakes e Thorp (1951) sobre Vertissolos e a antiga Rendzina (atual Chernossolo Rêndzico); sistema de classificação americano de 1951 em conceituação relativa a Solos Glei e Solos Salinos e Alcalinos.

Já na década de 50, os conceitos derivados do antigo sistema americano começaram a ser modificados devido a limitações que começavam a ser identificadas a partir dos levantamentos de solos conduzidos pela antiga Comissão de Solos do Centro Nacional de Ensino e Pesquisas Agronômicas (CNEPA). As modificações tornaram-se mais intensas a partir do final da década, com a consolidação do novo sistema de classificação americano, o *Soil Taxonomy*, que inspirou muitos dos princípios adotados para distinção de classes na classificação nacional.

A partir de levantamento pedológico realizado no início da década de 60 no Estado de São Paulo (BRASIL, 1960), foi reconhecido que horizontes com características pedogenéticas específicas poderiam ser utilizados na separação de classes de solo em um sistema taxonômico hierárquico, sendo documentado pela primeira vez no Brasil: os conceitos e horizontes B textural; horizonte B latossólico; conceituação de Latossolos e tentativa de subdivisão em 2º nível categórico (subordem) baseado na cor como critério; classe Terra Roxa Estruturada; tentativa de subdivisão em subordem dos Solos Podzólicos, baseado em expressão do B textural no *solum*, elevada saturação por bases no B textural, e mudança textural abrupta do B textural em relação ao horizonte iluvial.

A execução crescente de levantamentos levou a distinção de novas classes a partir de horizontes superficiais e subsuperficiais que se mostravam com características específicas dos processos pedogenéticos atuantes, como por exemplo o reconhecimento do B incipiente para diagnóstico da classe dos Solos Brunos Ácidos (atual

Cambissolos), resultado de levantamento realizado no sul do estado de Minas Gerais (BRASIL, 1962).

Ao longo do período entre a década de 50 e a década de 80, foram conceituadas e reconhecidas 36 classes de solos em alto nível categórico (OLIVEIRA et al., 1992), mostrada na Tabela 1.

Tabela 1. Classes de solo conhecidas antes da 1ª edição do SiBCS. Fonte: OLIVEIRA et al., (1992), KER (1997) e EMBRAPA (2013)

Classe	Reconhecimento ou conceituação	Classe	Reconhecimento ou conceituação
Latossolo Ferrífero	CAMARGO (1982a)	Rubrozém	BRAMÃO & SIMONSON (1956)
Latossolo Roxo	BRASIL (1960)	Brunos Não-Cálcicos	THORP & SMITH (1949)
Latossolo Vermelho-Escuro	BRASIL (1960)	Planossolo	THORP & SMITH (1949)
Latossolo Vermelho-Amarelo	BRASIL (1960)	Solonetz-Solodizado	THORP & SMITH (1949)
Latossolo Amarelo	SOMBROEK (1966)	Solonchak	THORP & SMITH (1949)
Latossolo Variação Una	EMBRAPA (1977)	Cambissolo	TAVERNIER & SMITH (1957)
	BENNEMA & CAMARGO		
Latossolo Bruno	(1964)	Plintossolo	EMBRAPA (1980a)
Terra Roxa Estruturada	BRASIL (1960)	Hidromórfico Cinzento	BRASIL (1958)
Terra Bruna Estruturada	EMBRAPA (1979)	Glei Húmico e Glei Pouco Húmico	THORP & SMITH (1949)
Podzólico Vermelho-Escuro	CAMARGO et al. (1982b)	Vertissolo	THORP & SMITH (1949)
Podzólico Vermelho-Amarelo	THORP & SMITH (1949)	Rendzina	THORP & SMITH (1949)
Podzólico Bruno-Acinzentado	THORP & SMITH (1949)	Litossolos e Litólicos	BRASIL (1972)
Podzólico Amarelo	FONSECA (1986)	Regossolo	THORP & SMITH (1949)
Podzólico Acinzentado	BRASIL (1973)	Areias Quartzosas	BRASIL (1969)
Podzol e Podzol Hidromórfico	THORP & SMITH (1949)	Aluviais	THORP & SMITH (1949)
Brunizém	THORP & SMITH (1949)	Orgânicos	THORP & SMITH (1949)
Brunizém Avermelhado	THORP & SMITH (1949)		

Em 1980 a Embrapa publica a 1ª aproximação a ser testada, de um possível SiBCS, que conta com separação em 11 classes em 1º nível categórico ainda sem nome (definidas numericamente de 1 a 11), e 19 horizontes diagnósticos, sendo 6 superficiais e 13 subsuperficiais. Na mesma publicação, chama atenção as características do sistema que se pretende consolidar, transcritas à seguir:

“CARACTERÍSTICAS DO SISTEMA

I – Morfogenético – Sistema que se baseia nos processos pedogenéticos e propriedades que são relevantes como expressão da gênese dos solos, compreendendo características morfológicas, físicas, químicas e mineralógicas;

II – Multicategórico – Sistema de categorias múltiplas;

III – Descendentes – Sistema que parte das categorias mais altas (no 1º nível) para as mais baixas;

IV – Incompleto – Sistema aberto, no qual possam ser incorporadas novas classes de solos, à medida que forem sendo conhecidas ou melhoradas as conceituações já existentes e mesmo incorporadas novas conceituações.” (EMBRAPA, 1980b, p. 1).

A 2ª aproximação foi lançada no ano de 1981, e teve como principal novidade a inserção de duas novas classes de solo e estruturação preliminar do 2º nível categórico, baseado em critérios morfogenéticos, como citado por Anjos et al., (2012, p. 315):

“A estruturação do nível de categoria II foi delineada com base no binômio desenvolvimento-constituição, reconhecendo-se, como de importância fundamental: a variação em grau referente à evolução e transformações, envolvendo intensidade dos fenômenos; progressão dos processos essenciais, estágio de desenvolvimento e variação em natureza constitucional, pedogenética ou inata (EMBRAPA, 1981)”

Em 1988, é publicada a 3ª aproximação, com a tentativa de aperfeiçoamento do 2º nível e estruturação de 3º e 4º nível categóricos. Foram mantidas as 13 classes da edição anterior com alguns acréscimos na definição das mesmas. A 4ª aproximação, publicada em 1997, é considerada como precursora do atual SiBCS, pois pouco foi modificado da 1ª edição do mesmo, publicada em 1999. As principais mudanças desta aproximação em relação à anterior foram a criação da classe dos Nitossolos e horizonte diagnóstico B nítico, estabelecimento do perfil de solo como objeto de classificação, inclusão de novos atributos diagnósticos (ácrico, caulínico e oxídico, caráter epiáquico, caráter crômico, caráter ebânico, cor e teor de óxidos de Fe), e foi estabelecida a nomenclatura preliminar das 14 classes de solo já definidas (de 1 a 14 respectivamente): Neossolos, Vertissolos, Cambissolos, Chernossolos, Luvisolos, Alissolos, Podzolissolos, Latossolos, Espodossolos, Planossolos, Plintossolos, Gleissolos, Organossolos e Nitossolos.

O desenvolvimento do sistema se baseou em discussões realizadas em nível nacional, regional e local, em parceria com institutos de pesquisa públicos e privados, e universidades que culminou na publicação da 1ª edição do SiBCS em 1999 (EMBRAPA, 1999). A 1ª edição do sistema nacional conta com 14 classes de solo no 1º nível categórico, mantidas da 4ª aproximação, e as classes foram estruturadas até o 4º nível, mas já é proposta a separação em 5º e 6º níveis. Nessa edição, encontram-se 24 horizontes diagnósticos, sendo 7 superficiais e 17 subsuperficiais. A nomenclatura das

classes definidas são as mesmas da 4ª aproximação, com mudança apenas dos Podzolissolos que passaram a ser chamados de Argissolos (EMBRAPA, 1999). Entre 1999 e 2006, diversos estudos e discussões a partir dos usuários e comitês específicos já existentes, elaboraram mudanças relevantes desde o 1º até o 4º nível, assim como reestruturação, redefinição e até extinção e inclusão de classes no sistema. Como resultado, foi publicado em 2006 a 2ª edição do SiBCS considerada uma revisão e ampliação da 1ª edição. Nesse novo sistema, foram mantidas apenas 13 classes em 1º nível, por consequência da extinção da classe dos Alissolos, além de revistos e adicionados novos atributos diagnósticos, que culminou na ampliação de algumas classes já existentes (Argissolos, Espodossolos, Neossolos, Nitossolos, Planossolos e Plintossolos). No ano de 2013, mais uma edição do SiBCS é lançada. A 3ª edição é o sistema vigente atualmente e conta com as mesmas 13 classes do sistema anterior, havendo modificações significativas, correções, redefinições e ajustes em conceitos básicos utilizados no mesmo, como verificado à seguir:

“(…) correções e redefinições de conceitos básicos relativos a saturação por bases, caráter flúvico, caráter plânico, caráter rubrico, cerosidade, superfície de compressão, horizontes A antrópico, B textural, B latossólico, B incipiente, B nítico, B espódico, B plânico, e horizonte glei. É sugerida a criação do caráter retrátil (condição típica de alguns Latossolos e Nitossolos do Sul do País até então com reconhecidas dificuldades na sua identificação e classificação taxonômica), e dos caracteres espódico, redóxico e sômbrico. Alterações de redação, de eliminação ou incorporação de classes de solos são propostas nos níveis categóricos de ordem (Chernossolos, Espodossolos, Gleissolos, Luvissolos, Nitossolos e Planossolos), de subordem (Cambissolos Húmicos, inclusão de Hísticos nos Cambissolos, Latossolos Brunos, Nitossolos Brunos, Neossolos Flúvicos e Planossolos Nátricos), de grande grupo (inclusão dos Alumínicos, Distróficos e Eutróficos nos Argissolos Bruno-Acinzentados, inclusão de Alíticos nos Cambissolos Húmicos, inclusão dos Petrocálcicos nos Chernossolos Rêndzicos, inclusão de sódicos nos Gleissolos Melânicos e Gleissolos Háplicos, exclusão de Ácriférricos e Ácricos nos Latossolos Brunos, redefinição da seção de controle, no terceiro nível categórico, nos Gleissolos Melânicos, Gleissolos Háplicos, Neossolos Flúvicos e Planossolos Háplicos) e de subgrupo (inclusões de inúmeras classes de solos), bem como no nível categórico de família (criação dos subgrupos texturais e de atividade da fração argila). É também apresentada proposta de ordenação de legenda de identificação de solos.” (EMBRAPA, 2013, p. 3-4).

Tabela 2. Correlação entre as classes atuais e anteriores à 1ª edição do SiBCS (EMBRAPA, 2013).

SiBCS 3ª ed. (2013)	Classificação utilizada anteriormente pela Embrapa Solos
Argissolos	Rubrozéns, Podzólicos Bruno-Acinzentados Distróficos ou Álicos, Podzólicos Vermelho-Amarelos Distróficos ou Álicos Ta e alguns Podzólicos Vermelho-Amarelos Distróficos ou Álicos Tb (com limite mínimo de T = 20 cmolc/kg de argila), Podzólicos Vermelho-Amarelos Tb, pequena parte de Terra Roxa Estruturada, de Terra Roxa Estruturada Similar, de Terra Bruna Estruturada, e de Terra Bruna Estruturada Similar com gradiente textural necessário para B textural, em qualquer caso Eutróficas, Distróficas ou Álicas, e mais recentemente Podzólicos Vermelho-Escuros Tb com B textural e Podzólicos Amarelos;
Cambissolos	Cambissolos Eutróficos, Distróficos e Álicos Ta e Tb, exceto os Cambissolos Eutróficos com horizontes A chernozêmico e com argila de atividade alta;
Chernossolos	Rendzinas, Brunizéns, Brunizéns Avermelhados e Brunizéns Hidromórficos;
Espodossolos	Podzol, inclusive Podzol Hidromórfico;
Gleissolos	Glei Pouco Húmicos, Glei Húmicos;
Latossolos	Latossolos, excetuadas algumas modalidades anteriormente identificadas como Latossolos Plínticos;
Luvissolos	Brunos Não Cálcicos, Podzólicos Vermelho-Amarelos Eutróficos Ta, Podzólicos Bruno-Acinzentados Eutróficos e Podzólicos Vermelho-Escuros Eutróficos Ta;
Neossolos	Litossolos, Solos Litólicos, Regossolos, Solos Aluviais e Areias Quartzosas (Distróficas, Marinhas e Hiromórficas);
Nitossolos	Terra Roxa Estruturada, Terra Roxa Estruturada Similar, Terra Bruna Estruturada, Terra Bruna Estruturada Similar, alguns Podzólicos Vermelho-Escuros Tb e alguns Podzólicos Vermelho-Amarelos Tb;
Organossolos	Solos Orgânicos, Solos Semiorgânicos, Solos Tiomórficos Turfosos e parte dos Solos Litólicos Turfosos com horizonte hístico com 30 cm ou mais de espessura;
Planossolos	Planossolos, Solonetz Solodizados e Planossolos Hidromórficos Cinzentos que apresentam mudança textural abrupta;
Plintossolos	Lateritas Hidromórficas, parte dos Podzólicos Plínticos, parte dos solos Glei Húmicos e dos Glei Pouco Húmicos Plínticos e alguns dos possíveis Latossolos Plínticos;
Vertissolos	Vertissolos, inclusive os Hidromórficos.

Além de toda essa revisão e ampliação, o Comitê Executivo de Classificação de Solos, com intuito de dar mais autonomia aos usuários do sistema, sugere que o usuário tenha a possibilidade de incluir novas classes em 4º nível categórico, através de envio de uma cópia do perfil para o mesmo, para que estas sejam incorporadas oficialmente ao sistema. Há também consenso tanto do Comitê quanto dos colaboradores e dos usuários, da utilização de subgrupos já existentes no SiBCS em classes em que não são relatados

pelo sistema, utilizando em ordem de importância taxonômica. A Tabela 2 mostra a correlação entre as classes de solo atuais e as antigas classes (EMBRAPA, 2013).

3.2 Estrutura do sistema

Ao longo de sua evolução, o SiBCS se manteve como um sistema taxonômico morfogenético, multicategórico, descendente, aberto e de abrangência nacional. É dividido em 6 níveis categóricos, nomeados de Ordem (13), Subordem (43), Grande Grupo (192), Subgrupo (812), Família e Série, respectivamente. Sua organização é regida pelo princípio de que o usuário possa classificar um perfil de solo seguindo a seqüência indicada pela chave de maneira hierárquica, e tende a agrupar solos com características mais homogêneas quanto maior for o nível taxonômico. O sistema, por ser aberto (incompleto) ainda conta com a possibilidade de discussão sobre revisão e possíveis modificações que podem ser acompanhadas através de plataforma online (www.cnps.embrapa.br/sibcs) (EMBRAPA, 2013).

Os níveis categóricos são estabelecidos segundo um conjunto de atributos diagnósticos passíveis de identificação em campo ou através de conhecimentos de Pedologia e outras disciplinas relacionadas. No 1º nível categórico (Ordem) são consideradas a presença ou ausência de atributos, horizontes diagnósticos ou propriedades que possam ser identificadas no campo mostrando sinais da gênese e evolução do perfil de solo. O 2º nível (subordem) é separado por características diferenciais que refletem processos de formação que agiram em conjunto com os predominantes, ressaltam atributos relacionados a ausência de horizontes diagnósticos, indicam propriedades importantes para desenvolvimento de plantas e manejo agrícola, e ressaltam características que representam variações importantes dentro das classes no 1º nível categórico. Os grandes grupos (3º nível) são separados pelo tipo e arranjo dos horizontes, atividade de argila, saturação do complexo sortivo por bases, alumínio ou sódio, e presença de propriedades que restringem a drenagem e desenvolvimento de raízes. Em 4º nível (subgrupo) os solos são separados por características extraordinárias diferenciais entre os indivíduos até então agrupados juntos, atributos que os tornam intermediários com outras classes do 1º, 2º ou 3º nível, ou representem o conceito central ou indivíduo mais simples encontrado. Os 5º (Família) e 6º (Série) níveis ainda encontram-se em discussão, mas tudo indica que para o primeiro serão utilizadas

características morfológicas, físicas, químicas e mineralógicas relevantes para o manejo dos solos, enquanto que para o segundo deverão ser utilizadas características importantes para fins de engenharia, geotecnia e planejamento ambiental, com sua identificação levando em conta sua variabilidade espacial.

3.3 Latossolos Vermelhos Perféricos

Os Latossolos são definidos segundo critério atual (EMBRAPA, 2013) como solos oxídicos ou caulíníticos; com ausência de minerais primários ou secundários facilmente intemperizáveis (MPFI); predominância de argilas de atividade baixa (Tb); com relação molecular $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3 \times 1,7$ (Ki) igual 2,2 ou menor; profundos e geralmente bem a acentuadamente drenados; sem incremento de argila (translocação) significativa ou ausente de B para A; com pouca ou nenhuma presença de cerosidade; geralmente com pH ácido, baixa saturação por bases, distróficos ou alumínicos. Ocorrem em vasta extensão territorial no Brasil, visto que são solos típicos de regiões tropicais onde ocorre intensa alteração química e formação de manto de intemperismo, por consequência da temperatura e precipitação pluvial elevadas. Sua evolução ao longo da trajetória do SiBCS é apresentada na Tabela 3.

Para sua identificação é necessária a presença de horizonte diagnóstico B latossólico (Bw) precedido de qualquer horizonte A dentro de 200 cm de solo ou dentro de 300 cm se o A apresentar mais que 150 cm de espessura. O horizonte Bw é um horizonte subsuperficial não hidromórfico, sem relação textural e presença de cerosidade expressivas, sem formação de plintita, e deve atender a todos os seguintes critérios: estrutura fraca, moderada ou forte, muito pequena ou pequena granular, ou em blocos subangulares de grau fraco ou moderado; espessura mínima de 50 cm; Menos de 5 % do volume com estrutura da rocha original ou fragmentos da rocha semi ou não intemperizada; textura francoarenosa ou mais fina; relação Ki igual ou inferior a 2,2; menos de 4 % de MPFI, ou menos de 6 % de muscovita na fração areia, podendo contar com traços de ilitas, esmectitas e argilominerais interestratificados; atividade da argila menor que 17 cmol/kg de argila, sem correção para carbono; e cerosidade se presente, pouca e fraca.

Para sua distinção em 2º nível categórico é utilizado o critério de cor. O Latossolo Vermelho requer, além das características anteriores, matiz 2,5YR ou mais vermelho na primeira parte dos primeiros 100 cm do horizonte B. Para identificação em 3º nível, essa subordem leva em conta saturação por bases, caráter ácrico, caráter alumínico, e teor de óxidos de ferro. Para distinção dos Latossolos Vermelhos Perféricos é necessário que ocorra conjugado com caráter distrófico, teores de Fe_2O_3 obtidos por ataque sulfúrico maiores ou iguais a 360 g.kg^{-1} . O 4º nível é definido apenas em razão de seu caráter intermediário com cambissolos (cambissólicos) ou tipo de horizonte superficial (húmicos), sendo todos os outros que não apresentam essas características enquadrados como típicos.

Os Latossolos Vermelhos Perféricos correspondem aos antigos Latossolos Ferríferos (LF) e Latossolos Roxos (LR), o primeiro desenvolvidos de rochas metamórficas com altos teores de ferro, e o segundo desenvolvido de rochas ígneas básicas-ultrabásicas. Ambos apresentam teores elevados de Fe_2O_3 pelo ataque sulfúrico, mas diferem nos valores de elementos traço com afinidade geoquímica com o ferro e densidade de partículas, sendo que o LF apresenta menores concentrações de elementos traço e maiores valores de densidade de partículas. Ker (1997) sugere como distinção mais eficiente entre eles, além dos dois critérios comentados, basear-se na relação $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{TiO}_2$, que alcança valores maiores que 25 nos LF por razão de seus baixos teores de TiO_2 . A mudança em relação à antiga classificação que fez com que os dois solos fossem agrupados em mesmo grande grupo (3º nível), foi a mudança de critério para distinção de subordens (2º nível) que passou a levar em conta a cor dos solos, e não seus teores de Fe_2O_3 como anteriormente utilizado.

Os LF descritos no Brasil estão localizados dentro do domínio geológico conhecido como Quadrilátero Ferrífero, e foram encontrados em litologia associada ao Supergrupo Minas. Compreendem solos com teores de $\text{Fe}_2\text{O}_3 > 360 \text{ g/kg}$, Bw com cores muito vermelhas, alta atração ao magneto (imã), relativamente ricos em matéria orgânica, com textura predominante argilosa podendo apresentar, ou não, nódulos e concreções ferruginosas na fração cascalho em subsuperfície, distróficos, baixas relações Ki e Kr, normalmente ácricos e de baixa capacidade de troca catiônica (CTC).

LATOSSOLOS										
Camargo & Kauffman (1987)		1999 (1ª ed)			2006 (2ª ed)			2013 (3ª ed)		
Classe em nível elevado	Prop. diagnósticas para divisões subsequentes	Subordens	3º nível	4º nível	Subordens	3º nível	4º nível	Subordens	3º nível	4º nível
Latossolo Ferrífero	A húmico ou com atos teores de carbono orgânico sem cores escuras	Brunos	Ácricos	2	Brunos	Acriférricos	2	Brunos	Aluminoférricos	2
Latossolo Roxo	Saturação por bases ou alumínio		Alumínicos	4		Ácricos	2		Alumínicos	2
Latossolo Vermelho-Escuro	Presença de concreções lateríticas		Distróficos	4		Aluminoférricos	2		Distroférricos	2
Latossolo Vermelho-Amarelo	Características transicionais	Amarelos	Coesos	8		Alumínicos	3		Distróficos	3
Latossolo Amarelo	Tipos de horizonte A		Acriférricos	3		Distroférricos	2	Amarelos	Acriférricos	2
Latossolo Variação Una	Características transicionais		Ácricos	5		Distróficos	3		Ácricos	4
Latossolo Bruno	Classe textural Fases de vegetação, substrato e relevo		Distroférricos	2	Amarelos	Alumínicos	2		Alumínicos	2
			Distróficos	6		Distrocoesos	6		Distroférricos	2
			Eutróficos	3		Acriférricos	2		Distrocoesos	6
		Vermelhos	Perférricos	3		Ácricos	4		Distróficos	7
			Aluminoférricos	3		Distroférricos	2		Eutróficos	2
			Acriférricos	3		Distróficos	6	Vermelhos	Perférricos	3
			Distroférricos	5		Eutróficos	3		Acriférricos	3
			Eutroférricos	4	Vermelhos	Perférricos	3		Ácricos	3
			Ácricos	4		Aluminoférricos	3		Aluminoférricos	4
			Distróficos	5		Acriférricos	3		Distroférricos	6
			Eutróficos	5		Distroférricos	5		Distróficos	7
			Acriférricos	3		Eutroférricos	3		Eutroférricos	3
		Vermelho-Amarelos	Ácricos	4		Ácricos	2		Eutróficos	4
			Distroférricos	3		Distróficos	4	Vermelho-Amarelos	Acriférricos	2
			Distróficos	7		Eutróficos	4		Ácricos	3
			Eutróficos	4	Vermelho-Amarelos	Alumínicos	2		Alumínicos	2
			Total	90		Acriférricos	2		Distroférricos	3
						Ácricos	2		Distróficos	7
						Distroférricos	3		Eutróficos	3
						Distróficos	6		Total	87
						Eutróficos	3			
						Total	84			

Tabela 3. Evolução dos conceitos dos Latossolos.

3.4 Cambissolos Háplicos Perférricos

Os solos conhecidos como Cambissolos têm desenvolvimento incipiente, caracterizados pela pedogênese pouco avançada identificada por desenvolvimento de estrutura do solo, com alteração do material originário expresso pela quase ou ausência da estrutura original da rocha, croma mais alto e matizes mais vermelhos ou teor de argila mais elevado que dos horizontes abaixo. Também são solos com ampla ocorrência nacional.

Para sua identificação, deve ocorrer horizonte diagnóstico B incipiente (Bi) abaixo de qualquer horizonte superficial. O horizonte Bi é caracterizado como um horizonte com alteração química e física incipientes mas suficientes para desenvolvimento de cor e estrutura, e que mais que 50 % do volume dos sub-horizontes não pode ser constituído por estrutura da rocha original. É um horizonte não hidromórfico; sem relação textural e cerosidade expressivas; sem presença de plintita; sem cimentação ou endurecimento; tem dominância de cores brunas, amarelas e vermelhas podendo ocorrer mosqueados, ou cores acinzentadas com mosqueados; textura francoarenosa ou mais fina; deve apresentar estrutura no solo; e apresentar desenvolvimento pedogenético evidenciado pelo teor de argila maior ou croma mais forte ou matiz mais vermelha que o horizonte subjacente, ou remoção de carbonatos em relação ao horizonte de acumulação subjacente. Esse horizonte ainda pode apresentar características de Bw, quando tiver um dos seguintes aspectos: atividade da argila maior que 17 cmol_c/kg, 4 % de MPFI, Ki maior que 2,2, espessura menor que 50 cm, ou 5 % ou mais do volume com estrutura da rocha original.

Todos os Cambissolos que não apresentem características para serem enquadrados nas subordens Hísticos, Húmicos e Flúvicos, são identificados como Cambissolos Háplicos. Dentre os Háplicos são divididos em razão de caráter carbonático, caráter sódico, atividade da argila, caráter alítico, caráter alumínico, teor de óxidos de ferro e saturação por bases. Os solos que apresentam Bi, com teores de Fe₂O₃ > 360 g/kg, conjugado com argilas de atividade baixa, são classificados como Cambissolos Háplicos Perférricos. Estes são divididos em 4º nível entre os que apresentam morfologia de Bw em Bi caracterizando caráter transicional (latossólicos), e os que não se enquadram nesse critério são agrupados como típicos.

A evolução dessa classe de solo é apresentada na Tabela 4.

CAMBISSOLOS										
Camargo & Kauffman (1987)		1999 (1ª ed)			2006 (2ª ed)			2013 (3ª ed)		
Classe em nível elevado	Prop. diagnósticas para divisões subsequentes	Subordens	3º nível	4º nível	Subordens	3º nível	4º nível	Subordens	3º nível	4º nível
Cambissolo	Atividade da Argila	Hísticos	Alumínicos	3	Húmicos	Aluminoférricos	4	Hísticos	Alumínicos	3
	Saturação por bases		Distróficos	2		Alumínicos	3		Distróficos	3
	Saturação por Al	Húmicos	Aluminoférricos	4		Distroférricos	3	Húmicos	Alíticos	2
	Presença de carbonatos de Ca		Alumínicos	5	Distróficos	3	Aluminoférricos		4	
	Sólm pouco espesso		Distroférricos	3	Flúvicos	Carbonáticos	3		Alumínicos	3
	Características transicionais	Distróficos	4	Sódicos		2	Distroférricos	4		
	Tipo de A (exceto A chernozêmico)	Háplicos	Alumínicos	3	Sálicos	2	Alumínicos	3		
	Classe textural		Carbonáticos	4	Alumínicos	2	Distróficos	3		
	Fases de vegetação, substrato e relevo		Sálicos	5	Ta Distróficos	2	Flúvicos	Carbonáticos	3	
			Sódicos	6	Ta Eutróficos	4		Sódicos	3	
			Distroférricos	2	Tb Distróficos	2		Sálicos	2	
			Eutroférricos	3	Tb Eutróficos	2	Alumínicos	2		
			Perférricos	2	Háplicos	Carbonáticos	4	Ta Distróficos	2	
			Ta Eutróficos	7		Sódicos	3	Ta Eutróficos	5	
			Ta Distróficos	4		Perférricos	2	Tb Distróficos	2	
			Tb Eutróficos	6		Alíticos	3	Tb Eutróficos	2	
		Tb Distróficos	6	Alumínicos		7	Háplicos	Carbonáticos	5	
		Total	69	Distroférricos		2		Sódicos	3	
				Ta Distróficos		3		Perférricos	2	
				Ta Eutroférricos	2	Alíticos		4		
			Ta Eutróficos	5	Alumínicos	6				
			Tb Distróficos	6	Ta Distróficos	3				
			Tb Eutroférricos	6	Ta Eutroférricos	2				
			Tb Eutróficos	4	Ta Eutróficos	6				
			Total	79	Tb Distroférricos	2				
					Tb Distróficos	6				
					Tb Eutroférricos	6				
					Tb Eutróficos	5				
					Ta Distróficos	3				
					Ta Eutroférricos	2				
					Ta Eutróficos	6				
					Tb Distróficos	2				
					Tb Distróficos	6				
					Tb Eutroférricos	6				
					Tb Eutróficos	5				
					Total	126				

Tabela 4. Evolução dos conceitos dos Cambissolos.

3.5 Plintossolos Pétricos

A ordem dos Plintossolos compreende solos minerais formados sob condições de restrição à percolação da água, em geral mal drenados, e se caracterizam principalmente por apresentar processo de plintização, podendo ou não formar petroplintita. Têm ocorrência relacionada a baixadas, áreas planas ou suave onduladas, em depressões, e áreas sujeitas a oscilação do lençol freático ou alagamento periódico restringindo a percolação de água, como terços inferiores de encosta. Seus indivíduos com horizonte concrecionário podem ocorrer em posições mais elevadas da paisagem como bordas de chapadas e platôs, tendo melhor drenagem do que os que apresentam horizonte plíntico. São típicos de zonas quentes e úmidas com estação seca bem definida.

Têm sua classificação definida pela presença horizonte plíntico, horizonte litoplíntico ou horizonte concrecionário, iniciando a partir de 40 cm da superfície ou dentro de 200 cm quando precedido de glei ou imediatamente abaixo de horizonte A ou E. O horizonte plíntico é um horizonte caracterizado com presença maior ou igual a 15 % de plintita e com espessura mínima de 15 cm, e estão intimamente ligados à condições de restrição à drenagem ou alagamentos periódicos. O horizonte litoplíntio é constituído por petroplintita contínua ou fraturada com blocos de tamanho mínimo 20 cm, ou poucas fendas separadas por 10 cm ou mais, e para ser diagnóstico deve ter espessura maior que 10 cm, diferindo do B espódico por conter pouca ou nenhuma matéria orgânica. O horizonte concrecionário é um horizonte com volume de 50 % ou mais de cascalho constituído por nódulos, concreções de ferro e alumínio, em matriz de textura variada, e para ser diagnóstico deve contar com mínimo de 30 cm de espessura.

Os Plintossolos são diferenciados em 2º nível pelo tipo de horizonte B que ocorre, sendo divididos entre Pétricos, Argilúvicos e Háplicos. Os Plintossolos Pétricos são solos que tem como diagnóstico os horizonte concrecionário e litoplíntico. O critério de horizonte concrecionário como diagnóstico para a classe dos Plintossolos Pétricos foi estabelecido na 2ª edição do SiBCS, o que causou conflito com alguns solos antes classificados como Latossolos Vermelhos Perférricos. Para distinção de grande grupo, os Plintossolos Pétricos são divididos em Concrecionários ou Litoplínticos, em razão de qual desses 2 horizontes é encontrado. Os Plintossolos Pétrico Litoplínticos são divididos em 4º nível em razão da textura (arênicos), profundidade de ocorrência da

PLINTOSSOLOS										
Camargo & Kauffman (1987)		1999 (1a ed)			2006 (2a ed)			2013 (3a ed)		
Classe em nível elevado	Prop. diagnósticas para divisões subseqüentes	Subordens	3º nível	4º nível	Subordens	3º nível	4º nível	Subordens	3º nível	4º nível
Plintossolos	Atividade de argila	Pétricos	Litoplínticos	2	Pétricos	Litoplínticos	3	Pétricos	Litoplínticos	3
Plintossolos Pétricos	Saturação por bases ou Al		concrecionários Distróficos	3		Concrecionários	9		Concrecionários	9
	Mudança textural abrupta,		concrecionários eutróficos	3	Argilúvicos	Alíticos	7	Argilúvicos	Alíticos	7
	Classe de drenagem	Argilúvicos	Alumínicos	2		Alumínicos	7		Alumínicos	7
	Tipo de horizonte A		Distróficos	6		Distróficos	8		Distróficos	8
	Classe textural		Eutróficos	6		Eutróficos	8		Eutróficos	8
	Fases de vegetação e relevo	Háplicos	Distróficos	3	Háplicos	Alíticos	5	Háplicos	Alíticos	5
			Eutróficos	3		Alumínicos	5		Alumínicos	5
			Total	28		Ácricos	4		Ácricos	4
						Distróficos	6		Distróficos	6
						Eutróficos	6		Eutróficos	6
						Total	68		Total	68

Tabela 5. Evolução da classe dos Plintossolos.

petroplintita (êndicos) ou típicos. Os Pétricos Concrecionários são divididos de acordo com contato lítico (líticos e lépticos), caráter êutrico, profundidade de ocorrência das concreções (êndicos), características transicionais (gleissólicos, argissólicos, latossólicos, cambissólicos) e os que não se enquadram em nenhuma das características mencionadas (típicos). Na Tabela 5 é apresentada a evolução da classe dos Plintossolos.

4. Material e Métodos

4.1 Amostragem

Foram descritos e coletados 9 perfis de solo, nas diferentes fitofisionomias encontradas numa seqüência de topos suave ondulados, na aba externa ocidental da sinclinal do Gandarela (Figura 1). Todas as amostras estão situadas sob a mesma litologia, carapaça de canga que recobre as partes altas da Serra do Gandarela, resultado da alteração de itabiritos da Formação Cauê (Grupo Itabira, Supergrupo Minas). Em posição de topo de morro foram coletados P3 (Escrube – 1613 m) em local com declive suave, P5 (Capão florestal baixo – 1588 m) em pequena área plana na borda do platô de canga, e P7 (1545 m) e P8 (1594 m) representando os afloramentos de canga onde ocorre vegetação de campo rupestre. Já P1 (Capão florestal – 1523 m), P2 (Capão florestal – 1548 m), P4 (Capão florestal – 1554 m) e P6 (Capão florestal – 1539 m) se encontram em áreas deprimidas entre os topos locais, com orientação voltada para dentro da sinclinal, que sustentam vegetações florestais mais altas e densas do que as que foram observadas nas áreas aplainadas dos topos. P9 (Capão florestal – 1402 m) foi coletado na cota mais baixa, está em condição de sopé de encosta próximo ao contato litológico entre o Grupo Itabira e os quartzitos do Grupo Caraça.

4.2 Análises de laboratório

As amostras foram secas ao ar e peneiradas em malha 2 mm, para obtenção da fração terra fina seca ao ar (TFSA). Para caracterização foram quantificados, na TFSA, segundo Embrapa (1997): pH em água e em solução de KCl 1 mol.L⁻¹; teores disponíveis de Ca²⁺, Mg²⁺ e Al³⁺, quantificados por espectrofotômetro de absorção atômica (AAS) e titulação com solução de NaOH 0,05 mol.L⁻¹ (Al³⁺), após extração com solução de KCl 1 mol.L⁻¹; teores disponíveis de P, K⁺, Na⁺, Zn, Fe, Mn e Cu

extraídos por solução ácida Mehlich-1 ($\text{HCl } 0,05 \text{ mol.L}^{-1} + \text{H}_2\text{SO}_4 \text{ } 0,0125 \text{ mol.L}^{-1}$), e dosagem com fotômetro de chama (P, Na^+ e K^+) e AAS; carbono orgânico total através de oxidação por via úmida, com dicromato de potássio ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 \text{ } 0,167 \text{ mol.L}^{-1}$) em meio ácido (H_2SO_4 concentrado, $d = 1,84$); acidez potencial (H + Al) pelo método do acetato de cálcio a pH 7; granulometria, pelo método da proveta; densidade de partículas; e Fe, Al, Si, P, Mn, Ti e Zr quantificados por espectrofotômetro de emissão atômica induzido por plasma acoplado (ICP-OES), extraídos por ataque sulfúrico. A partir desses resultados foram calculados a soma de bases (SB), capacidade de troca catiônica (CTC) efetiva (t) e potencial (T), saturação por bases (V%), saturação por alumínio (m%), matéria orgânica (M.O.), relação silte/argila, atividade da argila sem correção para carbono e índices Ki e Kr.

Os teores de Al e Fe presentes em minerais mal cristalizados foram extraídos pelo método do oxalato de amônio na ausência de luz (Schwertmann, 1964). Para caracterização de Al e Fe complexados à material orgânico foi realizada extração por pirofosfato de sódio (PANSU & GAUTHEYROU, 2006). As relações Fe_o/Fe_s e Fe_p/Fe_s foram calculadas à fim de observar a quantidade de ferro em minerais mal cristalizados, e a fração de Fe presente em complexos organometálicos em relação ao ferro pedogênico total, respectivamente.

5. Resultados e discussão

5.1 Caracterização física e morfológica

Todos os perfis de solo estudados apresentam cores vermelho-escuras, com matizes 10R e 2.5YR (Tabela 6). O valor se manteve praticamente o mesmo dentro de cada perfil, com aumento do croma em profundidade, devido à menor influência de material orgânico e maior expressão dos óxidos de ferro (hematita) herdados do material de origem. A distinção entre os horizontes superficiais e subsuperficiais não apresentou dificuldades em razão dos altos teores de matéria orgânica encontrados nos horizontes superficiais, que geram um contraste de cor expressivo sob os horizontes Bw muito vermelhos. Em P9 a sequência de cores, em conjunto com a proporção de cascalho entre

horizontes, possibilitou a identificação de um perfil de solo enterrado por aporte de colúvio, que deu origem a um de novo perfil de solo de desenvolvimento incipiente.

Os horizontes subsuperficiais apresentam estrutura granular, moderada a fortemente desenvolvida e de tamanho muito pequeno, bem menor do que o tamanho limite para distinção de estrutura granular muito pequena definido por SANTOS et al., (2005) (FOTO 1). Todos os horizontes, sem exceção, contam com fragmentos de canga em diferentes estágios de degradação, desde a fração cascalho até areia. A terra fina ocorre entremeada aos seixos de canga, que correspondem à mais da metade do volume de material. Foi constatada presença de agregados muito fortes em alguns horizontes superficiais, ficando retidos em peneira de malha de 2 mm. Característica notável relacionada à morfologia é a boa condição de drenagem dos perfis amostrados, que podem ser classificados como bem a acentuadamente drenados. Não foi observada presença de cerosidade e de relação textural.

Característica que merece destaque é a forte atração, tanto da terra fina quanto das frações mais grosseiras, ao magneto (ímã). Isso se deve em parte, à provável presença de magnetita na fração areia, herdada do material de origem (PEREIRA, 2010), e da presença de maghemita na fração argila dos solos, comprovada por análises mineralógicas realizadas em 2 perfis de solo da Serra do Gandarela (CARVALHO FILHO, 2008). Cornell & Schwertmann (2003) afirmam que a maghemita é oriunda de duas vias de formação: forma-se a partir da oxidação da magnetita litogênica que pode estar concentrada em concreções ou dispersa na matriz do solo; ou através do aquecimento da lepidocrocita (± 250 °C), e aquecimento da goethita (ou ferridrita) que também se converte em maghemita (mais do que em hematita), desde que haja matéria orgânica presente e esta não oxide antes que a goethita perca hidroxila. Ainda segundo os autores, a segunda via de formação é o caso de solos cobertos por vegetação e acesso limitado à ar quando a vegetação é incinerada. Em todos os perfis de solo estudados foram encontrados fragmentos de carvão vegetal visíveis desde o tamanho areia até cascalho (FOTO 2).

Apesar da constituição esquelética, dada pela grande quantidade de fragmentos de canga presentes na fração cascalho e distribuída no *solum* (Tabela 6), os horizontes subsuperficiais foram identificados no campo em sua maioria como horizontes B latossólico (Bw), baseado em sua constituição predominantemente oxídica indicada pela

Hor.	Prof. cm	Cascalho ¹ %	Areia	Silte g/kg	Argila	Classificação	Estrutura	Cor	RT	S/A	Dp g/cm ³
P1 - Latossolo Vermelho Perférico típico											
A	0 - 8	-	310	180	510	Argila	fo. peq. gran	2.5YR (2.5/3)			2,5
BA	8 - 45	-	220	160	620	Muito Argilosa	fo. mpeq. gran.	10R (3/3)		0,26	3,18
Bwc	45 - 150+	61,11	210	140	650	Muito Argilosa	mod. peq. gran.	10R (3/6)	1,25	0,22	3,04
P2 – Latossolo Vermelho Perférico húmico											
A	0 - 18	25	380	150	470	Argila	fo. peq. gran	2.5YR (2.5/3)			2,78
AB	18 - 35	46,88	360	150	480	Argila	fo. peq. gran	10R (3/3)			2,58
BAc	35 - 45	65	430	100	470	Argila	mod. peq. gran.	10R (3/4)		0,21	3,22
Bwc	45 - 150+	65	440	90	470	Argila	fo. peq. gran.	10R (3/6)	0,99	0,19	3,12
P3 – Latossolo Vermelho Perférico típico											
A	0 - 5/8	45	450	130	420	Argila	mod. peq. gran.	2.5 YR (2.5/2)			3,09
AB	5/8 - 20	41	440	140	420	Argila	mod. peq. gran.	10R (3/2)			3,2
Bwc	20 - 150+	69	350	160	490	Argila	mod. peq. gran.	2.5 YR (3/6)	1,17	0,33	3,44
P4 – Latossolo Vermelho Perférico típico											
A	0 - 10/15	25	530	100	370	Argilo-Arenosa	mod. peq. gran.	2.5YR (2.5/3)			3,13
Bwc	15 - 150+	64,71	450	100	450	Argila	fo. peq. gran	10R (4/6)	1,22	0,22	3,36
P5 – Cambissolo Háplico Perférico latossólico											
A	0 - 3	-	410	130	460	Argila	mod. peq. gran.	2.5YR (2.5/3)			3,09
Bi ₁	3 - 35	27,78	460	120	420	Argilo-Arenosa	fo. peq. gran	2.5YR (2.5/4)		0,29	3,24
Bi ₂	35 - 60	67,86	470	120	410	Argilo-Arenosa	fo. peq. gran	2.5YR (3/6)	0,91	0,29	4,47
P6 – Latossolo Vermelho Perférico húmico											
O	0 - 20	35	450	150	400	Argila	mod. peq. gran.	2.5 YR (2.5/2)			2,22
A	20 - 28	68,18	300	160	540	Argila	fo. peq. gran	2.5YR (3/6)			2,71
Bwc	28 - 90/110	72,73	330	150	520	Argila	fo. peq. gran.	10R (4/6)	1,11	0,29	2,78
P7 - Afloramento de canga											
A ₁	0 - 3	-	310	240	450	Argila	fo. peq. gran	10R (2.5/2)			2,72
A ₂	3 - 10/15	-	370	190	440	Argila	fo. peq. gran	10R (2.5/2)			2,74
P8 - Afloramento de canga											
A	0 - 8	-	430	290	280	Franco-Argilosa	fo. peq. gran	10R (2.5/2)			2,32

(continua...)

Hor.	Prof. cm	Cascalho ¹ %	Areia	Silte g.kg ⁻¹	Argila	Classificação	Estrutura	Cor	RT	S/A	Dp g.cm ⁻³
P9 – Cambissolo Háplico Perférico latossólico											
A	0 - 5	43,48	330	320	350	Franco-Argilosa	mod. peq. gran.	2.5YR (2.5/4)			2,87
Bic	5 - 50	75,86	750	100	150	Franco-Arenosa	mod. mpeq. gran.	10R (3/3)	0,43	0,67	3,6
Bi	50 - 62/65	28,57	310	220	47	Argila	fo. mpeq. gran.	2.5YR (2.5/3)		0,47	2,82
2Ah	65 - 85	20	460	380	160	Franco	fo. mpeq. gran.	10R (2.5/1)		2,38	3,1
2BA	85 - 95	25	420	190	390	Argila	fo. mpeq. gran.	2.5YR (2.5/3)		0,49	3,18
2Bw ₁	95 - 120	15	440	170	390	Franco-Argilosa	fo. mpeq. gran.	2.5YR (2.5/3)		0,44	3,13
2Bw ₂	120 - 150	35	500	180	320	Franco-Argilo-Arenosa	mod. mpeq. gran.	2.5YR (2.5/4)		0,56	3,45
2Bwc	150 - 180+	64,29	520	140	340	Franco-Argilo-Arenosa	fo. mpeq. gran.	10R (3/3)		0,41	3,61

Tabela 6. Atributos físicos e morfológicos dos solos. ¹ - quantificado por volume; RT - relação textural; S/A- relação silte/argila; Dp – densidade real (partículas); fo – forte; mod – moderada; mpeq - muito pequena; peq – pequena; gran – granular.

cor, sua estrutura e profundidade. Em dois perfis (P5 e P9) foram identificados horizontes B incipiente (Bi), levando em conta sua profundidade insuficiente para caracterizar Bw, mesmo com características morfológicas semelhantes (EMBRAPA, 2013, p. 60).

A textura dos solos varia de média a argilosa, com pouca variação no teor de argila entre horizontes, confirmando a relação textural insignificante observada em campo. Todos os perfis apresentam teor médio de argila acima de 321,3 g/kg com máximo em P1 com 593,3 g/kg. Entre os horizontes B os valores variam de 410 a 650 g/kg, com exceção de P9 que conta com 150 g/kg de argila e as quantidades mais altas de cascalho e areia entre todos perfis em Bic, provavelmente em razão de sua natureza coluvionar mais recente e possível contribuição de formação geológica constituída por quartzitos adjacente, pois este se encontram em posição de fundo de vale em área de contato geológico entre o Grupo Itabira e Grupo Caraça.

Os teores de areia são elevados em todos os perfis, todos apresentam médias maiores que 350 g/kg, exceto P1 (246,7 g/kg), e nos horizontes B o teor mínimo encontrado é de 210 g/kg. Os teores de silte são os que menos variam entre os perfis, com médias entre 100 e 212,5 g/kg, e variações ainda menores são observadas entre os horizontes B (90 a 160 g/kg). O cascalho encontrado nos perfis é constituído predominantemente por fragmentos de canga representados por nódulos e concreções, resultado do desmantelamento da carapaça ferruginosa que serve de material de origem. São encontrados em abundância nos horizontes subsuperficiais, quase sempre maiores que 50% do volume, gerando dúvidas quanto a classificação dos solos em questão, que será discutida mais adiante. Os teores de areia são explicados pela condição pedogeomorfológica dos perfis, que estão situados em sua maioria em terço superior de encosta, entre as cotas de 1400 m e 1614 m. Em condições montanhosas, os solos tendem a receber materiais grosseiros de áreas mais altas por força dos processos erosivos. Mesmo que a sequência de cristas amostrada configure relevo local suave ondulado, todos os perfis de solo, exceto P5, ocorrem em rampas de colúvio mais ou menos declivosas entre si. A fonte de material nesse caso é a própria carapaça de canga que tem detritos de tamanhos variáveis soldados em matriz ferruginosa (FOTOS 3 a 9), que ao se desagregar podem ser carregados rampa abaixo. O ferro liberado com a dissolução química desse material rapidamente se precipita na forma de óxidos de ferro.

A riqueza em ferro do material de origem condiciona a formação intensa de argilominerais em condições tropicais, principalmente no local estudado que tem clima úmido, favorecendo a hidrólise do Fe^{3+} para formação de ferrihidrita, posteriormente se transformando principalmente em hematita (CORNELL & SCHWERTMANN, 2003), que nos solos ocorre principalmente na fração argila. Os teores de silte provavelmente estão superestimados em razão da elevada concentração de óxidos de ferro, que dificultam o processo de dispersão do solo para quantificação granulométrica (CURI, 1983), e sua fração argila conta com maior densidade do que dos solos em geral, podendo ter tempo de sedimentação diferente da média calculada e utilizada pelo método padrão atual (EMBRAPA, 1997). Carvalho Filho (2008) relata essa dificuldade de dispersão de solos dessa natureza, e na tentativa de identificar possíveis erros, não obteve resultados com diferenças significativas através do método da pipeta com dispersão ultrasônica e correção do tempo de sedimentação. O mesmo autor sugere o desenvolvimento de método específico para dispersão e posterior quantificação granulométrica de solos desse tipo. Donagemma (2000), citado por Costa (2003) observou um considerável aumento da proporção de argila quando levada em conta a densidade de partículas no cálculo do tempo de sedimentação. Por consequência dessa situação, a relação silte/argila nesse caso não pode ser usada como parâmetro confiável para estimativas de grau de evolução e maturidade dos solos, assim como para distinção entre horizontes Bw e Bi.

A densidade de partículas (D_p) apresenta valores elevados, explicados pela alta concentração de óxidos de ferro em todas as frações granulométricas. Entre os atributos físicos quantificados é o que apresenta menor variância e desvio-padrão entre os solos. Em cada perfil, os menores valores são encontrados nos horizontes superficiais, que contam com constituintes orgânicos em maior proporção do que em profundidade.

No P9 a D_p , em conjunto com alguns atributos químicos apresentados a seguir, gerou dúvidas na distinção de um possível horizonte $2A_1$, antigo horizonte superficial do perfil de solo enterrado. Em campo foi identificado como pertencente ao perfil superior (formado acima do perfil enterrado e identificado como Bi (50 – 62/65 cm)) pois apresenta cor e morfologia de horizonte B. Sua D_p é menor do que de $2Ah$ (65 – 80 cm), neste, o material orgânico se encontra. Porém, a constatação de intensa atividade de térmitas em $2Ah$ (galerias e ninhos) levanta a hipótese de mistura de material orgânico realizada por esses organismos (de $2Ah$ para Bi), diminuindo a D_p e pH, e

aumentando o teor de matéria orgânica, CTC (T), soma de bases (SB) e acidez trocável (Al^{3+}) no horizonte Bi.

Tabela 7. Média dos atributos físicos dos perfis. DP: desvio-padrão; ¹: foi calculada a média entre os horizontes do perfil e posteriormente a média, mínimo e máximo entre as médias dos perfis. As amostras P7 e P8 não foram consideradas no cálculo; ²: foram considerados apenas os horizontes Bwc e Bic.

	Média ¹	Mínimo	Máximo	DP	Variância
Areia (g/kg)	403,6	246,7	466,3	8,15	66,45
Silte (g/kg)	150	100	212,5	3,62	13,09
Argila (g/kg)	450	321,3	593,3	8,27	68,35
Dp (g.cm⁻³)	3	2,57	3,6	0,33	0,11
Cascalho B (%)²	63,96	47,82	75,86	9,38	87,93

Nos bolsões de solo que ocorrem nos afloramentos de canga, é notável a contribuição da fauna do solo gerando condições para o estabelecimento da vegetação e início de formação de solos. A presença de termiteiros nesse local está fortemente associada à ocorrência de espécies arbustivas e maior estabelecimento de gramíneas. A atividade de térmitas é importante na realocação de material fino, presente abaixo da carapaça de canga, que é transportado para a superfície na construção de seus ninhos (TARDY & ROQUIN, 1998), posteriormente abandonados e desmontados, servindo de substrato para estabelecimento da vegetação (FOTOS 10 a 12). Nas duas amostras estudadas foi observada a presença de estrutura forte, muito pequena granular, densidade de partículas com valores próximos aos horizontes A dos perfis e textura variável entre argila (P7) e franco-argilosa (P8).

5.2 Caracterização química

Os perfis estudados apresentam pH em água com classes de acidez elevada a média (4,43 a 5,53), segundo classificação química da Comissão de Fertilidade do Solo de Minas Gerais (CFSEMG, 1999), que considera exigências específicas à atividades agrícolas, pecuárias ou florestais em Minas Gerais. O pH em KCl apresenta valor médio de 4,54, o que não caracteriza os solos com caráter ácido, com exceção de P6 ($Al^{3+} \leq 1,5 \text{ cmol}_c/dm^3$ e $pH \text{ KCl} \geq 5$). Nos perfis, os valores tanto em H_2O quanto em KCl aumentam em profundidade, em razão dos menores teores de matéria orgânica. Em todas as amostras analisadas o valor de ΔpH é negativo, evidenciando a predominância de cargas eletronegativas. Este caráter eletronegativo de solos com constituição

predominante de óxidos de ferro (que têm alto ponto de carga zero) pode ser explicado pelos elevados teores de matéria orgânica (M.O.).

Todos os horizontes analisados apresentam altos valores de M.O., variando de 12,9 a 239 g/kg. Alguns fatores locais colaboram para sua acumulação no ambiente estudado: a condição fria e úmida de montanha em que se encontram os solos; a estabilidade química gerada por complexos organometálicos e interações organominerais; e a influência de térmitas (cupins) que apesar de digerir a celulose, excretam compostos altamente resistentes a decomposição (SCHAETZL & ANDERSON, 2005). Esses fatores colaboram para a decomposição mais lenta dos compostos orgânicos presentes no solo, pois o primeiro limita a atividade dos microorganismos decompositores, e os demais fazem ser necessária mais energia para decompor a M.O.. Os horizontes B apresentam, relativamente, altos teores e correlação positiva ($r = 0,95$) entre M.O. e CTC (T) (Figura 4), fato que leva a crer que a matéria orgânica é a principal fonte de cargas negativas nesses horizontes.

A matriz de correlação (Anexo 1) indica correlação negativa entre M.O. e pH (H_2O $r = -0,77$; e KCl $r = -0,78$), e positiva com acidez potencial (H + Al; $r = 0,95$), manganês (Mn; $r = 0,87$), zinco (Zn; $r = 0,77$) e alumínio (Al^{3+} ; $r = 0,79$) trocáveis. Isso acontece, pois a M.O. durante a sua decomposição gera acidez através dos ácidos orgânicos (fracos) produzidos, através da liberação de compostos com nitrogênio e enxofre, que liberam prótons para a solução do solo ao sofrerem oxidação, e da liberação de H^+ de grupos alcoólicos, carboxílicos e fenólicos na solução do solo. Isso faz com que diminuam os valores de pH e conseqüentemente aumente a disponibilidade de Mn e Zn no complexo de troca. A acidez trocável (Al^{3+}) é encontrada com maiores valores nos horizontes A, que têm maior teor de matéria orgânica e menor pH dentro dos perfis. Num material de origem relativamente pobre em alumínio, a sua acumulação provocada pela vegetação eleva os teores disponíveis nos horizontes superficiais, onde apresenta maiores concentrações na solução do solo em razão do pH mais ácido que em profundidade. Entre pH 4 e 5 o Al^{3+} começa a ser neutralizado, e entre pH 5,5 e 7 precipita como $Al(OH)_3$ e sai de solução. Como o pH aumenta em profundidade nos solos estudados (chegando à 5,4), a acidez trocável tende a diminuir nessa direção, chegando à zero em alguns casos (P3, P6 e P9). Os solos apresentam maior saturação

Hor.	Prof. cm	pH			P	K	Na	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H + Al	SB	t	T	V	m	M.O.	Zn	Fe	Mn	Cu	P-rem
		H ₂ O	KCl	ΔpH ¹																		
P1 – Latossolo Vermelho Perférico típico																						
A	0 - 8	5,03	4,3	-0,73	6,2	35	12	0,7	0,2	1,64	21	1,04	2,68	22	4,7	61,2	84	1,61	114	20,2	0,32	6,1
BA	8 - 45	5,05	4,62	-0,43	1,4	7	5	0,34	0,06	0,19	9,1	0,44	0,63	9,54	4,6	30,2	46,5	0,59	72	6,6	0,29	3,2
Bwc	45 - 150+	5,4	4,88	-0,52	1,3	6	5	0,42	0,08	0,1	7	0,54	0,64	7,54	7,2	15,6	29,7	0,41	44,7	3	0,44	3
P2 – Latossolo Vermelho Perférico húmico																						
A	0 - 18	4,43	4,32	-0,11	3,6	33	4	0,56	0,16	1,06	20,8	0,82	1,88	21,6	3,8	56,4	151,8	1,08	161	18,2	0,37	4,4
AB	18 - 35	4,98	4,47	-0,51	3,7	24	4	0,38	0,12	0,48	18,1	0,58	1,06	18,7	3,1	45,3	109,8	0,92	111	18	0,35	2,4
BAc	35 - 45	5,18	4,59	-0,59	2,5	15	3	0,5	0,13	0,67	13,7	0,68	1,35	14,4	4,7	49,6	77,5	0,6	94,6	11,6	0,37	1,7
Bwc	45 - 150+	5,3	4,96	-0,34	1	0	1	0,44	0,07	0,1	6,8	0,51	0,61	7,31	7	16,4	22	0,28	71,1	1,3	0,4	4,8
P3 – Latossolo Vermelho Perférico típico																						
A	0 - 5/8	4,65	4,14	-0,51	2,9	29	8	0,82	0,19	1,35	19,2	1,11	2,46	20,3	5,5	54,9	109,8	1,73	155	20,6	0,41	7,3
AB	8 - 20	5,28	4,35	-0,93	2,5	20	4	0,52	0,13	0,67	14,6	0,72	1,39	15,3	4,7	48,2	67,8	0,93	131	13,2	0,31	4,5
Bwc	20 - 150+	5,4	4,95	-0,45	1,2	4	3	0,37	0,06	0	6,7	0,45	0,45	7,15	6,3	0	25,8	0,35	49	2,1	0,4	4,4
P4 – Latossolo Vermelho Perférico típico																						
A	0 - 10/15	4,8	4,52	-0,28	4	12	3	0,38	0,09	1,25	18,6	0,51	1,76	19,1	2,7	71	84	0,59	100	34,9	0,33	2,4
Bwc	15 - 150+	5,37	4,62	-0,75	2,1	5	2	0,42	0,08	0,58	11,9	0,52	1,1	12,4	4,2	52,7	54,9	0,97	85,5	17,8	0,34	1
P5 – Cambissolo Háptico Perférico latossólico																						
A	0 - 3	4,77	4,15	-0,62	3,2	29	7	0,35	0,1	1,45	18,1	0,55	2	18,7	2,9	72,5	71	1,24	114	25,7	0,57	7,1
Bi ₁	3 - 35	5,15	4,42	-0,73	2,4	15	4	0,44	0,1	0,67	14,2	0,6	1,27	14,8	4,1	52,8	64,6	0,69	107	26,4	0,38	4,7
Bi ₂	35 - 60	5,53	4,69	-0,84	1,3	4	3	0,49	0,09	0,39	9,9	0,6	0,99	10,5	5,7	39,4	38,8	0,42	110	8,8	0,3	2,7
P6 – Latossolo Vermelho Perférico húmico																						
O	0 - 20	5,23	4,55	-0,68	3,5	17	3	0,95	0,51	0,87	20	1,51	2,38	21,5	7	36,6	23,9	1,91	116	40,7	0,33	1,7
A	20 - 28	5,31	4,71	-0,6	2,3	6	3	0,45	0,19	0,58	11,9	0,67	1,25	12,6	5,3	46,4	8,72	0,85	99,8	20,1	0,32	1,7
Bic	28 - 90/110	5,49	5,13	-0,36	1,1	0	3	0,47	0,14	0	5,4	0,62	0,62	6,02	10,3	0	2,07	0,34	105	2,4	0,4	4,1
P7 - Afloramento de canga																						
A ₁	0 - 3	4,02	3,19	-0,83	2,1	27	3	1,63	0,34	0,96	26,1	2,05	3,01	28,2	7,3	31,9	184,1	3,93	505	24,4	0,81	22,9
A ₂	3 - 10/15	3,87	3,13	-0,74	3,1	32	4	1,16	0,2	1,25	21,6	1,46	2,71	23,1	6,3	46,1	209,9	2,46	507	14,7	0,74	29,8
P8 - Afloramento de canga																						
A	0 - 8	4,54	3,82	-0,72	1,2	38	7	0,98	0,19	0,58	18,1	1,3	1,88	19,4	6,7	30,9	245,4	2,24	2377	18,9	0,66	10,9
P9 – Cambissolo Háptico Perférico latossólico																						
A	0 - 5	4,58	3,94	-0,64	2,3	30	6	0,72	0,15	1,25	17,8	0,98	2,23	18,8	5,2	56,1	100,1	1,96	142	82,5	0,77	9,8
Bic	5 - 50	5,09	4,42	-0,67	1,5	8	2	0,42	0,06	0,29	10,3	0,51	0,8	10,8	4,7	36,3	27,1	0,74	60,5	14,9	0,39	13,2
Bi	50 - 62/65	4,53	4,18	-0,35	3,2	27	4	0,45	0,11	0,58	20,2	0,65	1,23	20,9	3,1	47,2	113	1,07	95,9	68,7	0,46	3,9
2Ah	65 - 85	5,09	4,39	-0,7	2,7	5	3	0,51	0,08	0,39	16,5	0,61	1	17,1	3,6	39	100,1	0,65	54,2	41,4	0,34	2,2

(continua)

Hor.	Prof. cm	pH		P	K	Na	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H + Al	SB	t	T	V	m	M.O.	Zn	Fe	Mn	Cu	P-rem	
		H ₂ O	KCl																			ΔpH ¹
2BA	85 - 95	5,28	4,48	-0,8	1,4	1	3	0,37	0,05	0,67	18,3	0,43	1,1	18,7	2,3	60,9	74,3	0,39	46,1	19,8	0,34	1,1
2Bw ₁	95 - 120	5,33	4,53	-0,8	0,6	2	2	0,41	0,06	0,77	17	0,49	1,26	17,5	2,8	61,1	80,7	0,26	43,3	7,6	0,3	0,7
2Bw ₂	120 - 150	5,28	4,67	-0,61	1,7	1	2	0,47	0,07	0,19	12,4	0,55	0,74	13	4,2	25,7	37,5	0,29	55	13,2	0,48	0,9
2Bwc	150 - 180+	5,28	4,94	-0,34	2	1	1	0,37	0,05	0	8,3	0,42	0,42	8,72	4,8	0	12,9	0,37	63,6	12,1	1,16	1,4

Tabela 8. Atributos químicos. Teores disponíveis de fósforo (P), potássio (K⁺), sódio (Na⁺), cálcio (Ca²⁺), magnésio (Mg²⁺), alumínio (Al³⁺), zinco (Zn), ferro (Fe), manganês (Mn), e cobre (Cu); acidez potencial (H + Al); soma de bases (SB); capacidade de troca catiônica efetiva e potencial (t) e (T); saturação por bases (V); saturação por alumínio (m); matéria orgânica (M.O.). ¹: ΔpH = pH KCl – pH H₂O.

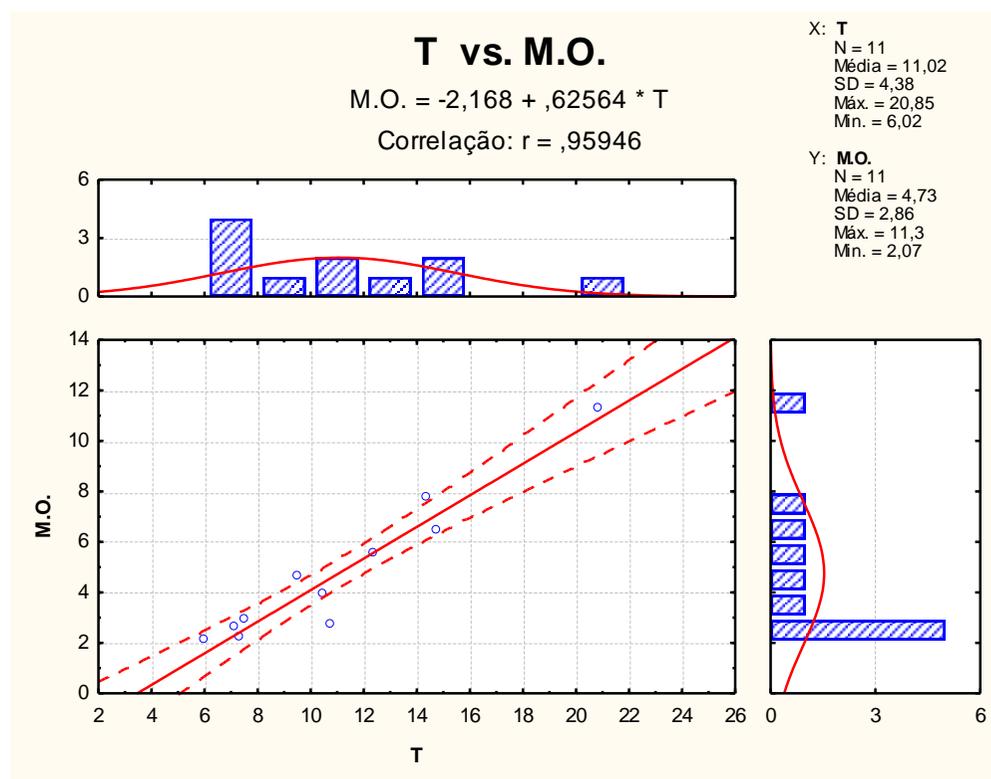


Figura 4. Gráfico de correlação e histograma de frequência acumulada entre CTC (T) e matéria orgânica (M.O.) nos horizontes B (inclui BA). N: número de amostras observadas; SD: desvio-padrão.

por alumínio (m%) do que por bases (V%), sendo que V% aumenta com a profundidade.

A soma de bases (SB) é baixa, devido a baixa concentração de cálcio (Ca^{2+}), sódio (Na), potássio (K) e magnésio (Mg^{2+}) no material de origem. Mesmo não acusando correlação significativa, é perceptível que dentro do perfil os maiores valores de SB, fósforo (P) e Zn disponíveis estão relacionados aos horizontes superficiais. Esse fato evidencia a contribuição da vegetação, e da M.O. oriunda dela, na ciclagem e manutenção de nutrientes no sistema. Segundo a classificação para o complexo de troca da CFSEMG (1999), todos os perfis apresentam nos horizontes subsuperficiais e superficiais SB muito baixa ($\leq 0,6 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$) a baixa (0,61 a $1,8 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$). O teor de P disponível se enquadra como muito baixo ($\leq 4 \text{ mg}/\text{dm}^3$ para solos com argila entre 35 – 60 %). Quanto aos micronutrientes, os teores de Fe disponível em todos os horizontes são classificados como muito altos ($> 45 \text{ mg}/\text{dm}^3$); Mn tem teores muito altos nos A, enquanto nos horizontes B varia entre muito baixo ($\leq 2 \text{ mg}/\text{dm}^3$ – P2), baixo (0,4 a $0,7 \text{ mg}/\text{dm}^3$ - P1, P3 e P6) e muito alto ($> 12 \text{ mg}/\text{dm}^3$ - P4 e P9); Cobre (Cu) tem valores baixos (0,4 a $0,7 \text{ mg}/\text{dm}^3$) em superfície e muito baixos ($\leq 0,3 \text{ mg}/\text{dm}^3$) em profundidade; e Zn apresenta teores baixo (0,5 a $0,9 \text{ mg}/\text{dm}^3$ - P4), médio (1 a $1,5 \text{ mg}/\text{dm}^3$ - P5) e alto ($1,6$ a $2,2 \text{ mg}/\text{dm}^3$ - P1, P3, P6 e P9) nos horizontes superficiais, enquanto é baixo nos B. Ainda segundo a mesma classificação, os valores de Al^{3+} são altos (1 a $2 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$) em A, com exceção de P6 (médio 0,51 a $1 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$), e os valores em profundidade são muito baixos ($\leq 0,2 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$ – P1, P2, P3, P6 e P9) e médios (P4 e P5).

Para a acidez potencial ($\text{H} + \text{Al}$) em superfície é muito alta ($> 9 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$) e nos horizontes B é alta ($5,01$ a $9 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$ – P1, P2, P3, P4e P6) e muito alta (P5 e P9). A CTC (T) é considerada muito alta ($> 15 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$) em superfície e média ($4,31$ a $8,6 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$ – P1, P2, P3 e P6) e alta ($8,61$ a $15 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$ – P4, P5 e P9) em profundidade. V% é muito baixa ($\leq 20\%$) em todo perfil e m% é alta (50 a 75% - P1, P4 e P5) e média (30 a 50% - P2, P3, P6 e P9) em A, e média (P4 e P9), baixa (15,1 a 30% - P2 e P5) e muito baixa ($\leq 15\%$ - P1, P3 e P6) em B.

O fósforo remanescente (P-rem) tem seus menores teores relacionados aos horizontes com predominância de fração mineral, que são constituídos por óxidos que têm maior capacidade de adsorção de P do que os constituintes orgânicos. Isso é facilmente percebido quando comparados os teores das amostras relacionadas aos perfis de solo e às relacionadas aos bolsões de solo nos afloramentos de canga. O valor do

horizonte Bi do Perfil 9 (P9), está relacionado à sua textura arenosa, e não a seu teor de M.O..

Tabela 9. Média dos atributos químicos dos horizontes estudados. Min.: Mínimo; Máx.: Máximo; DP: desvio-padrão; Var.: Variância; ¹: As amostras P7 e P8 não foram consideradas no cálculo.

Horizontes A¹	Média	Mín.	Máx.	DP	Var.
pH (H ₂ O)	4,85	4,43	5,31	0,31	0,10
pH (KCl)	4,33	3,94	4,71	0,25	0,06
H + Al (cmol _c /dm ³)	18,43	11,90	21,00	2,89	8,35
M.O. (g/kg)	11,59	7,10	23,90	5,56	30,86
SB (cmol _c /dm ³)	0,90	0,51	1,51	0,33	0,11
P (mg/dm ³)	3,50	2,30	6,20	1,25	1,55
Al ³⁺ (cmol _c /dm ³)	1,18	0,58	1,64	0,34	0,11
Zn (mg/dm ³)	1,37	0,59	1,96	0,51	0,26
Fe (mg/dm ³)	125,33	99,80	161,40	24,17	584,31
Mn (mg/dm ³)	32,86	18,20	82,50	21,61	467,05
Cu (mg/dm ³)	0,43	0,32	0,77	0,16	0,03
t (cmol _c /dm ³)	2,08	1,25	2,68	0,46	0,21
T (cmol _c /dm ³)	19,32	12,57	22,00	3,04	9,23
V (%)	4,64	2,70	7,00	1,44	2,08
m (%)	56,89	36,60	72,50	11,88	141,13
P-rem (mg/dm ³)	5,06	1,70	9,80	3,00	8,97
Horizontes B	Média	Mín.	Máx.	DP	Var.
pH (H ₂ O)	5,37	5,09	5,53	0,14	0,02
pH (KCl)	4,81	4,42	5,13	0,24	0,06
H + Al (cmol _c /dm ³)	8,29	5,4	11,9	2,4	5,74
M.O. (g/kg)	3,13	2,07	5,49	1,2	1,44
SB (cmol _c /dm ³)	0,54	0,45	0,62	0,06	0,003
P (mg/dm ³)	1,36	1	2,1	0,36	0,13
Al ³⁺ (cmol _c /dm ³)	0,21	0	0,58	0,22	0,05
Zn (mg/dm ³)	0,50	0,28	0,97	0,25	0,06
Fe (mg/dm ³)	75,11	44,7	110	26	675,78
Mn (mg/dm ³)	7,19	1,3	17,8	6,78	45,95
Cu (mg/dm ³)	0,38	0,3	0,44	0,05	0,002
t (cmol _c /dm ³)	0,74	0,45	1,1	0,23	0,05
T (cmol _c /dm ³)	8,82	6,02	12,42	2,39	5,71
V (%)	6,49	4,2	10,3	2,02	4,06
m (%)	22,91	0	52,7	20,35	414,03
P-rem (mg/dm ³)	4,74	1	13,2	3,94	15,55

As amostras que representam os bolsões de solo formados dos afloramentos são semelhantes em alguns aspectos aos horizontes A dos perfis. Apresentam os pH mais ácidos, e acidez potencial, T e SB parecidos, porém Al³⁺, Fe, Zn e Cu disponíveis com teores diferentes do geral. Enquanto o Al³⁺, em P8, tem valores semelhantes aos horizontes B, os micronutrientes têm teores mais elevados que os horizontes dos perfis

estudados, com destaque para o teor de Fe disponível que chega ao extremo de 2377 mg.dm⁻³. Também são as amostras com maiores quantidades de M.O., com provável ligação à atividade de térmitas (cupins), que se alimentam de M.O. e tendem a acumular este recurso em seus ninhos.

A composição química da fração terra fina dos horizontes B, obtida por ataque sulfúrico, é apresentada na Tabela 10. Como esperado, os valores de Fe₂O₃ são elevados, variando de 413,5 a 639,3 g/kg, com média de 542 g/kg, confirmando caráter perférrico (Fe₂O₃ ≥ 360 g/kg). A presença de hematita primária na fração cascalho (Fotos 13, 25 e 26) parece estar correlacionada com os maiores teores encontrados. Isso é explicado pela composição química do material de origem com teores muito elevados de ferro (Fe), relativamente baixos de alumínio (Al), e silício (Si) variável entre baixos no itabirito dolomítico e altos no itabirito quartzítico (SPIER et al., 2007).

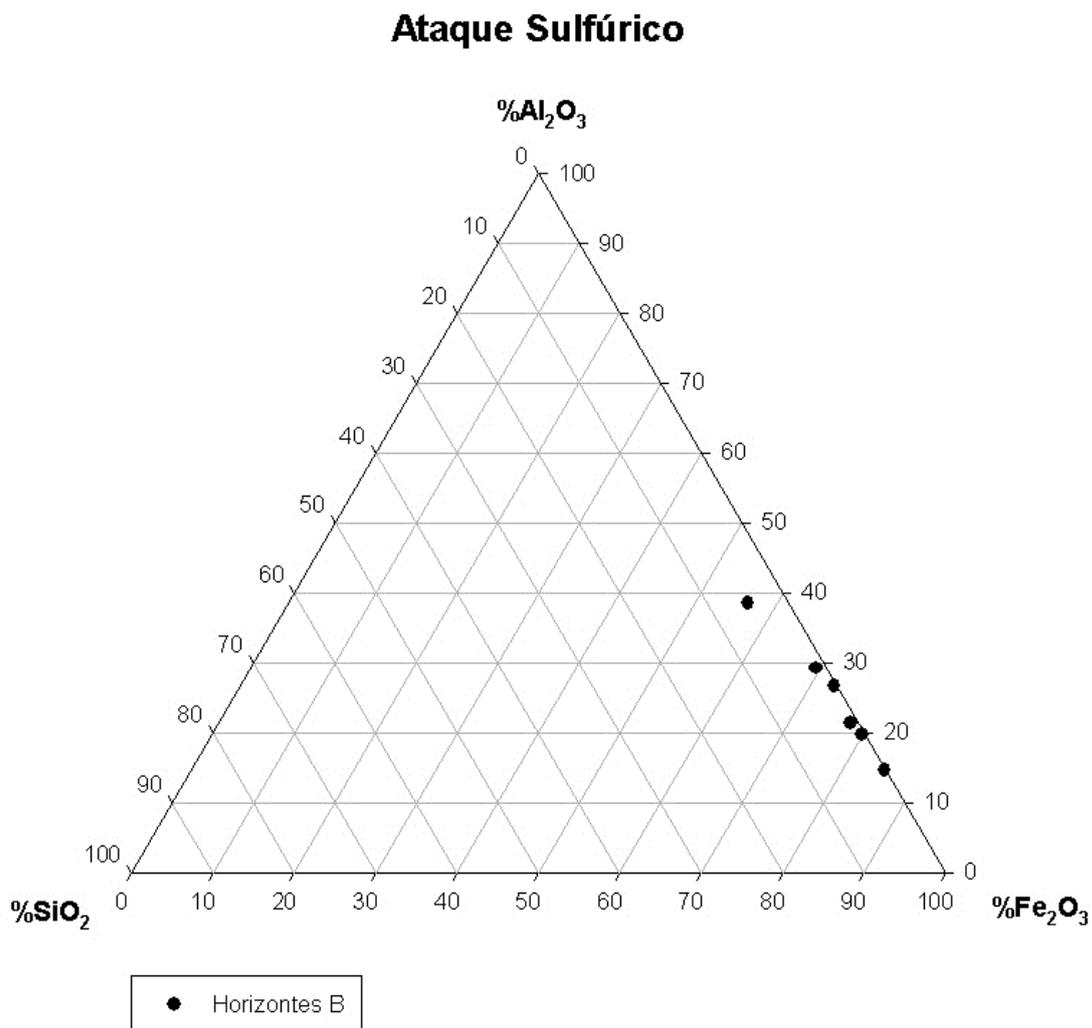
Tabela 10. Teor de óxidos obtido por ataque sulfúrico para os horizontes B estudados. A. Arg. - atividade da argila sem correção para carbono.

Solo	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	SiO ₂	P ₂ O ₅	MnO	TiO ₂	Ki	Kr	Fe ₂ O ₃ /TiO ₂	A. Arg. cmol _c /kg
	g/kg									
P1 - Bwc	413,5	282,3	36,7	0,006	0,26	17,60	0,22	0,11	23,49	11,6
P2 - Bwc	511,2	215	9,2	0,008	0,17	11,80	0,07	0,03	43,32	15,55
P3 - Bwc	500,7	183,1	2,1	0,008	0,3	13,50	0,02	0,01	37,09	14,59
P4 - Bwc	621	152,8	2,6	0,010	0,25	10,70	0,03	0,01	58,04	27,6
P5 - Bic	587,3	162	7,4	0,009	0,32	15,50	0,08	0,02	37,89	26,51
P9 - Bic	639,3	110,2	1	0,010	0,39	8,30	0,02	0,003	77,02	72,07

Mesmo contando com altos teores de Si total nos itabiritos quartzíticos (SPIER et al., 2007), este está presente como quartzo, que não é dissolvido pelo método do ataque sulfúrico que ataca apenas o Si da fração fina (silte + argila) do solo. Vale ressaltar que os solos em questão são desenvolvidos de canga, produto residual de alteração dos itabiritos, que provavelmente apresenta teores totais de Si menores que das rochas que lhe deram origem por conta do intenso processo de transformação. Isso explica em parte os teores de SiO₂ baixos do solo (entre 0,1 e 3,67 g/kg), pois a alta resistência à alteração química do quartzo libera Si lentamente e em pequena quantidade para a solução do solo. Em condição tropical (alta temperatura e precipitação pluvial > evapotranspiração) a rápida decomposição dos ácidos orgânicos faz com que predomine o ácido carbônico (H₂CO₃), mantendo o pH do solo acima de 5, faixa de pH onde é maior a solubilidade de sílica em relação aos óxidos de Fe e Al (KÄMPF & CURI, 2012). Essas condições associadas à

baixa quantidade de Al em solução, tendem a impedir a precipitação de silicatos. Mesmo assim, os baixos teores de SiO_2 têm correlação significativa ($r = 0,89$) com os teores de Al_2O_3 , indicando que nos locais com maior disponibilidade de Al é provável a presença de caulinita. A maior parte dos teores de Al_2O_3 provavelmente corresponde a presença de gibbsita na fração argila, deduzido pelos valores de pH e Al em solução, dos horizontes analisados. Para explicar a diferença dos teores de Al entre os perfis amostrados é levantada a hipótese, já discutida por Costa (2003) e Carvalho Filho (2008), de possível heterogeneidade química da litologia da qual se desenvolveram os perfis, ou contribuição de outras litologias, em razão da diversidade geológica.

Figura 5. Gráfico ternário comparativo com teores normalizados (100%) dos constituintes básicos dos solos.



O gráfico ternário (Figura 5) ilustra a constituição básica dos solos. Os índices Ki e Kr são baixos, típicos de solos oxidicos, e estão dentro da faixa de valores encontrados para solos ferruginosos do Quadrilátero Ferrífero (OLIVEIRA et al., 1983; SANTOS,

1993; KER & SCHAEFER, 1995; .COSTA, 2003; CARVALHO FILHO, 2008). Ker (1997) salienta que nesse caso, os índices não podem ser usados como indicadores do grau de desenvolvimento e evolução dos solos, pois os baixos valores são resultado da baixa concentração de Si e Al, em relação à Fe no material de origem dos respectivos solos. Os óxidos de manganês (MnO) e titânio (TiO₂) apresentam valores condizentes com os encontrados por Costa (2003) e Carvalho Filho (2008) para solos desenvolvidos de itabirito no Quadrilátero. Os teores de fósforo (P₂O₅) são consideravelmente menores do que os estudados pelos mesmos autores, apresentando valores mais próximos aos de perfil descrito por Ker & Schaefer (1995) também na região.

Tabela 11. Média dos resultados do ataque sulfúrico dos horizontes B.. Min.: Mínimo; Máx.: Máximo; DP: desvio-padrão; Var.: Variância.

	Média¹	Mín.	Máx	DP	Var.
Fe₂O₃ (g/kg)	545,5	413,5	639,3	85,85	7370,69
Al₂O₃ (g/kg)	184,2	110,2	282,3	59,21	3505,65
SiO₂ (g/kg)	9,83	1	367	13,55	183,66
P₂O₅ (g/kg)	0,01	0,006	0,01	0,001	0
MnO (g/kg)	0,28	0,17	0,39	0,07	0,01
TiO₂ (g/kg)	12,9	8,3	17,6	3,36	11,28
Ki	0,07	0,02	0,22	0,08	0,006
Kr	0,03	0,003	0,11	0,04	0,002

Ainda na Tabela 10 é apresentada a atividade da argila sem correção para carbono (A. Arg.). No cálculo da atividade de argila padrão atual (EMBRAPA, 2013), não é corrigida a participação do carbono no valor encontrado. Isso faz com que ocorram equívocos na distinção da predominância de argilas de atividade alta (Ta) ou argilas de atividade baixa (Tb). Os solos estudados apresentam constituição oxídica, com predominância de óxidos de ferro, que têm alto ponto de carga zero, em ambiente com valores de pH que tendem a gerar cargas positivas. Em P4 (Bwc) e em P9 (Bic) os valores de atividade de argila sem correção indicaram Ta, pois são maiores que 27 cmol_c/kg de argila. Porém são solos extremamente pobres em SiO₂ e têm os menores valores de Al₂O₃, sendo impossível a presença de argilas silicatadas de atividade alta. Nesse caso, é a matéria orgânica que gera cargas negativas no solo, sem a correção da participação do carbono no valor de atividade da argila, esse fato passa despercebido.

A caracterização de Fe e Al extraídos por oxalato de amônio (X_o), referente à minerais mal cristalizados e amorfos, e por pirofosfato de sódio (X_p), referente à fração

complexada à M.O., é apresentada na Tabela 12. As relações entre os teores extraídos por oxalato e pirofosfato com o teor do ataque sulfúrico ($(X_o/X_s) \times 100$ e $(X_p/X_s) \times 100$) foram calculadas a fim de se observar a porcentagem dos elementos em relação ao seu teor total no solo. Os teores de Fe_o estão dentro da faixa de valores encontrados por Costa (2003) e Carvalho Filho (2008), com exceção de P2 e P4. O Al_o apresentou tendência a acompanhar os valores de Fe_o nesses horizontes, o que indica ambiente menos oxidante do que os demais, pela maior presença de formas de Fe menos estáveis em relação ao Fe total (SCHWERTMANN & KÄMPF, 1983). Os dados indicam baixas concentrações de material amorfo de Fe e Al. Pansu & Gautheyrou (2006) afirmam que a dissolução seletiva por oxalato de amônio na ausência de luz (pH 3.5) libera Fe e Al tanto de minerais mal cristalizados quanto de complexos orgânicos, e que a dissolução com pirofosfato de sódio (pH 10) libera apenas a fração correspondente a complexos orgânicos, atacando suavemente o material amorfo. Os autores ainda advertem que não

Tabela 12. Dissolução seletiva comparada ao ferro e alumínio do ataque sulfúrico (Fe_s e Al_s). Fe_o : ferro extraído por oxalato de amônio; Fe_p : ferro extraído por pirofosfato de sódio; Al_o : alumínio extraído por oxalato de amônio; Al_p : alumínio extraído por pirofosfato de sódio. ¹ porcentagem dos elementos extraídos por dissolução seletiva em relação ao teor extraído por ataque sulfúrico.

Solo	Fe					Al				
	Fe_s	Fe_o	Fe_p	(Fe_o/Fe_s)	(Fe_p/Fe_s)	Al_s	Al_o	Al_p	(Al_o/Al_s)	(Al_p/Al_s)
				$\times 100^1$	$\times 100$				$\times 100$	$\times 100$
g/kg			%		g/kg			%		
P1 - Bwc	413,5	2,43	47,66	0,59	11,53	282,3	3,02	22,08	1,07	7,82
P2 - Bwc	511,2	14,49	85,14	2,83	16,65	215	7,47	28,66	3,47	13,33
P3 - Bwc	500,7	5,74	80,9	1,15	16,16	183,1	3,42	24,24	1,87	13,24
P4 - Bwc	621	11,93	110,1	1,92	17,73	152,8	6,7	33,95	4,38	22,22
P5 - Bi	587,3	4,45	48,84	0,76	8,32	162	3,51	15,455	2,17	9,54
P6 - Bwc	-	5,92	43,1	-	-	-	6,29	26,55	-	-
P9 - Bic	639,3	2,95	15,78	0,46	2,47	110,2	1,45	5,82	1,32	5,28

há consenso sobre a origem exata dos teores extraídos pelo pirofosfato de sódio, mas ele continua sendo empregado. Os resultados encontrados indicam maiores valores de Fe_p e Al_p do que os de Fe_o e Al_o . Uma possível explicação para tal, é a diferença de pH entre os dois extratores utilizados. Enquanto o oxalato de amônio ataca o material com pH ácido (3.5), onde apenas a fração ácido fúlvico (AF) da M.O. é solúvel, o pirofosfato de sódio age numa faixa de pH alcalina (10) onde tanto AF quanto ácido húmico (AH) são solúveis. Como foi relatada atividade de térmitas em todos os horizontes analisados,

devido à sua interferência no material orgânico presente, não se descarta a possibilidade de compostos orgânicos com metais complexados, mais estáveis e solúveis apenas com o mecanismo mais específico de solubilização de compostos orgânicos do método do pirofosfato de sódio. Para inferências mais precisas sobre esse tópico são necessárias mais informações sobre a mineralogia dos solos e sobre o material orgânico, como teores de nitrogênio (N), fracionamento da M.O., e relação C/N, entre outras análises. Se corretos, os valores de Fe_p e Al_p são condizentes com a acumulação de M.O. observada nos horizontes subsuperficiais. A complexação de metais na M.O. assim como interações de adsorção/superfície entre óxidos de ferro e compostos orgânicos conferem maior estabilidade frente a decomposição da M.O. (WADA, 1989; DICK, 2009).

Na Tabela 13 são apresentados alguns valores de comparação entre Latossolos Vermelhos Perféricos (antigos Latossolos Ferríferos) estudados no Quadrilátero Ferrífero e os solos estudados nesse trabalho, que estão sob mesmo grupo geológico (Supergrupo Minas). Com exceção do ΔpH e T, os solos apresentam características químicas semelhantes entre si.

Tabela 13. Comparação de alguns atributos entre solos estudados no Quadrilátero Ferrífero. Adaptado de Ker (1997).

Solo	pH		SB	Al^{3+} cmol _c /dm ³	T	Fe_2O_3	Al_2O_3	SiO_2	TiO_2	Ki	Fe_2O_3/TiO_2
	H ₂ O	KCl									
Média Gandarela	5,37	4,81	0,54	0,21	8,82	545,5	184,2	9,8	1,29	0,07	42,29
Oliveira et al., (1983)	6,2	6,4	0,2	0	1,4	597	177	10	2,31	0,1	25,84
Oliveira et al., (1983)	6,2	5,9	0,2	0	0,8	642	159	13	1,99	0,14	32,26
Santos (1993)	-	-	-	-	-	745	89,3	2,2	-	0,04	-
Ker & Schaefer (1995)	6,2	6,7	0,2	0	1,4	555	214	21	1,25	0,17	44,40
Costa (2003)	4,77	5,35	0,69	0,1	5,14	730,6	75	5,4	2,09	0,12	34,96
Carvalho Filho (2008)	5,8	6,2	0,3	0	1	458	240	16	1,24	0,11	36,94

5.3 Classificação dos solos

Na Tabela 14 são apresentadas a classificação dos solos segundo os critérios atuais da Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS) (2013), e a classificação sugerida por este trabalho, baseada no mesmo sistema taxonômico.

O enquadramento taxonômico dos solos em questão foi problemático quando seguido à risca os critérios atuais do SiBCS. Um dos princípios fundamentais que regem a classificação de solos brasileira é o caráter morfogenético. A evolução do sistema até a

edição atual evidencia a preocupação em desenvolver um sistema taxonômico que leve mais em conta características relacionadas a sua morfologia e gênese do que características medidas em laboratório (quantitativas), para distinção dos horizontes diagnósticos e respectivas classes em 1º nível categórico.

Tabela 14. Classificação sugerida e classificação segundo critérios atuais do SiBCS (EMBRAPA, 2013)

Perfil	Classificação sugerida	Classificação segundo EMBRAPA (2013)
P1	Latossolo Vermelho Perférico típico	Plintossolo Pétrico Concrecionário latossólico
P2	Latossolo Vermelho Perférico húmico	Plintossolo Pétrico Concrecionário êndico
P3	Latossolo Vermelho Perférico típico	Plintossolo Pétrico Concrecionário êndico
P4	Latossolo Vermelho Perférico típico	Plintossolo Pétrico Concrecionário êndico
P5	Cambissolo Háptico Perférico latossólico	Plintossolo Pétrico Litoplântico êndico
P6	Latossolo Vermelho Perférico húmico	Plintossolo Pétrico Litoplântico êndico
P9	Cambissolo Háptico Perférico latossólico	Plintossolo Pétrico Concrecionário cambissólico

A mudança no critério de conceituação de horizonte concrecionário, e seu reconhecimento como horizonte diagnóstico para distinção de Plintossolos, estabelecida na 2ª edição do SiBCS (EMBRAPA 2006), faz com que o caráter morfogenético seja negligenciado na realidade encontrada nesse estudo. O horizonte concrecionário deve ter 50% de concreções na fração cascalho e mínimo de 30 cm de espessura, e tem precedência taxonômica se satisfizer coincidentemente os requisitos para Bw, Bi, B textural, B nítico, B plântico (exceto o de caráter sódico), glei ou qualquer tipo de A.

Tardy (1993) e Tardy & Roquin (1998), citados por Kämpf & Curi (2012), afirmam que as crostas lateríticas são formações originadas em climas tropicais com estação seca, com início no Cretácio Superior (± 70 m.a.), com seu máximo alcançado na América do Sul no Oligoceno ($\pm 30,2$ m.a.), e que desde o Mioceno ($\pm 14,5$ m.a.) estas crostas vem sendo desmanteladas e destruídas em função da alternância de condições climáticas úmidas e secas. Os mesmos autores sugerem que no clima úmido prevalece vegetação de floresta, que favorece o aprofundamento do manto de intemperismo por conta do ambiente redutor de Fe e com ácidos orgânicos complexantes, enquanto num clima seco dominam vegetações escassas de cerrado que favorece o rejuvenescimento do relevo através dos processos erosivos mais intensos. Neste cenário, as crostas de canga servem de material de origem para a formação de solos nos períodos úmidos. Em estudo no sinclinal da Moeda, Spier et al., (2006) encontraram idades entre o Paleoceno e o Eoceno para os perfis de intemperismo e couraça de canga encontrada atualmente em posição de topo. A canga que constitui os afloramentos encontrados no sinclinal do

Gandarela provavelmente foi formada no mesmo período, já que esses autores sugerem que durante o período Eoceno houve condição climática favorável a intensa alteração química e ao aprofundamento do manto de intemperismo, como identificado na Amazônia brasileira, Austrália e oeste da África. Gatto et al., (1983) assinalam a importância das crostas ferruginosas situadas nos topos do relevo do Quadrilátero na preservação de antiga superfície de erosão do Cretácio, e deduzem a partir da constatação da não existência de sedimentação recente sobre os topos, que os mesmos foram submetidos a diferentes fases erosivas. Levando em consideração a idade de formação das concreções ferruginosas (canga) que constituem os topos do local estudado, e a alternância de eventos climáticos recorrentes, fica claro que os nódulos e concreções encontradas nos horizontes B dos solos desenvolvidos nesse material são resultado do processo de intemperismo químico e desmonte da canga, e seu transporte pelos processos erosivos. Mesmo que existam diferentes gerações de nódulos e concreções (FOTOS 20 a 23), a maioria da fração cascalho não condiz com um processo de segregação de ferro recente, que conduz à formação de plintita e posteriormente petroplintita, e sim à evolução pedogenética do afloramento de canga, conferindo caráter poligenético (KÄMPF & CURI, 2012) aos solos atuais. Este trabalho vai de acordo com a idéia já discutida por Carvalho Filho (2008) de que se apenas a presença de concreções na fração cascalho é suficiente para distinção de horizonte concrecionário, a pedogênese não é levada em consideração.

Assim, surge o questionamento sobre a classificação atual de como podem solos muito oxidicos (com teores extremos de Fe_2O_3), sem segregação de Fe (formação de plintita), bem a acentuadamente drenados, com características químicas semelhantes aos antigos Latossolos Ferríferos (Tabela 13), e em condição de topo de serra serem enquadrados em até 3º ou 4º nível categórico no mesmo grupo de solos que ocorrem em ambientes mal drenados, com alternância de condições oxidantes e redutoras imprimindo processo de segregação de Fe (plintização), com matriz rica em Si, que normalmente estão em baixadas, próximo a cursos d'água ou locais com lençol freático próximo a superfície (Plintossolos)? Levando em conta que um dos principais usos de um levantamento ou classificação de solos é sua função como estratificador de ambientes (RESENDE & REZENDE, 1983), esse critério do horizonte concrecionário como horizonte diagnóstico merece ser revisado.

Todos os horizontes B apresentam espessura mínima de 30 cm, mais de 50% do volume constituído por concreções ferruginosas (fragmentos de canga em diferentes graus de degradação) na fração cascalho e contam com morfologia de horizonte Bw. Foram identificados como Bw e Bi de acordo com a profundidade, estrutura e cor, e não como horizonte concrecionário, pois a canga é o material de origem dos solos em questão, e não está sendo formada pelas condições climáticas vigentes atuais. Como a classificação objetiva classificar os solos de acordo com as características e processos genéticos que ocorrem no tempo presente, optou-se por enquadrá-los nas classes dos Latossolos e Cambissolos ao invés de Plintossolos Pétricos, partindo do entendimento que são solos poligenéticos. Como P1, P3 e P4 apresentam horizonte Bw, matiz 2,5YR ou mais vermelho, saturação por bases baixa e caráter perférico, foram classificados como Latossolo Vermelho Perférico típico. P2 também apresenta as características anteriores, mas conta com horizonte A húmico, o que o enquadra em classe diferente, como Latossolo Vermelho Perférico húmico. P5 e P9 contam com horizonte Bi, caráter perférico e morfologia de Bw em Bi, sendo assim, foram classificados como Cambissolo Háptico Perférico latossólico. O único perfil que apresentou problema, mesmo não sendo considerado com horizonte concrecionário, foi P6. Este conta com horizonte B oxidico, com morfologia de Bw, matiz 10R, saturação por bases baixa e caráter perférico, que são requisitos para ser classificado até 3º nível como Latossolo Vermelho Perférico. Porém, também conta com horizonte hístico (O), acima do horizonte A, e os subgrupos disponíveis para classificação em 4º nível categórico são apenas cambissólico, húmico ou típico (EMBRAPA, 2013), então, optou-se por enquadrá-lo como Latossolo Vermelho Perférico húmico, por conta da característica diferencial, de altos teores de M.O., ser mascarada se chamado de típico. Ainda sobre esse perfil, é interessante ressaltar a condição altomontana (temperatura) como condicionante da acumulação de M.O., formando um horizonte O, em ambiente bem drenado, sem estagnação de água.

O Cambissolo Perférico Háptico latossólico (P9) encontrado em sopé de encosta, cobrindo um antigo perfil de Latossolo Vermelho Perférico húmico, confirma as hipóteses de oscilações climáticas regionais alternando entre ciclos de pedogênese e morfogênese. A ausência relativa de cascalho dos horizontes 2Bw₁ e 2Bw₂, e um horizonte húmico (2Ah) enterrado indicam processo de formação em clima úmido, enquanto o horizonte que pertence ao perfil atual, Bic, apresenta constituição muito cascalhenta e arenosa, típica de horizontes formados por arraste de material coluvionar rampa abaixo,

decorrente dos processos erosivos intensos de períodos de clima seco. Esse perfil conta na fração cascalho com presença de hematita primária em abundância em sua base (2Bwc), nódulos e concreções em pequena quantidade e tamanho nos horizontes 2Bw, e hematita primária, nódulos e concreções em abundância e maiores que 2 cm em Bi e angulosos em A (FOTOS 24 a 38), o que sugere 2 ciclos de deposição coluvial.

A utilização da relação silte/argila, assim como os índices Ki e Kr não são confiáveis para observações sobre o grau de desenvolvimento dos solos ou distinção de horizontes B (entre Bw e Bi). Devido a natureza do material de origem dos solos, que é rico em Fe e relativamente pobre em Si e Al, os baixos valores de silte/argila e dos índices mencionados são sempre baixos, independente da maturidade do solo.

As amostras coletadas nos afloramentos de canga não foram classificadas em razão de sua pequena continuidade observada em campo, mas haveria conflito, segundo critério atual de horizonte litoplântico como diagnóstico para Plintossolos, e contato lítico abaixo de A como diagnóstico para Neossolos Litólicos. Já que necessitaria de reflexão sobre conceito de contato lítico, pois a origem pedogenética da canga não se enquadra nesse, mas há de se conceituar que a mesma serve de material de origem, mesmo não sendo considerada como rocha.

6. Conclusões

Os solos estudados apresentam características fortemente relacionadas ao seu material de origem e condição pedogeomorfológica. Ambientes desse tipo geram paisagens muito específicas que muitas vezes não recebem a devida atenção por sua pequena distribuição geográfica.

São solos poligenéticos, resultado da pedogênese atuando no desmantelamento da carapaça ferruginosa, com teores elevados de Fe_2O_3 , baixíssima presença de SiO_2 pelo ataque sulfúrico, alta densidade de partículas, altos teores de argila e areia, forte atração magnética, cores muito vermelhas, saturação por bases baixa, baixos teores de acidez trocável, CTC predominantemente ocupada por H^+ e Al^{3+} , e condicionada pela M.O.. Mesmo ocorrendo em posição da paisagem diferente dos demais (topo), os perfis P3 e P5 não apresentaram diferenças químicas e físicas muito diferentes do restante dos solos. O Cambissolo Háptico Perférico latossólico (P9) confirma as hipóteses sobre alternâncias

de fases climáticas (pedogênese *versus* morfogênese), e sugerem idades recentes para os perfis de solo estudados.

Não foi possível seguir enquadrar os solos segundo o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2013), em razão de um critério quantitativo (horizonte concrecionário) ter precedência taxonômica sobre critérios que levam em consideração aspectos morfológicos e ligados à gênese dos perfis estudados (Bw e Bi). Isso faz com que solos com características morfogenéticas muito diferentes sejam enquadrados na mesma classe (Plintossolos Pétricos). A definição que mais se assemelha a realidade encontrada é a antiga classe dos Latossolos Ferríferos (ou Latossolos Vermelhos Perféricos), com exceção dos Cambissolos Háplicos Perféricos por não ter profundidade para tal. Esse trabalho reforça a sugestão de Carvalho Filho (2008) da necessidade de revisão do horizonte concrecionário como critério de distinção taxonômica em 1º nível categórico.

7. Referências Bibliográficas

ALKMIN, F. F.; MARSHAK, S. Transamazonian Orogeny in the Southern São Francisco Craton region, Minas Gerais, Brazil: evidence for Paleoproterozoic collision and collapse in the Quadrilátero Ferrífero. *Precambrian Research*, v. 90. 1998. p. 29-58.

ÁVILA, C. A. Geologia, petrologia e geocronologia de corpos plutônicos paleoproterozóicos da borda meridional do Cráton do São Francisco, região de São João Del Rei, Minas Gerais. Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Tese de Doutorado. 2000. 401 p.

BALDWIN, M.; KELLOG, C. E.; THORP, J. Soil classification. In: ESTADOS UNIDOS. Department of Agriculture. *Soils and men*. Washington, DC, 1938. p. 979-1001. (Agriculture Yearbook, n. 1938).

BARROS, L. F. de P. Eventos sedimentares do Quaternário e evolução morfodinâmica do vale do rio Conceição – Quadrilátero Ferrífero/MG. Tese (Mestrado). UFMG. 2012. 111 p.

BENNEMA, J. & CAMARGO, M. N. Segundo esboço parcial de classificação de solos brasileiros. Rio de Janeiro, Ministério da Agricultura, Divisão de Pedologia e Fertilidade do Solo. 1964. 17 p.

BRAMÃO, D. L.; SIMONSEN, R. S. Rubrozem – a proposed great soil group. In: Congr. De la Sci. Du Solo. Paris, 4: 25-29. 1956.

BRASIL. Ministério da Agricultura. Centro Nacional de Ensino e Pesquisas Agronômicas. Serviço Nacional de Pesquisas Agronômicas. Comissão de Solos. Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado do Rio de Janeiro e do Distrito Federal: contribuição à carta de solos do Brasil. Rio de Janeiro, 1958. 350 p. (Brasil. Ministério da Agricultura. SNPA. Boletim, 11).

BRASIL. Ministério da Agricultura. Centro Nacional de Ensino e Pesquisas Agronômicas. Serviço Nacional de Pesquisas Agronômicas. Comissão de Solos. Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado de São Paulo: contribuição à carta de solos do Brasil. Rio de Janeiro, 1960. 634 p. (Brasil. Ministério da Agricultura. SNPA. Boletim, 12).

BRASIL. Ministério da Agricultura. Centro Nacional de Ensino e Pesquisas Agronômicas. Serviço Nacional de Pesquisas Agronômicas. Comissão de Solos. Levantamento de reconhecimento dos solos da região sob influência do Reservatório de Furnas: contribuição à carta de solos do Brasil. Rio de Janeiro, 1962. 462 p. (Brasil. Ministério da Agricultura. SNPA. Boletim, 13).

BRASIL. Ministério da Agricultura. Equipe de Pedologia e Fertilidade do Solo. EPE. Levantamento semidetalhado dos solos de áreas do Ministério da Agricultura no Distrito

Federal. Rio de Janeiro, Convênio MA/CONTA/USAID/BRASIL, 1969. 135 p. (Boletim Técnico, 8).

BRASIL. Ministério da Agricultura. Equipe de Pedologia e Fertilidade do Solo. EPE. I – Levantamento exploratório-reconhecimento de solos do Estado da Paraíba. Recife, Convênios MA/EPE-SUDENE/DRN, MA/CONTAP/USAID/BRASIL, 1972. 683 p. (Boletim Técnico, 15).

BRASIL. Ministério da Agricultura. Divisão de Pesquisa Pedológica, DNPEA. Levantamento exploratório-reconhecimento de solos do estado do Ceará. Recife. Convênios MA/DNPEA-SUDENE/DRN, MA/CONTAP/USAID/ETA, 1973, v.1 e v.2. 502 p. (Boletim Técnico, 28).

CAMARGO, M. N. Proposição preliminar de conceituação de Latossolos Ferríferos. In: EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. Conceituação sumária de algumas classes de solos recém-reconhecidas nos levantamentos e estudos de correlação do SNLCS: versão provisória. Rio de Janeiro, 1982a. p.29-31. (EMBRAPA-SNCLS. Circular Técnica, 1).

CAMARGO, M. N.; JACOMINE, P. K. T.; OLMOS, I. L. J.; CARVALHO, A. P. Proposição preliminar de conceituação e distinção de Podzólicos Vermelho-Escuros. In: EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA: Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos, Rio de Janeiro. Conceituação sumária de algumas classes de solos recém-reconhecidas nos levantamentos e estudos de correção do SNCLS. Rio de Janeiro, 1982b. p. 7-20 (Circular Técnica, 1).

CAMARGO, M. N.; KLAMT, E.; KAUFFMAN, J. H. Sistema brasileiro de classificação de solos. Boletim Informativo da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, v. 12, n.1. 1987. p. 11-33.

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

COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS - CSFEMG. Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais. – 5ª aproximação. RIBEIRO, C. A.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVARES, V. H. (ed.). Viçosa. 1999. 359 p.

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

CURI, N. Lithosequence and toposequence of Oxisols from Goiás and Minas Gerais states, Brazil. 1983. Thesis (Ph.D.). Purdue University, West Lafayette, Indiana. 158p.

DICK, D. P.; NOVOTNY, E. H.; DIECKOW, J.; BAYER, C. Química da Matéria Orgânica do Solo In: MELO, V. F; ALLEONI, L. R. F. (ed.) Química e Mineralogia do Solo: Parte II – Aplicações. Viçosa, MG: SBCS, 2009. cap. 1, p. 1-68.

DONAGEMMA, G. K. Pré-Tratamento na análise textural visando a minimização do Pseudo-Silte em Latossolo de Minas Gerais. Tese (Mestrado), Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG. 2000. 89p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos, Rio de Janeiro. Levantamento exploratório-reconhecimento de solos da margem direita do rio São Francisco, Estado da Bahia. Recife, Convênios EMBRAPA/SNLCS-SUDENE/DRN, MA/USAID/ETA, 1977 e 1979. v.1 e v.2. 296 p. (Boletim Técnico, 52).

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos, Rio de Janeiro. Levantamento de reconhecimento dos solos da região centro-sul do Estado do Paraná. Informe preliminar. Curitiba, 1979. 181p. (Boletim Técnico, 56).

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos, Rio de Janeiro. Estudo expedito de solos no Estado do Maranhão para fins de classificação, correlação e legenda preliminar. Rio de Janeiro. 1980a. 220 p. (Boletim Técnico, 61).

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos: 1ª aproximação. Rio de Janeiro, 1980b. 73 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Manual de métodos de análises de solos. Rio de Janeiro, 1997. 212p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Brasília, DF: Embrapa Produção de Informação; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999. 412p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 3 ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2013. 353p.

ESTADOS UNIDOS. Department of Agriculture. Soil taxonomy: a basic system of classification for making and interpreting soil surveys. Washington, D.C., 2ª ed. 1999. 870 p.

FONSECA, O. O. M. da. Caracterização e classificação de solos latossólicos e podzólicos desenvolvidos nos sedimentos do terciário no litoral brasileiro. Tese (mestrado). Itaguaí, UFRRJ. 1986. 185p.

GATTO, L. C. S.; RAMOS, V. L. de S.; NUNES, B. T. de A.; MAMEDE, L.; GÓES, M. H. de B.; MAURO, C. A. de; ALVARENGA, S. M.; FRANCO, E. M. S.; QUIRICO, A. F.; NEVES, L. D. Geomorfologia. In: PROJETO RADAM BRASIL. Folhas SF.23/24 Rio de Janeiro/Vitória: geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra. Rio de Janeiro. 1983. 780 p. (Levantamento de Recursos Naturais, nº 32)

IBRAM – Instituto Brasileiro de Mineração. Contribuição do IBRAM para o zoneamento ecológico- econômico e o planejamento ambiental de municípios integrantes da APA-SUL RMBH. 2003. 322p.

KÄMPF, N. O ferro no solo. In: REUNIÃO SOBRE FERRO EM SOLOS INUNDADOS, 1., Goiânia, 1988. Anais. Goiânia, Embrapa/CNPAF, 1988. (Documentos, 22).

KÄMPF, N.; CURI, N. Formação e evolução do solo (pedogênese). In: KER, J. C.; SCHAEFER, C. E. G. R.; VIDAL-TORRADO, P. (ed). Pedologia: fundamentos. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa. 1ª ed. 2012. p. 207-302.

KELLOG, C. E. Preliminary suggestions for the classification and nomenclature of great soil groups in the tropical and equatorial regions. In: COMMONWEALTH CONFERENCE IN TROPICAL AND SUBTROPICAL SOILS, 1., 1948. Proceedings... [S.I.: s.n.], 1949. p. 76-85.

KELLOG, C. E.; DAVOL, F. D. An exploratory study of soil groups in the Belgian Congo. Brussels: L'Institut National pour L'Étude Agronomique du Congo Belge, 1949. 73 p. (INEAC. Série Scientifique, 46).

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

KER, J. C.; SCHAEFER, C. E. G. R.; CURI, N.; VIDAL-TORRADO, P. (ed). Pedologia: fundamentos. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa. 1ª ed.. 2012. 343 p.

KLEIN, C.; HURLBUT JR., C. S. Manual of Mineralogy. 21st ed./after James D. Dana. 1993. 682 p.

KÖPPEN, W.; GEIGER, R. Klimate der Erde. Gotha: Verlag Justus Perthes. 1928. Wall-map 150cmx200cm.

MAIZATTO, J. R. Análise bioestratigráfica, paleoecológica e sedimentológica das bacias terciárias do Gandarela e Fonseca – Quadrilátero Ferrífero – Minas Gerais, com base nos aspectos palinológicos e sedimentares. Tese (UFOP), 2001. 249p.

- MEHRA, O. P. & JACKSON, M. L. Iron oxides removal from soils and clays by a dithionite-citrate-bicarbonate system buffered with sodium bicarbonate. *Clays Clay Miner.*, 7:317-327, 1960.
- OAKES, H.; THORP, J. Dark-clay soils of warm regions variously called Rendzina, Black Cotton soils and Tirs. *Soil Science Society of America Proceedings*, Madison, v. 15. 1951. p. 346-354.
- OLIVEIRA, V. de; COSTA, A. M. R. da; AZEVEDO, W. P. de; CAMARGO, M. N.; LARACH, J. O. I. Pedologia. In: PROJETO RADAM BRASIL. Folhas SF.23/24 Rio de Janeiro/Vitória: geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra. Rio de Janeiro. 1983. 780 p. (Levantamento de Recursos Naturais, nº 32)
- OLIVEIRA, J. B.; JACOMINE, P. K. T.; CAMARGO, M. N. Classes gerais de solos do Brasil: guia auxiliar para seu reconhecimento. 2 ed. Jaboticabal: FUNEP. 1992. 201p.
- PANSU, M.; GAUTHEYROU, J. Handbook of soil analysis: mineralogical, organic and inorganic methods. Springer-Verlag, Netherlands. 2006. 993p.
- PEREIRA, A. R. P. Formação e transformação químico-mineralógica da hematita em um geodomínio do quadrilátero ferrífero, Minas Gerais. Tese (Doutorado). Universidade Federal de Minas Gerais. 2010. 84p.
- RENGER, F. E.; NOCE, C. M.; ROMANO, A. W. Evolução sedimentar do Supergrupo Minas: 500 Ma de registro geológico, Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brasil. *Geonomos*, v. 2. 1988. p. 1-11.
- RESENDE, M. & REZENDE, S. B. Levantamento de solo: Uma estratificação de ambientes. *Informe Agropecuário*. v.9. 1983. p. 3-25.
- RESENDE, M.; ALLAN, J.; COEY, J. M.D. The magnetic soils of Brazil. *Earth and Planetary Science Letters*, Elsevier Science Publishers. Amsterdam, v. 78. 1986. P. 322-326.
- SANTOS, R.D.; LEMOS, R.C.; SANTOS, H.G.; KER, J.; ANJOS, L.H.C. Manual de descrição e coleta de solo no campo. 5 ed. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2005. 92p.
- SCHWERTMANN, U. Differenzierung der eisenoxide des bodens durch photochemische extraction mit saurer ammoniumoxalate-Lösung. *Z. Pflanzenernähr*, 105:194-202, 1964.
- SCHWERTMANN, U.; KÄMPF, N. Óxidos de ferro jovens em ambientes pedogenéticos do Brasil. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.8, n 2. 1982. p.39-43.
- SILVA, S. L. da; MONTEIRO, E. A.; BALTAZAR, O. F.; ZUCCHETTI, M. Geologia. In: PROJETO APA Sul RMBH: estudos do meio físico. Belo Horizonte: SEMAD/CPRM, 2005. 64p.

SIMONSON, R. W. Genesis and classification of red-yellow podzolic soils. Soil Science Society of America Proceedings, Madison, v. 14. 1949. p. 316-319.

SIMONSON, R. W.; RIECKEN, F. F.; SMITH, G. D. Understanding Iowa soils: an introduction to formation, distribution and classification of Iowa soils. Dubuque: C. Brown, 1952. 142 p.

SOMBROEK, W. G. Amazon Soils. Wageningen, Centre of Agricultural Publications and Documentation (PUDOC), 1966. 292p. (Agricultural Research Reports, 672).

SPIER, C. A., VASCONCELOS, P. M.; OLIVIERA, S. M. B. $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ geochronological constraints on the evolution of lateritic iron deposits in the Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brazil. Chemical Geology. v.234. 2006. p. 79-104.

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. Precambrian Research. v. 152. 2007. p. 170-206.

TAVERNIER, R.; SMITH, G. D. The concept of Braunerd (Brown Forest Soil) in Europe and the United States. Advances in Agronomy. New York: Academic Press, 1957. p. 217-289.

TARDY, Y.; NAHON, D. Geochemistry of laterites, stability of Al-goethite, Al-hematite, and Fe^{3+} -kaolinite in bauxites and ferricretes: an approach to the mechanism of concretion formation. American Journal of Science. v.285. 1985. p. 865-903.

TARDY, Y. Pétrologie des latérites et des sols tropicaux. Paris, Masson. 1993. 461 p.

TARDY, Y.; ROQUIN, C. Dérive des continents: Paléoclimats et altérations tropicales. Orléans, Éditions BRGM, 1998. 473p.

TEIXEIRA, L. R. A evolução geotectônica da porção meridional do Cráton do São Francisco, com base em interpretações geocronológicas. Instituto de Geociências. Universidade de São Paulo. Tese de Doutorado. São Paulo. 1985. 207 p.

THORP, J.; SMITH, G.D. Higher categories for soil classification. Soil Science, Baltimore, v. 67. 1949. p. 117-126.

WADA, K. Allophane and Imogolite. In: DIXON, J.B. & WEED, S.B., (ed.) Minerals in soil environments. 2.ed. Madison, Soil Science Society of America, 1989. cap. 21. 1051-1081

ANEXOS

Anexo 1 – Matriz de Correlação

	Areia	Silte	Argila	pH H ₂ O	pH KCl	P-rem	Zn	Fe	Mn	Cu	Al ³⁺	H + Al	SB	t	T	V%	m%	M.O.	Casc.	Dp
Areia	1	-0,6	-0,97	0,03	-0,31	0,69	0,19	0,11	0,01	-0,11	0,28	0,11	0,05	0,25	0,11	-0,24	0,34	-0,14	0,45	0,47
Silte	-0,6	1	0,39	-0,55	-0,22	-0,15	0,26	0,02	0,58	0,36	-0,11	0,34	0,09	-0,07	0,34	-0,09	-0,18	0,45	-0,52	-0,38
Argila	-0,97	0,39	1	0,13	0,42	-0,75	-0,3	-0,13	-0,18	0,02	-0,29	-0,23	-0,08	-0,26	-0,23	0,3	-0,34	0,02	-0,37	-0,42
pH H₂O	0,03	-0,55	0,13	1	0,8	-0,2	-0,71	-0,08	-0,85	-0,34	-0,45	-0,8	-0,21	-0,43	-0,8	0,67	-0,46	-0,78	0,65	0,4
pH KCl	-0,31	-0,22	0,42	0,8	1	-0,21	-0,85	-0,26	-0,81	-0,02	-0,79	-0,91	-0,29	-0,73	-0,9	0,91	-0,84	-0,79	0,53	-0,08
P-rem	0,69	-0,15	-0,75	-0,2	-0,21	1	0,03	-0,31	0,02	0,22	-0,21	-0,08	-0,24	-0,23	-0,08	-0,03	-0,1	-0,3	0,22	0,1
Zn	0,19	0,26	-0,3	-0,71	-0,85	0,03	1	0,24	0,82	0,08	0,73	0,85	0,24	0,67	0,84	-0,78	0,77	0,77	-0,41	-0,14
Fe	0,11	0,02	-0,13	-0,08	-0,26	-0,31	0,24	1	0,36	-0,28	0,57	0,45	0,72	0,66	0,45	-0,1	0,48	0,45	-0,19	0,13
Mn	0,01	0,58	-0,18	-0,85	-0,81	0,02	0,82	0,36	1	0,39	0,62	0,92	0,46	0,63	0,92	-0,64	0,57	0,87	-0,51	-0,24
Cu	-0,11	0,36	0,02	-0,34	-0,02	0,22	0,08	-0,28	0,39	1	-0,13	0,17	0,28	-0,04	0,18	0,16	-0,26	0,18	0,13	-0,61
Al³⁺	0,28	-0,11	-0,29	-0,45	-0,79	-0,21	0,73	0,57	0,62	-0,13	1	0,86	0,57	0,98	0,86	-0,77	0,96	0,8	-0,33	0,12
H + Al	0,11	0,34	-0,23	-0,8	-0,91	-0,08	0,85	0,45	0,92	0,17	0,86	1	0,54	0,85	1	-0,81	0,81	0,96	-0,51	-0,1
SB	0,05	0,09	-0,08	-0,21	-0,29	-0,24	0,24	0,72	0,46	0,28	0,57	0,54	1	0,73	0,56	-0,04	0,41	0,58	0,03	-0,12
t	0,25	-0,07	-0,26	-0,43	-0,73	-0,23	0,67	0,66	0,63	-0,04	0,98	0,85	0,73	1	0,86	-0,65	0,9	0,81	-0,27	0,07
T	0,11	0,34	-0,23	-0,8	-0,9	-0,08	0,84	0,45	0,92	0,18	0,86	1	0,56	0,86	1	-0,8	0,81	0,96	-0,51	-0,1
V%	-0,24	-0,09	0,3	0,67	0,91	-0,03	-0,78	-0,1	-0,64	0,16	-0,77	-0,81	-0,04	-0,65	-0,8	1	-0,84	-0,72	0,53	-0,19
m%	0,34	-0,18	-0,34	-0,46	-0,84	-0,1	0,77	0,48	0,57	-0,26	0,96	0,81	0,41	0,9	0,81	-0,84	1	0,72	-0,38	0,23
M.O.	-0,14	0,45	0,02	-0,78	-0,79	-0,3	0,77	0,45	0,87	0,18	0,8	0,96	0,58	0,81	0,96	-0,72	0,72	1	-0,57	-0,23
Casc.	0,45	-0,52	-0,37	0,65	0,53	0,22	-0,41	-0,19	-0,51	0,13	-0,33	-0,51	0,03	-0,27	-0,51	0,53	-0,38	-0,57	1	0,3
Dp	0,47	-0,38	-0,42	0,4	-0,08	0,1	-0,14	0,13	-0,24	-0,61	0,12	-0,1	-0,12	0,07	-0,1	-0,19	0,23	-0,23	0,3	1

Anexo 1. Matriz de correlação apenas para os horizontes B diagnósticos entre atributos físicos e químicos mensurados. Foi marcada correlação significante para $p < 0,01$.

Anexo 2 - Fotos



FOTO 1. Estrutura muito pequena granular.



FOTO 2. Presença de carvão na fração cascalho.



FOTO 3. Bloco de canga encontrada em afloramento.



FOTO 4. Detalhe mostrando seixos cimentados.



FOTO 5. Bloco de canga em diferente estágio de degradação.



FOTO 6. Detalhe evidenciando a porosidade da canga.



FOTO 7. Canga em afloramento entre P3 e P4.



FOTO 8. Bloco de canga em processo de desmonte.



FOTO 9. Bloco de canga formado por cimentação de seixos menores.



FOTO 10. Termiteiro em afloramento de canga.



FOTO 11. Termiteiro abandonado criando condições para início de estabelecimento da vegetação.



FOTO 12. Termiteiros em campo rupestre arbustivo.



FOTO 13. Fração cascalho de P4 – Bwc. Concreções e hematita primária.



FOTO 14. Face quebrada exposta de cascalho de P4 - Bwc.



FOTOS 15, 16 e 17. Cascalho constituído de concreções em P2 – Bwc, e blocos de hematita encontrados em P2 – AB.



FOTO 18. Fração cascalho de P3 – Bwc constituída de conreções



FOTO 19. Cascalho de P6 – Bwc.



FOTO 20. Amostra retirada de camada contínua de canga abaixo de P6.



FOTO 21. Corte realizado na amostra P6 – F, evidenciando canal tubular preenchido por matriz ferruginosa.



FOTO 22. Detalhe de segmento evidenciando diferentes gerações de canga no bloco.



FOTO 23. Corte lateral confirmando aspecto tubular de possível bioturbação.

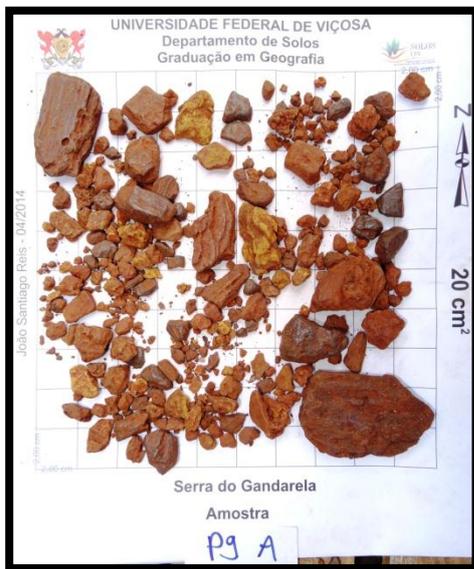


FOTO 24. Seixos angulosos de canga e hematita primária em diferentes graus de degradação em P9 - A.

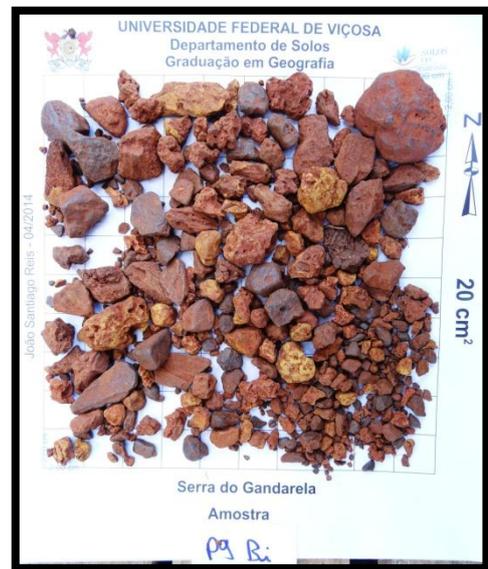


FOTO 25. Cascalho em diferentes estágios de degradação de P9 – Bic.



FOTO 26. Detalhe de diferentes estágios de degradação do cascalho de P9 – Bic.



FOTO 27. Cascalho de P9 – Bi.



FOTO 28. Carvão vegetal encontrado em grande quantidade no horizonte enterrado P9 - 2Ah.



FOTO 29. Detalhe de fragmentos de carvão de P9 – 2Ah.

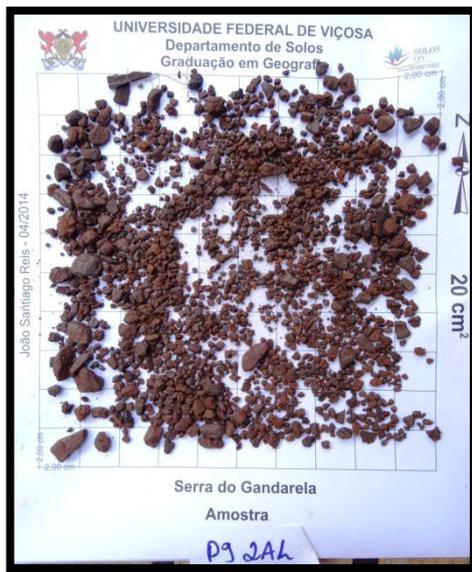


FOTO 30. Fração mineral do cascalho do horizonte P9 – 2Ah.



FOTO 31. Cascalho de horizonte latossólico enterrado P9 – 2Bw₁.

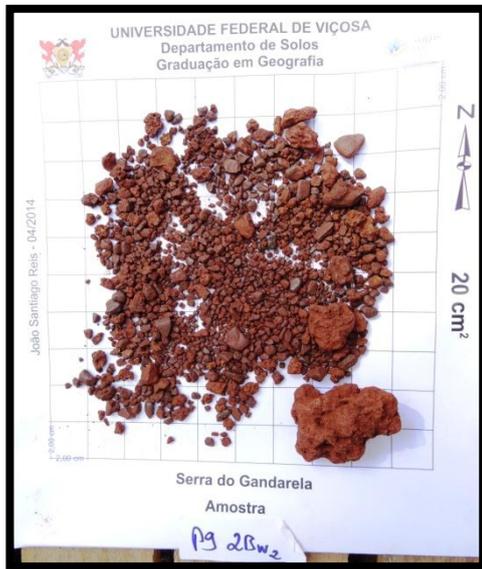


FOTO 32. Cascalho de outro horizonte latossólico enterrado (P9 – 2Bw₂).



FOTO 33. Detalhe dos diferentes estágios de degradação da fração cascalho.



FOTO 34. Diversos tipos de seixos angulosos (concreções, nódulos e hematita primária) em P9 – 2Bwc.

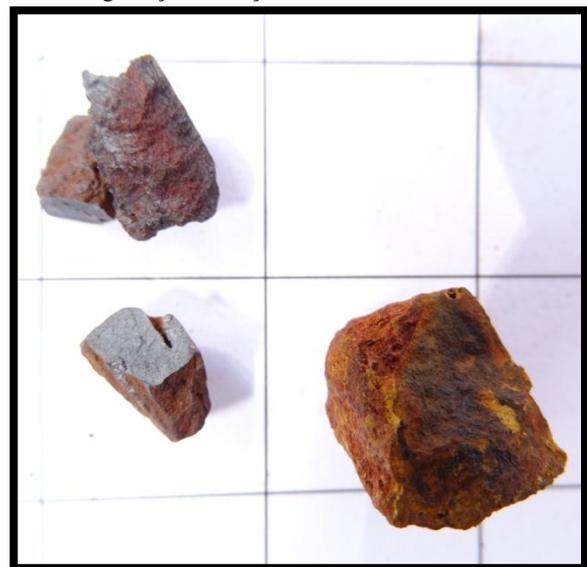


FOTO 35. Diferentes estágios de degradação da fração cascalho de P9 - 2Bwc.



FOTO 36. Grão de quartzo e carvão encontrados na fração cascalho de P9 – 2Bwc.



FOTO 37. Bloco de hematita primária em grau de degradação avançado encontrado em P9 – 2Bwc.



FOTO 38. Detalhe do bloco encontrado em P9 – 2Bwc: hematita primária sendo transformada em óxidos e hidróxidos de ferro secundários.

Anexo 3 – Fichas de descrição morfológica

PERFIL 1 - DESCRIÇÃO GERAL

PERFIL – P1

DATA – 22/05/2013

CLASSIFICAÇÃO – Latossolo Vermelho Perférico típico

LOCALIZAÇÃO – Topo da Sinclinal do Gandarela – 0638326 7784566

SITUAÇÃO, DECLIVIDADE E COBERTURA VEGETAL – perfil em terço superior de encosta, 5 a 10% de inclinação, barranco sob capão florestal.

ALTITUDE – 1523 m

LITOLOGIA – Itabirito e Itabirito dolomítico

FORMAÇÃO GEOLÓGICA – Formação Cauê – Grupo Itabira

CRONOLOGIA – Paleoproterozoico

MATERIAL DE ORIGEM – Canga degradada

PEDREGOSIDADE – ligeiramente pedregosa (canga)

ROCHOSIDADE – Não rochosa

RELEVO LOCAL – suave ondulado

RELEVO REGIONAL – suave ondulado

EROSÃO – não aparente

DRENAGEM – acentuadamente drenado

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA - Mata subtropical altomontana nebulosa

USO ATUAL – Capão florestal

CLIMA – Cwb

DESCRITO POR – Carlos, Eduardo, Israel

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

A 0 – 8 cm, bruno avermelhado-escuro (2.5YR 2.5/3); argilosa cascalhenta; forte pequena e média granular; transição plana e clara

BA 8 - 45 cm, vermelho acinzentado (10R 3/3); muito argilosa pouco cascalhenta; forte muito pequena e pequena granular; transição ondulada e clara

Bwc 45 – 150 cm+, vermelho escuro (10R 3/6); muito argilosa muito cascalhenta; moderada e forte pequena granular.

RAÍZES – abundantes em A; comuns em BA e Bc.

OBSERVAÇÕES – 1. Canais de térmitas

2. Presença de fragmentos de carvão

3. A profundidade foi medida com instrumento específico para tal em ocasião diferente da foto do perfil.



Fotos 34 e 35. Perfil de LVj e respectiva fitofisionomia associada.

PERFIL 2 - DESCRIÇÃO GERAL

PERFIL – P2

DATA – 23/05/2013

CLASSIFICAÇÃO – Latossolo Vermelho Perférico húmico

LOCALIZAÇÃO – Topo da Sinclinal do Gandarela

SITUAÇÃO, DECLIVIDADE E COBERTURA VEGETAL – perfil em rampa de colúvio de, 10 a 15% de inclinação, barranco sob capão florestal.

ALTITUDE – 1548 m

LITOLOGIA – Itabirito e Itabirito dolomítico

FORMAÇÃO GEOLÓGICA – Formação Cauê

CRONOLOGIA – Paleoproterozoico

MATERIAL DE ORIGEM – colúvio de canga

PEDREGOSIDADE – muito pedregoso (canga)

ROCHOSIDADE – Não rochosa

RELEVO LOCAL – suave ondulado

RELEVO REGIONAL – forte ondulado

EROSÃO – não aparente

DRENAGEM – bem drenado

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA – Floresta perenifólia altimontana nebulosa

USO ATUAL – Capão florestal

CLIMA – Cwb

DESCRITO POR – Eduardo, Israel, João

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

Ah 0 – 18 cm, bruno avermelhado-escuro (2.5 YR 2.5/3); argila; forte pequena e média granular; friável não plástica e não pegajosa; transição ondulada e clara

AB 18 - 35 cm, vermelho acinzentado (10R 3/3); argila cascalhenta; forte pequena granular; friável não plástica e ligeiramente pegajosa; transição plana e clara

BA 35 – 45 cm, vermelho acinzentado (10R 3/4); argila muito cascalhenta; moderada e forte pequena granular; friável ligeiramente plástica e pegajosa; transição plana e clara.

Bwc 45 – 150 cm+, vermelho escuro (10R 3/6); argila muito cascalhenta; forte pequena granular; friável não plástica e pegajosa.

RAÍZES – abundantes grossas, médias, finas em A; comuns finas, médias no AB e BA; raras e finas no Bc.

OBSERVAÇÕES – 1. Hidrofobicidade constatada no A
2. A profundidade foi medida com instrumento específico para tal em ocasião diferente da foto do perfil.



Fotos 36 e 37. Latossolo Vermelho Perférico sob mata altomontana nebular.

PERFIL 3 - DESCRIÇÃO GERAL

PERFIL – P3

DATA – 23/05/2013

CLASSIFICAÇÃO – Latossolo Vermelho Perférico típico

LOCALIZAÇÃO – Topo da Sinclinal do Gandarela

SITUAÇÃO, DECLIVIDADE E COBERTURA VEGETAL – perfil em rampa de colúvio de, 5 a 10% de inclinação, corte de estrada sob Arbustal.

ALTITUDE – 1614 m

LITOLOGIA – Itabirito e Itabirito dolomítico

FORMAÇÃO GEOLÓGICA – Formação Cauê

CRONOLOGIA – Paleoproterozoico

MATERIAL DE ORIGEM – colúvio de canga

PEDREGOSIDADE – muito pedregoso (canga)

ROCHOSIDADE – não rochoso

RELEVO LOCAL – suave ondulado

RELEVO REGIONAL – forte ondulado

EROSÃO – não aparente

DRENAGEM – bem drenado

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA – Arbustal perenifólio

USO ATUAL – Escrube

CLIMA – Cwb

DESCRITO POR – Eduardo, Israel, João

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

A 0 – 5/8 cm, vermelho muito acinzentado (2.5 YR 2.5/2); argila pouco cascalhenta; forte pequena e média granular; friável não plástica e não pegajosa; transição ondulada e clara

AB 8 – 20 cm, vermelho acinzentado (10R 3/2); argila cascalhenta; forte e moderada pequena granular; friável não plástica e não pegajosa; transição plana e clara

Bwc 20 – 60 cm+, vermelho escuro (2.5 YR 3/6); argila muito cascalhenta; moderada e forte pequena granular; friável não plástica e ligeiramente pegajosa.

RAÍZES – abundantes grossas, médias, finas em A; comuns finas, médias no AB e Bc.

OBSERVAÇÕES – 1. Atividade (galerias e ninho) de térmitas em A e AB;

2. Agregados fortes de A ficando retidos em malha de 2mm;

3. Profundidade medida em ocasião diferente da foto do perfil.



Fotos 38 e 39. Perfil de LVj (P3) e sua respectiva fitofisionomia (Escrube).

PERFIL 4 - DESCRIÇÃO GERAL

PERFIL – P4

DATA – 23/05/2013

CLASSIFICAÇÃO – Latossolo Vermelho Perférico típico

LOCALIZAÇÃO – Topo da Sinclinal do Gandarela

SITUAÇÃO, DECLIVIDADE E COBERTURA VEGETAL – perfil em rampa de colúvio de, 10 a 15% de inclinação, sob capão florestal.

ALTITUDE – 1554 m

LITOLOGIA – Itabirito e Itabirito dolomítico

FORMAÇÃO GEOLÓGICA – Formação Cauê

CRONOLOGIA – Paleoproterozoico

MATERIAL DE ORIGEM – colúvio de canga

PEDREGOSIDADE – pedregoso (canga)

ROCHOSIDADE – não rochoso

RELEVO LOCAL – suave ondulado

RELEVO REGIONAL – forte ondulado

EROSÃO – não aparente

DRENAGEM – bem drenado

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA – Floresta perenifólia

USO ATUAL – Capão florestal

CLIMA – Cwb

DESCRITO POR – Eduardo, Israel, João

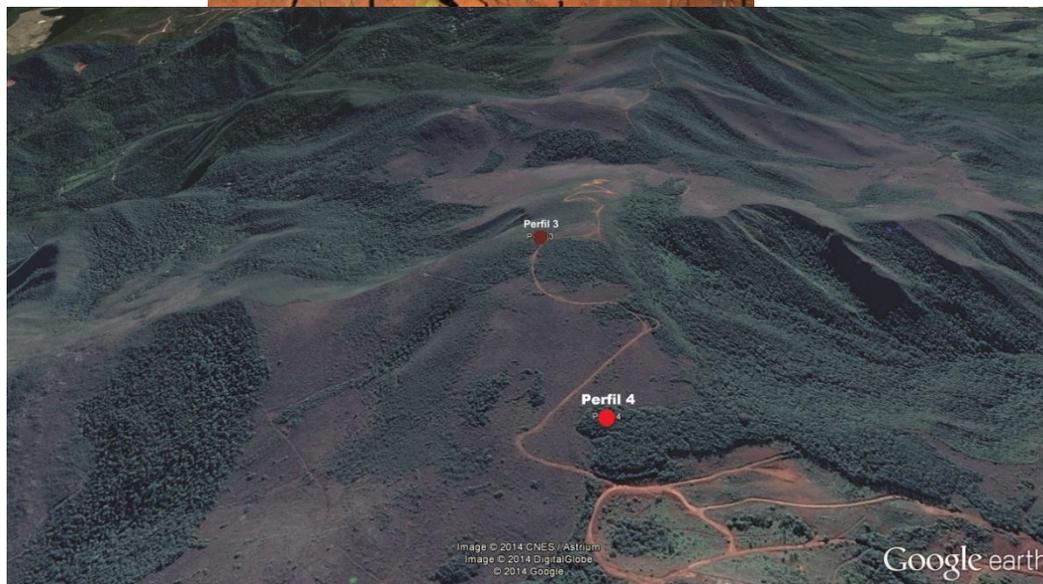
DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

A 0 – 10/15 cm, bruno avermelhado-escuro (2.5YR 2.5/3); argilo-arenosa pouco cascalhenta; moderada pequena granular; firme não plástica e ligeiramente pegajosa; transição ondulada e clara

Bwc 10/15 – 150 cm+, vermelho (10R 4/6); argila muito cascalhenta; forte pequena granular; friável não plástica e ligeiramente pegajosa;

RAÍZES – abundantes grossas, médias, finas em A; comuns finas, médias no Bc.

OBSERVAÇÕES – 1. Profundidade medida em ocasião diferente da foto do perfil.



Fotos 40 e 41. Perfil de LVj e paisagem de ocorrência dos perfis 3 e 4.

PERFIL 5 - DESCRIÇÃO GERAL

PERFIL – P5

DATA – 24/05/2013

CLASSIFICAÇÃO – Cambissolo Háplico Perférico latossólico

LOCALIZAÇÃO – Topo da Sinclinal do Gandarela

SITUAÇÃO, DECLIVIDADE E COBERTURA VEGETAL – perfil em topo de morro plano, sob arbustal.

ALTITUDE – 1586 m

LITOLOGIA – Itabirito e Itabirito dolomítico

FORMAÇÃO GEOLÓGICA – Formação Cauê

CRONOLOGIA – Paleoproterozoico

MATERIAL DE ORIGEM – canga degradada

PEDREGOSIDADE – pedregoso (canga)

ROCHOSIDADE – não rochoso

RELEVO LOCAL – plano

RELEVO REGIONAL – forte ondulado

EROSÃO – não aparente

DRENAGEM – bem drenado

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA – Arbustal perenifólio

USO ATUAL – Capão florestal baixo

CLIMA – Cwb

DESCRITO POR – Eduardo, Israel, João

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

A 0 – 3 cm, bruno avermelhado escuro (2.5 YR 2.5/3); argila; moderada pequena granular; friável não plástica e não pegajosa; transição plana e gradual

Bi₁ 3 – 35 cm, bruno avermelhado escuro (2.5 YR 2.5/4); argilo-arenosa cascalhenta; forte pequena granular; friável, não plástica e não pegajosa; transição plana e clara

Bi₂ 35 – 60 cm, vermelho escuro (2.5 YR 3/6); argilo-arenosa muito cascalhenta; forte pequena granular; friável, não plástica e ligeiramente pegajosa; transição plana e clara

RAÍZES – Abundantes grossas, médias, finas em A e B; comuns a raras grossas, médias, finas no Bc.

OBSERVAÇÕES – A mais hidrofóbico que B



Fotos 42 e 43. Cambissolo Háplico Perférico e fitofisionomia relacionada.

PERFIL 6 - DESCRIÇÃO GERAL

PERFIL – P6

DATA – 24/05/2013

CLASSIFICAÇÃO – Latossolo Vermelho Perférico húmico

LOCALIZAÇÃO – Topo da Sinclinal do Gandarela

SITUAÇÃO, DECLIVIDADE E COBERTURA VEGETAL – perfil em encosta sob floresta, 15 a 20% de inclinação.

ALTITUDE – 1586 m

LITOLOGIA – Itabirito e Itabirito dolomítico

FORMAÇÃO GEOLÓGICA – Formação Cauê

CRONOLOGIA – Paleoproterozoico

MATERIAL DE ORIGEM – canga degradada

PEDREGOSIDADE –pedregoso

ROCHOSIDADE – não rochoso

RELEVO LOCAL – suave ondulado

RELEVO REGIONAL – suave ondulado

EROSÃO – não aparente

DRENAGEM – bem drenado

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA – Floresta perenifólia

USO ATUAL – Mata

CLIMA – Cwb

DESCRITO POR – Eduardo, Israel, João

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

O 0 – 20 cm, vermelho muito acinzentado (2.5 YR 2.5/2); argila; fraca pequena blocos subangulares e moderada pequena granular; friável não plástica e não pegajosa; transição plana e clara

A 20 – 28 cm, vermelho escuro (2.5 YR 3/6); argila muito cascalhenta; forte pequena granular; firme não plástica e não pegajosa; transição plana e clara

Bwc 28 – 90/110 cm, vermelho (10R 4/6); argila muito cascalhenta; moderada e forte pequena granular; friável não plástica e ligeiramente pegajosa; transição ondulada e clara

RAÍZES – Abundantes grossas, médias, finas em A e ABc; comuns grossas, médias, finas no Bc.

OBSERVAÇÕES – 1. Hidrofobicidade em O

2. Atividade de térmitas



Fotos 44 e 45. LVj desenvolvido sob rampa coluvionar sob floresta.

PERFIL 7 - DESCRIÇÃO GERAL

PERFIL – P7

DATA – 24/05/2013

CLASSIFICAÇÃO – Afloramento de canga

LOCALIZAÇÃO – Topo da Sinclinal do Gandarela

SITUAÇÃO, DECLIVIDADE E COBERTURA VEGETAL – perfil em topo de morro, afloramento rochoso sob campo rupestre.

ALTITUDE – 1545 m

LITOLOGIA – Itabirito e Itabirito dolomítico

FORMAÇÃO GEOLÓGICA – Formação Cauê

CRONOLOGIA – Paleoproterozoico

MATERIAL DE ORIGEM – canga degradada

PEDREGOSIDADE – pedregosa

ROCHOSIDADE – extremamente rochosa

RELEVO LOCAL – suave ondulado

RELEVO REGIONAL – suave ondulado

EROSÃO – ligeira laminar

DRENAGEM – moderadamente drenado

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA – Campo rupestre

USO ATUAL – Campo rupestre

CLIMA – Cwb

DESCRITO POR – Eduardo, Israel, João

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

O1 0 – 3 cm, vermelho muito acinzentado (10R 2.5/2); argila; forte pequena granular; friável não plástica e não pegajosa; transição plana e clara.

O2 3 – 10/15 cm, vermelho muito acinzentado (10R 2.5/2); argila; forte pequena granular; friável não plástica e não pegajosa; transição irregular e clara.

RAÍZES –

OBSERVAÇÕES – Perfil sob canga contínua com atividade de térmitas adjacente.



Fotos 46 e 47. Amostra P7 referente a bolsões de solo que ocorrem em meio a campo rupestre.

PERFIL 8 - DESCRIÇÃO GERAL

PERFIL – P8

DATA – 24/05/2013

CLASSIFICAÇÃO – Afloramento de canga

LOCALIZAÇÃO – Topo da Sinclinal do Gandarela

SITUAÇÃO, DECLIVIDADE E COBERTURA VEGETAL – perfil em topo de morro plano, afloramento rochoso sob campo rupestre.

ALTITUDE – 1594 m

LITOLOGIA – Itabirito e Itabirito dolomítico

FORMAÇÃO GEOLÓGICA – Formação Cauê

CRONOLOGIA – Paleoproterozoico

MATERIAL DE ORIGEM –canga degradada

PEDREGOSIDADE – pedregosa

ROCHOSIDADE – extremamente rochosa

RELEVO LOCAL – suave ondulado

RELEVO REGIONAL – suave ondulado

EROSÃO – ligeira laminar

DRENAGEM – moderadamente drenado

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA – Campo rupestre

USO ATUAL – Campo rupestre

CLIMA – Cwb

DESCRITO POR – Eduardo, Israel, João

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

A 0 – 8 cm, vermelho muito acinzentado (10R 2.5/2); franco-argilosa cascalhenta; forte pequena granular; ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição irregular e abrupta.

RAÍZES –

OBSERVAÇÕES – Perfil sob canga contínua com atividade de térmitas adjacente.



Fotos 48 e 49. Amostra P8 representando bolsões de solo que ocorrem nos afloramentos de canda sob campo rupestre.

PERFIL 9 - DESCRIÇÃO GERAL

PERFIL – P9

DATA – 18/07/2013

CLASSIFICAÇÃO – Cambissolo Háplico Perférico latossólico

LOCALIZAÇÃO – Sinclinal do Gandarela – 0641309 7774534

SITUAÇÃO, DECLIVIDADE E COBERTURA VEGETAL – perfil em rampa de colúvio, barranco sob mata.

ALTITUDE – 1401 m

LITOLOGIA – Itabirito e Itabirito dolomítico

FORMAÇÃO GEOLÓGICA – Formação Cauê

CRONOLOGIA – Paleoproterozoico

MATERIAL DE ORIGEM – colúvio de canga degradada

PEDREGOSIDADE – muito pedregosa (canga)

ROCHOSIDADE – ligeiramente rochosa

RELEVO LOCAL – suave ondulado

RELEVO REGIONAL – suave ondulado

EROSÃO – ligeira

DRENAGEM – acentuadamente drenado

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA – Capão florestal

USO ATUAL – Mata

CLIMA – Cwb

DESCRITO POR – Robert Gilkes, Carlos, Eduardo, Israel

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

A 0 – 5 cm, bruno avermelhado escuro (2.5 YR 2.5/4); franco-argilosa cascalhenta; moderada pequena granular; ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição ondulada e clara

Bic 5 – 50 cm, vermelho acinzentado (10R 3/3); franco-arenosa cascalhenta; moderada muito pequena granular; ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição abrupta e plana.

Bi 50 – 62/65 cm, bruno avermelhado escuro (2.5 YR 2.5/3); argila muito cascalhenta; forte muito pequena granular; muito plástica e muito pegajosa; transição abrupta e ondulada

2Ah 65 – 85 cm, preto avermelhado (10R 2.5/1); franco; forte muito pequena granular; consistência; transição gradual e ondulada

2BA 85 – 95 cm, bruno avermelhado escuro (2.5 YR 2.5/3); argila; forte muito pequena granular; consistência; transição gradual e ondulada

2Bw₁ 95 – 120 cm, bruno avermelhado escuro (2.5 YR 2.5/3); franco-argilosa; moderada muito pequena granular; não plástica ligeiramente pegajosa; transição gradual e plana

2Bw₂ 120 – 150 cm, bruno avermelhado escuro (2.5 YR 2.5/4); franco-argilo-arenosa; moderada muito pequena granular; não plástica ligeiramente pegajosa; transição gradual e plana

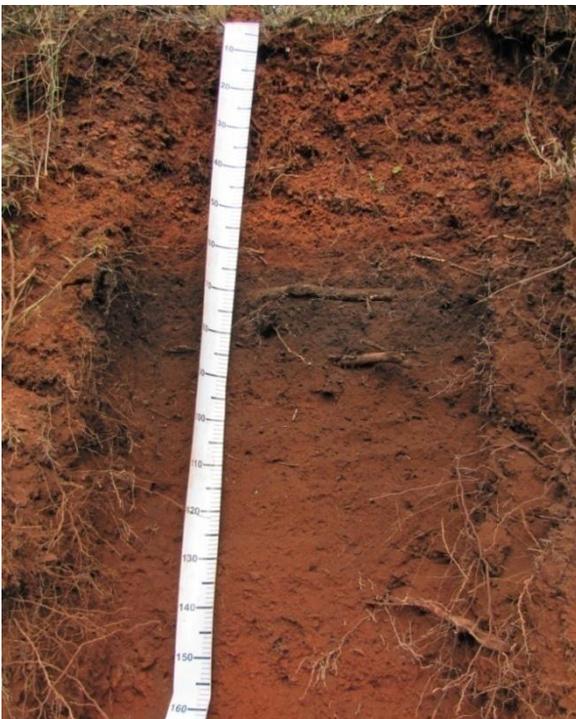
2Bwc 150 180+ cm, vermelho acinzentado (10R 3/3); franco-argilo-arenosa muito cascalhenta.

RAÍZES –

OBSERVAÇÕES – 1. Rampa de colúvio com Latossolo Vermelho Perférico húmico enterrado por conreções lateríticas;

2. Há duas fases de evolução de colúvios de canga nodular (secas) na base e no topo. A latossolização entre elas indica fase climática úmida.

3. Atividade de térmitas em todo perfi, com mais intensidade em 2Ah.



Fotos 50 e 51. Cambissolo Háptico Perférico típico sobre Latossolo Vermelho Perférico húmico e sob vegetação florestal.

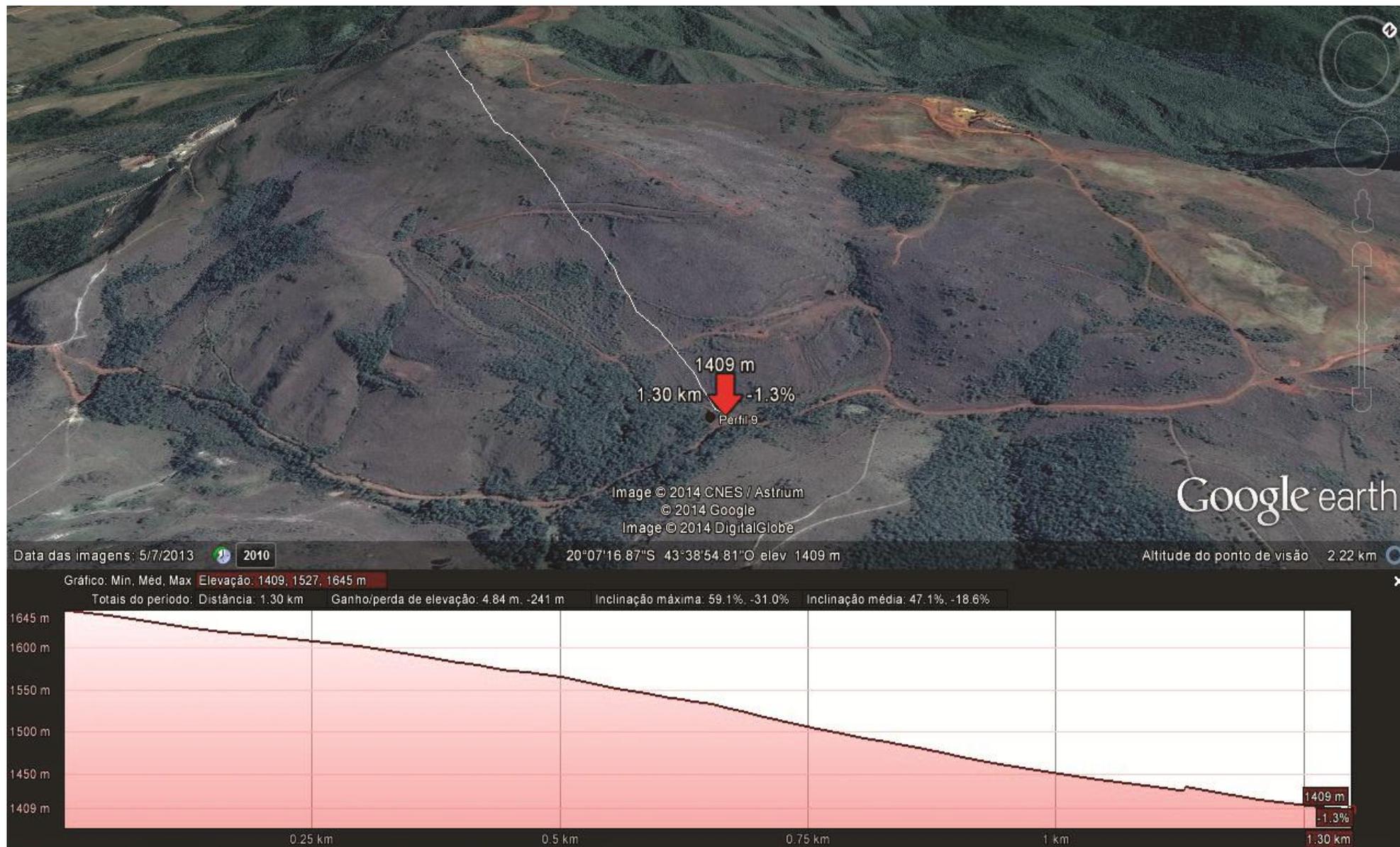


Figura 6. Perfil altimétrico da encosta onde se encontra o Cambissolo Háplico Perférico latossólico (GOOGLE, 2014).