

Universidade Federal de Minas Gerais

Instituto de Geociências

Departamento de Geografia

Brunno Cesar Pereira

Caracterização de Latossolos de Mares de Morros Florestados-
MG como subsídio para o entendimento da evolução dos
compartimentos geomorfológicos

Belo Horizonte

2019

Brunno Cesar Pereira

Caracterização de Latossolos de Mares de Morros Florestados-
MG como subsídio para o entendimento da evolução dos
compartimentos geomorfológicos

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

Área de concentração: Análise Ambiental

Linha de Pesquisa: Geografia Física

Orientadora: Cristiane Valéria de Oliveira

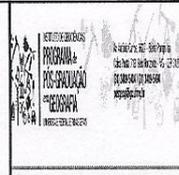
Belo Horizonte

2019



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA



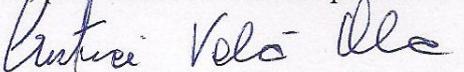
FOLHA DE APROVAÇÃO

Caracterização de Latossolos de Mares de Morros Florestados- MG como subsídio para o entendimento da evolução dos compartimentos geomorfológicos.

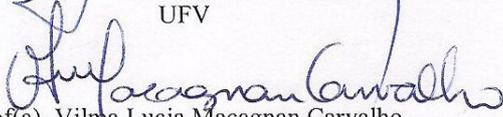
BRUNNO CESAR PEREIRA

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

Aprovada em 24 de abril de 2019, pela banca constituída pelos membros:


Prof(a). Cristiane Valeria de Oliveira - Orientador
Universidade Federal de Minas Gerais


Prof(a). João Carlos Ker - SKYPE
UFV


Prof(a). Vilma Lucia Macagnan Carvalho
UFMG

Belo Horizonte, 24 de abril de 2019.

Dedico este trabalho a todas as pessoas que me ajudaram ao longo do meu caminho como pessoa, contribuindo para a minha construção intelectual, profissional e por ter me tornado um ser humano ainda melhor. Saibam que este trabalho tem um pedaço de cada um, ganhando ainda mais importância na minha formação. A todas essas pessoas deixo o meu muito OBRIGADO!

AGRADECIMENTOS

Primeiramente gostaria de agradecer a Deus, que me deu paciência e perseverança para prosseguir no caminho certo, por ter me dado amigos maravilhosos e uma família linda, meu alicerce para chegar até aqui.

Aqui deixo meus sinceros agradecimentos às pessoas que foram essenciais para a construção deste trabalho, em todos os processos, desde a escolha definitiva do tema e da área de estudo até na revisão dos dados e finalização das discussões. Começando pela minha família, que sempre me apoiou em todas as minhas decisões e pelo incentivo, pois sem ela talvez não estaria neste momento contribuindo para a Ciência.

Agradeço aos amigos que me ajudaram (e ainda ajudam) a tornar uma pessoa mais focada, em especial à Iara, Lara, Eduarda, Jéssica, Andressa e Mário, além de participarem de vários momentos bons e ruins, sempre ajudando, nem que seja pelas risadas que me foram tiradas. Aos meus novos amigos que conheci durante o mestrado, participando de papos construtivos e/ou jogando conversa fora para descontraír, principalmente nos momentos mais turbulentos.

Aos companheiros do grupo de estudo CÊPed, que contribuíram no conhecimento crítico acerca do pensamento geográfico e da construção e adequação da apresentação deste trabalho à banca examinadora, com comentários pertinentes para melhor exposição da pesquisa.

Agradeço a minha orientadora Cristiane Valéria de Oliveira, que, além de auxiliar em todo o processo de construção do trabalho, dividiu momentos de descontração durante os campos, tanto na hora das descrições quanto dentro do carro percorrendo a área de estudo. Posso dizer, com toda certeza, que ganhei uma amiga. Ao Prof. Fábio Soares de Oliveira, que me ajudou no campo, na confecção das lâminas de solos para as análises micromorfológicas, e à Profa.

Vilma Lúcia Macagnan Carvalho, que me ajudou na revisão dos resultados das análises micromorfológicas. À UFMG e aos professores do IGC que fizeram parte da minha formação dentro da instituição.

RESUMO

O trabalho teve como objetivo analisar o grau evolutivo de duas unidades geomórficas, com base na relação solo-paisagem, a partir da comparação entre os Latossolos de topo de posições altimétricas diferentes, na região da Serra de São Geraldo, localizada na mesorregião da Zona da Mata de Minas Gerais. Para analisar as superfícies geomórficas no que diz respeito a sua evolução, foram selecionados perfis de Latossolos presentes no topo de cada superfície. Cada perfil foi caracterizado morfológicamente em campo, assim como foi feita uma descrição das áreas de coleta. Em seguida, amostras dos horizontes Bw de cada perfil foram encaminhadas ao laboratório para análises físicas, químicas, mineralógicas e micromorfológicas. As informações das análises laboratoriais foram fundamentais para mensurar a evolução dos Latossolos e descrição da cronologia relativa das superfícies. Para as análises físicas, os solos localizados no patamar mais elevado apresentaram teor de argila superior, e teores de areia total, silte e relação silte/argila inferiores, apresentando textura muito argilosa. Os solos da superfície inferior obtiveram redução dos teores de argila e aumento da areia total, silte e relação silte/argila, e textura argilosa. Para as análises químicas, a condutividade elétrica em água foi inferior para os solos da superfície mais elevada, o que indica menor quantidade de componentes condutores, como os sais, por perda pela exposição ao tempo. Ocorreu o predomínio do ΔpH negativo para os solos do patamar inferior, indicando solos menos evoluídos, além do ataque sulfúrico que indicou maiores teores de óxidos de ferro, alumínio e titânio para os Latossolos do patamar superior, e relações moleculares K_i e K_r superiores na superfície rebaixada. Já para as análises mineralógicas, há um predomínio de gibbsita no patamar superior para o teor de argila, indicando solos mais evoluídos, além de ilmenita, que é composta por óxidos naturais de ferro e titânio, no teor areia para os mesmos solos. Os Latossolos do patamar inferior apresentaram minerais de mica na areia, indicando menor grau de evolução. E por fim, as análises micromorfológicas ofereceram informações relevantes quanto à distribuição do fundo matricial, exibindo micromassa mais homogênea, maior ocorrência e proporção para o perfil 1 e maior quantidade do material grosso para o perfil 5, corroborando com maior teor de argila para o primeiro perfil, pela micromassa ser composto por basicamente argila, e areia total para o perfil 5, sendo o esqueleto composto pelo material grosso, indicando maior grau evolutivo para o perfil 1 em relação ao perfil 5. Portanto, os parâmetros utilizados para analisar o grau evolutivo dos solos, conseqüentemente a cronologia das superfícies da área de estudo, mostraram resultados que corroboram com a hipótese de que

a superfície superior é mais antiga, com Latossolos mais evoluídos em relação à superfície inferior, que apresentou Latossolos com menor grau de evolução.

PALAVRAS-CHAVE: Atributos dos solos. Intemperismo. Gnaisse.

ABSTRACT

The objective of this work was to analyze the evolutionary degree of two geomorphic units, based on the soil-landscape relation, from the comparison between the top Oxisols of different altimetric positions, in the region of Serra de São Geraldo, located in the mesoregion of Zona da Mata de Minas Gerais. In order to analyze the geomorphic surfaces with respect to their evolution, profiles of Oxisols present at the top of each surface were selected. Each profile was morphologically characterized in the field, as well as a description of the collection areas. Afterwards, samples of the Bw horizons of each profile were sent to the laboratory for physical, chemical, mineralogical and micromorphological analyzes. The information of the laboratory analyzes was fundamental to measure the evolution of the Oxisols and description of the relative chronology of the surfaces. For the physical analyzes, the soils located at the highest level presented higher clay content, and total silt, silt and lower silt/clay ratio, presenting a very clayey texture. The soils of the lower surface obtained reduction of the clay contents and increase of the total sand, silt and silt/clay ratio, obtaining a clayey texture. For the chemical analyzes, the electrical conductivity in water was lower for the soils of the higher surface, which indicates less amount of conducting components, like the salts, by loss by the exposure to the time. Negative ΔpH was predominant for lower soils, indicating less evolved soils, besides the sulfuric attack that indicated higher levels of iron, aluminum and titanium oxides for the Oxisols of the upper plateau, and higher K_i and K_r molecular relationships on the surface lowered. As for mineralogical analyzes, there is a predominance of gibbsite at the upper level for clay content, indicating more evolved soils, besides ilmenite, which is composed of natural iron oxides and titanium, in the sand content for the same soils. Oxisols at the lower level presented mica minerals in the sand content, indicating a lower degree of evolution. And finally, the micromorphological analysis provided relevant information regarding the matrix background distribution, showing a more homogeneous micromass, a higher occurrence and proportion for profile 1 and a larger amount of the thick material for profile 5, corroborating with higher clay content for the first profile, micromass is composed of basically clay, and total sand for profile 5, the skeleton being composed of the thick material, indicating a higher evolutionary degree for profile 1 in relation to profile 5. Therefore, the parameters used to analyze the evolutionary degree of the soils, consequently the chronology of the surfaces of the study area, showed results that corroborate with the hypothesis that the upper surface is older, with Oxisols more evolved in relation to the inferior surface, than presented Oxisols with a lower degree of evolution.

KEY WORDS: Attributes of soils. Weathering. Gnaisse.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 01 – Localização da Área de Estudo e dos Perfis Estudados Coletados em Campo	33
Figura 02 – Mapa Geológico da Área de Estudo e a Localização dos Solos Estudados.....	35
Figura 03 – Mapa de Solos da Área de Estudo e a Localização dos Solos Coletados	36
Figura 04 – Mapa de Declividade da Área de Estudo e a Localização dos Solos Estudados ..	27
Figura 05 – Mapa Hipsométrico da Área de Estudo e a Localização dos Solos Estudados.....	29
Figura 06 – Perfil de Elevação entre os dois Patamares Estudados	30
Figura 07 – Mapa Hipsométrico em 3D da Área de Estudo com os Municípios e os Perfis de Solos Coletados	43
Figura 08 – Climogramas dos Municípios de Viçosa (1961-1990) e Ubá (1931-1961).....	45
Figura 09 – Monolito da amostra indeformada para posterior acomodação em caixetas de papelão, impregnação e análise de micromorfologia	48
Figura 10 – Bloco esquemático da caracterização da região da área de estudo	54
Figura 11 – Dispersão múltipla dos teores de argila e silte para os perfis de Latossolos e o sentido de rejuvenescimento.....	60
Figura 12 – Relação silte/argila dos perfis de Latossolos e o sentido de rejuvenescimento	61
Figura 13 – Classificação mineralógica dos Latossolos da área de estudo quanto às relações Ki e Kr.....	68
Figura 14 – Difrátogramas da fração areia do horizonte Bw dos solos estudados.....	69
Figura 15 – Difrátogramas da fração argila do horizonte Bw dos solos estudados.....	70
Figura 16 – Grãos de quartzo fragmentados com deposição de óxidos de ferro na superfície (aumento – 10x).....	73
Figura 17 – Glóbula reniforme do tipo nódulo (aumento – 10x).....	74
Figura 18 – Pedotúbulo planar com preenchimento solto contínuo (aumento – 10x).....	75
Figura 19 – Glóbula elipsoidal do tipo nódulo (aumento – 10x).....	76
Figura 20 – Pedotúbulo em cavidade com preenchimento solto contínuo (aumento – 10x)....	76
Figura 21 – Glóbula esférica do tipo nódulo (aumento – 10x).....	77

Figura 22 – Pedotúbulo planar com preenchimento solto contínuo formado por raiz (aumento – 10x).....	77
Figura 23 – Glóbula esférica do tipo nódulo ferruginoso no perfil 4 (aumento – 10x).....	79
Figura 24 – Glóbula reniforme a esférica do tipo nódulo ferruginoso no perfil 5 (aumento – 10x).....	80
Figura 25 – Presença de cristais nos perfis de Latossolos estudados, poucos no perfil 1 (Figura 25.a) e frequente no perfil 5 (Figura 25.b) (aumento – 2,5x).....	81
Figura 26 – Cristal na lâmina do perfil 1 em processo de fragmentação (aumento – 10x).....	82
Figura 27 - Concentração plásmica com coloração mais clara, indicativo de perda de material (aumento - 10x)	83
Figura 28 – Fotomicrografias das lâminas dos perfis de Latossolos da área de estudo (aumento – 2,5x).....	85
Figura 29 – Fotomicrografias em nicóis cruzados das lâminas dos perfis de Latossolos da área de estudo (aumento – 2,5x).....	86
Figura 30 – Perfil 1 (Latossolo Vermelho-Amarelo)	105
Figura 31 – Perfil 2 (Latossolo Vermelho-Amarelo)	106
Figura 32 – Perfil 3 (Latossolo Vermelho-Amarelo)	107
Figura 33 – Perfil 4 (Latossolo Vermelho-Amarelo)	108
Figura 34 – Perfil 5 (Latossolo Amarelo).....	109

LISTA DE TABELAS

Tabela 01 – Atributos morfológicos dos Latossolos estudados	57
Tabela 02 – Composição granulométrica, textura, relação silte/argila, ADA e GF para o horizonte Bw dos Latossolos da área de estudo	58
Tabela 03 – Condutividade elétrica em água para o horizonte Bw dos Latossolos da área de estudo.....	63
Tabela 04 – pH em água e KCl e Δ pH para o horizonte Bw dos Latossolos da área de estudo	64
Tabela 05 - Teores de Si, Al, Fe, Ti e Mn, expressos em óxidos, determinados no extrato da digestão sulfúrica da TFSA e as relações moleculares Ki e Kr.....	65
Tabela 06 – Composição mineralógica das frações areia e argila do horizonte Bw dos perfis dos patamares superior e inferior da área de estudo	67
Tabela 07 – Características micromorfológicas do horizonte diagnóstico Bw dos perfis de Latossolos da área de estudo	72
Tabela 08 – Quadro síntese dos resultados.....	91

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ADA – Argila Dispersa em Água

CPMTC – Centro de Pesquisa Professor Manoel Teixeira da Costa

Ct – Caulinítico

FEAM – Fundação Estadual do Meio Ambiente

Gb – Gibbsítico

GF – Grau de Flocculação

GPS – *Global Positioning System* (Sistema de Posicionamento Global)

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IGC-UFMG – Instituto de Geociências da Universidade Federal de Minas Gerais

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia

Ma – Milhões de anos

MG – Minas Gerais

Ox – Oxídico

TFSA – Terra Fina Seca ao Ar

UFMG – Universidade Federal de Minas Gerais

UFV – Universidade Federal de Viçosa

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	15
2. REFERENCIAL TEÓRICO	18
2.1. Relação solo-paisagem	20
2.2. Micromorfologia	25
2.3. Mineralogia (DRX)	28
2.4. Análises Químicas e Físicas	29
2.5. Compartimentação da paisagem e Superfícies Geomórficas	31
3. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	33
3.1. Arcabouço Geológico	34
3.2. Pedologia e Aspectos Geomorfológicos	36
3.3. Aspectos Climáticos	45
3.4. Vegetação	45
4. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	46
4.1. Revisão bibliográfica	46
4.2. Elaboração dos materiais gráficos e campo de reconhecimento	46
4.3. Campo de coleta das amostras	47
4.4. Laboratório	48
4.4.1. Primeira etapa	49
4.4.2. Segunda etapa	49
4.4.3. Terceira etapa	49
4.4.4. Quarta etapa.....	51
4.5. Etapa em escritório	51
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES	53
5.1. Caracterização Morfológica da Região da Área de Estudo	53
5.2. Atributos Morfológicos	55

5.2.1. Descrição dos Perfis em Campo.....	55
5.3. Atributos Físicos	58
5.3.1. Textura, Relação Silte/Argila e Grau de Flocculação	58
5.4. Atributos Químicos.....	62
5.4.1. Condutividade Elétrica do Solo, pH em Água e KCl, Δ pH e Ataque Sulfúrico	62
5.5. Atributos Mineralógicos.....	65
5.6. Atributos Micromorfológicos.....	71
5.6.1. Caracterização geral das lâminas.....	71
5.6.2. Análise comparativa entre as lâminas	80
5.7. Síntese dos resultados	90
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	92
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	93
GLOSSÁRIO	100
ANEXO I – Ficha de descrição de solo	101
ANEXO II – Ficha da descrição micromorfológica das lâminas de solos	103
APÊNDICE I – Imagens dos perfis de Latossolos estudados	105

1. INTRODUÇÃO

Os solos e seus atributos são componentes da paisagem, evoluindo em concomitância com esta e, conseqüentemente, guardam informações de seu desenvolvimento ao longo do tempo. Pensando nisto, os solos e suas características físicas, químicas, mineralógicas e micromorfológicas são indicadores, através da relação solo-paisagem, da cronologia relativa das superfícies.

A determinação da seqüência dos acontecimentos, sem precisar o tempo exato dos fatos ocorridos, é obtida pela cronologia relativa, com análises comparativas relativizadas entre objetos diferentes, o que neste trabalho denominou-se de superfícies geomórficas em posições distintas. Sem datação exata das superfícies, algumas pesquisas se baseiam nos atributos físicos, químicos e mineralógicos dos solos, com o auxílio da relação solo-paisagem, para determinar a idade relativa das superfícies através do grau evolutivo dos solos estudados. Os solos, por estarem inseridos na paisagem, evoluem concomitantemente, permitindo associar o grau evolutivo dos mesmos com as superfícies em que estão inseridos.

Para tanto, muitos estudos buscam através da relação entre os solos e a paisagem respostas acerca das características do local em que estão inseridos, disposição e composição da vegetação, propriedades em comum a outras áreas semelhantes, além do grau evolutivo de superfícies.

Considerado como um corpo tridimensional e dinâmico, os solos estão sujeitos a mudanças decorrentes das condições estabelecidas pelo local em que estão inseridos, tais como alterações no relevo; alternância hídrica, sendo expressada pelas mudanças na percolação e/ou escoamento superficial; além da ação antrópica muito atuante em regiões em que o solo é o componente fundamental para o desenvolvimento econômico, social, político e cultural. Portanto, os solos são considerados um instrumento de grande importância para investigar o comportamento da paisagem a partir da relação direta entre eles e as superfícies.

Em conjunto aos aspectos pedológicos, a dinâmica de vertentes possui um papel importante no comportamento do relevo, determinando, entre vários fatores, a atividade hídrica superficial e subsuperficial, além de orientar o transporte e acúmulo de sedimentos. O relevo, este considerado como um dos fatores de formação dos solos, os quais incluem o material de origem, organismos, clima e tempo, é um componente da paisagem que a condiciona, com capacidade de determinar e auxiliar os processos pedogenéticos.

A paisagem pode ser considerada como o resultado da combinação entre as feições da superfície da terra e os componentes subsuperficiais, incluindo os solos. Entre os geógrafos há um consenso de que a paisagem resulta das combinações dinâmicas entre os elementos físicos, biológicos, incluindo os antrópicos, sendo a sua análise o produto de estudos integrados.

A interação entre os solos e os componentes da paisagem, como o relevo e a vegetação, é considerada um importante subsídio para investigar a evolução e cronologia relativa da paisagem, levantando as características dos solos em posições diferenciadas para verificar qual das superfícies, patamares e/ou unidades geomórficas são mais evoluídos. Para isto, é necessário coletar informações a respeito dos solos na paisagem focando em análises que permitam averiguar a própria evolução do solo.

A relação solo-paisagem é representada pela ação em conjunto entre o solo e a paisagem definida no espaço e no tempo, ou seja, é a interação entre o conjunto dos atributos pedológicos e da paisagem.

Como forma de sistematizar os dados obtidos em análises de campo e laboratoriais com as superfícies estudadas, muitas pesquisas que retratam a relação solo-paisagem utilizam, em grande maioria, compartimentações do relevo como objeto de estudo, as chamadas superfícies geomórficas. Estas são porções de terra limitadas, definidas geograficamente no espaço e no tempo, formadas por um ou mais agentes num período temporal.

A compartimentação geomorfológica é capaz de fornecer uma visão integrada do meio físico, considerando as variáveis responsáveis pela estrutura resultante da paisagem, com o intuito de organizar um esboço geomorfológico e estabelecer uma síntese da compartimentação e seus reflexos na ocupação do solo.

Geralmente, as compartimentações em superfícies geomórficas são desenhadas a partir da forma do relevo e sua tipologia, tais como os topos, encostas, sopés, dentre outros, e são importantes quando pretende-se analisar porções de terras a partir de suas semelhanças.

Por fim, as práticas que permitem apresentar as características e evolução das superfícies são importantes, visando identificar não somente as condições atuais, mas o seu desenvolvimento ao longo do tempo.

Para esta pesquisa, analisou-se duas superfícies geomórficas divididas pela formação da Serra de São Geraldo, selecionando perfis de Latossolos para determinação da evolução dos mesmos.

Os solos da área de estudo são de origem do gnaiss, o que implica a independência do material de origem para a mensuração do grau evolutivo dos mesmos.

As discussões consideraram a relação solo-paisagem entre os municípios de Teixeiras e Guiricema (MG), mesorregião da Zona da Mata mineira. Estas discussões têm finalidade de avaliar a hipótese de que os solos da superfície mais elevada, estando sobre mesmo material de origem, apresentam maior grau de evolução do que aquelas da superfície inferior. Por estarem em posições diferenciadas na paisagem, fatores que transformam o ambiente, como o relevo e a dinâmica hídrica superficial e de subsuperfície, tendem a atuar em diferentes intensidades.

Para tanto, este trabalho tem como objetivo principal discutir e avaliar o grau evolutivo de Latossolos formados a partir do mesmo material de origem (gnaiss) e localizados no topo de diferentes superfícies geomórficas, a partir de suas características e de seus atributos físicos, químicos, mineralógicos e micromorfológicos. Foram selecionados cinco perfis para as análises, sendo três na superfície superior (735, 716 e 832 metros de altitude, respectivamente) e dois perfis na superfície inferior (432 e 400 metros de altitude, respectivamente). Além disso, pretende-se discutir a cronologia relativa dessas superfícies com o auxílio da relação solo-paisagem.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Os solos e seus atributos, em geral, fornecem evidências sobre a cronologia relativa das superfícies, sendo um instrumento importante de registro da evolução da paisagem ao longo do tempo. Por ser um corpo tridimensional e dinâmico, o solo exhibe grande variedade na superfície da Terra, reflexo da atuação dos fatores de formação (LEPSCH, 2002).

Os solos apresentam características próprias, tais como profundidade, estrutura, textura, entre outras, que os distingue de outros elementos da natureza. Segundo Lepsch et al. (1991), os solos podem ser considerados como o conjunto de corpos tridimensionais capazes de sustentar plantas, ocupando a porção superior da crosta terrestre, com atributos internos próprios e características externas, tais como declividade, pedregosidade, rochosidade, de modo que é possível descrevê-los e classificá-los.

A partir das características morfológicas, da morfometria do solo, e da caracterização dos agentes causais, os solos possuem propriedade que permitem definir os processos e mecanismos responsáveis pela sua formação e evolução (QUEIROZ NETO, 1984).

A paisagem é a combinação entre as feições da superfície da Terra, com destaque para o relevo, e os componentes de subsuperfície, como os solos. A noção de paisagem parte do entendimento das relações complexas entre o homem e a natureza, buscando compreender o meio, o uso, planejamento e gestão territorial (SILVEIRA, 2009). As relações entre o homem e a natureza aponta a paisagem como herança das sucessivas relações entre os dois componentes, sendo sua existência fundamentada no conjunto de formas e objetos concretos (SANTOS, 1997).

A paisagem é uma porção do espaço em constante modificação e, ainda, o resultado da combinação dinâmica de elementos físicos, biológicos e antrópicos que, ao reagirem, fazem da paisagem um conjunto único e intrínseco, evoluindo constantemente (BERTRAND, 1972).

As definições expostas em torno da paisagem se baseiam na ideia de que o homem atua e a transforma, tornando-se elemento fundamental na sua dinâmica e evolução (OLIVEIRA, 2012).

Vitte (2007), ao citar a compreensão de Ab'Saber (1969) acerca da paisagem, conceitua-a como resultante da relação entre processos antigos e atuais em que a compartimentação regional da superfície decorre dos processos passados, enquanto a dinâmica atual das paisagens é reflexo dos processamentos atuais.

Como resultado da intencionalidade humana na superfície terrestre, Vitte (2007) afirma que a sociedade imprime sua marca no espaço mediante variados meios técnicos e científicos,

registrados na paisagem. Com isso, ela é a representação do espaço e passa a ser sinônimo de natureza.

Deffontaines (1973, p. 06) define que “a paisagem é uma porção do espaço perceptível a um observador onde se inscreve uma combinação de fatos visíveis e de ações das quais, num dado momento, só se percebe o resultado global”. Ainda, segundo o mesmo autor, a paisagem é um portador de informação quando combinada a vários fatores, como os solos e suas características. Em seu trabalho, o autor aborda dois exemplos de análises da paisagem para produção agrícola, que dependem da escala trabalhada. Um exemplo é a partir de análise em escalas locais e da parcela da paisagem em que se encontra uma propriedade e outro correspondendo uma análise mais ampla, que compreende muitas propriedades.

Como subsídio para investigar o comportamento e cronologia relativa das superfícies, a relação solo-paisagem compreende o vínculo entre os solos e seus atributos com a paisagem e componentes, que são associados para avaliar as condições presentes no local, como os registros ao longo do tempo apresentados, por exemplo, nas características dos solos. Segundo Motta et al. (2002, p. 870):

“O conhecimento das relações entre solo e superfície geomórfica [...] pode subsidiar levantamentos de solos [...], constituindo poderoso instrumento de predição da feição pedológica de áreas ainda não conhecidas, ao permitir a identificação da toposseqüência típica e o entendimento da distribuição espacial e das características dos solos de uma região”.

Vários autores destacaram que a paisagem ou a geomorfologia de uma área apresenta correlação forte com os processos de formação e desenvolvimento dos solos, não excluindo a importância destes últimos como indicadores da evolução das coberturas superficiais (MULLA & MC BRATNEY, 1999; PENNOCK & VELDKAMP, 2006; SIRTOLI et al., 2008).

O solo como parte integrante da paisagem também foi estudado por Dantas (2013), que afirmou que a sua distribuição na vertente é condicionada pelas variações topográficas e litológicas. A análise da paisagem permite encontrar relação entre os diferentes tipos de solos com as diferentes formas de relevo. Dantas (2013), ao citar Resende et al. (2007), explica que os processos pedogenéticos na paisagem brasileira são bastante ativos, tendo o relevo como agente controlador do tempo de exposição do solo às condições bioclimáticas. O autor conclui que as discontinuidades acentuadas na paisagem brasileira são muito comuns, sendo correlacionadas, em muitos casos, à discontinuidade das classes de solos.

Os solos podem fornecer informações importantes a respeito da formação da paisagem em que se inserem, em que a presença deles pode ser a única indicação de que houve períodos de estabilidade dentro dos ciclos de erosão e deposição (SÁ MACHADO, 1995). A mesma autora também afirma que a natureza dos solos também pode indicar as condições ambientais durante o período de sua formação.

Solos que estão há mais tempo em exposição na paisagem, sujeitos à atuação de processos pedogenéticos mais intensos, apresentam características que os incluem como sendo mais evoluídos. Fragassi (2001) estudou a erodibilidade dos solos residuais de gnaiss da Serra de São Geraldo e de Viçosa-MG e apontou informações a respeito da composição granulométrica de solos do gnaiss na região da Serra de São Geraldo. Segundo o autor, os solos residuais de gnaiss mais jovens apresentam teor de areia mais elevado, enquanto os solos maduros possuem teor de argila superior.

Em relação à área de estudo, Nunes et al. (2001) caracterizaram química, física e mineralogicamente solos com Bw, Bt, Bn, Cv e mesmo Neossolos Flúvicos e Gleissolos de duas topolitosseqüências no domínio dos Mares de Morros na região de Viçosa (MG). Os autores destacaram, dentre outras informações, que a caulinita é o mineral predominante, além de avaliar que as condições de relevo mais movimentado na região de Viçosa favorecem o rejuvenescimento relativo dos solos.

No domínio de Mares de Morros, segundo Portugal et al. (2008), no estudo realizado na região da Zona da Mata mineira, o solo tende ser muito profundo. Essa profundidade pode ser comparada com as características típicas de um Latossolo, sendo este muito profundo e bem estruturado.

2.1. Relação solo-paisagem

A relação solo-paisagem propicia a extrapolação de informações disponíveis em mapas de solos em qualquer escala, para locais mais específicos, acarretando na redução de tempo e de custos (MOTTA et al., 2002). Portanto, a relação solo-paisagem é um instrumento de grande importância para buscar informações que permitam identificar não só o comportamento dos solos, mas a própria dinâmica geomorfológica, além da própria cronologia relativa da paisagem, a partir das coletas de dados pedológicos em análises macro e micromorfológicas.

Os primeiros trabalhos que se apoiavam na relação solo-relevo eram frequentemente baseados no contexto da *catena* de Milne (1935), onde o solo é entendido como uma cadeia, com suas características ligadas como os elos de uma corrente, sendo estudado de forma contínua.

Campos (2012), em seu artigo que aborda os conceitos, evolução e aplicações da relação solo-paisagem, destaca que esta permite vincular atributos topográficos e tipos de solos, auxiliando no prognóstico de ocorrência dos tipos de solos presentes na paisagem, contribuindo no estudo detalhado dos mesmos. O mesmo pode ser dito para estudos que buscam compreender a distribuição das características da paisagem em relação às condições pedológicas locais.

A condição de mutualidade entre os solos e a paisagem é descrita por Campos et al. (2011) como padrão de distribuição espacial dos atributos de solo e suas interações de dependência com a distribuição do relevo, sem descartar as condições climáticas, a geologia e a hidrologia. Para entender a relação solo-paisagem é fundamental abranger os estudos, ultrapassando as barreiras da Pedologia e da Geomorfologia.

Campos et al. (2007) utilizaram das relações solo-paisagem com o objetivo de relacionar os solos com as superfícies geomórficas em uma litossequência de transição arenito-basalto para identificar áreas específicas mais homogêneas, auxiliando levantamentos pedológicos. Foi possível identificar a correlação entre os solos e as superfícies, através dos dados coletados pelos atributos dos primeiros, como a relação silte/argila, que coincidiu com a idade relativa das superfícies. Os autores concluíram que a análise individual dos atributos do solo auxiliou na discriminação das três superfícies geomórficas, além de confirmar que as características do solo apresentaram limites próximos aos das superfícies geomórficas.

Os solos e seus atributos, analisados por Rodolfo Junior et al. (2015), permitiram identificar, com dados que fornecem informações quanto ao grau de intemperismo (teores de argila e relação silte/argila), a idade relativa das superfícies geomórficas. Os solos estudados na área de estudo que apresentaram maior grau de intemperismo ocorreram naturalmente no topo e terço superior da topossequência, permitindo traçar um perfil de evolução dos solos.

Dantas et al. (2014) explicitam que a posição da paisagem foi determinante para a distinção dos solos, sendo os de maior expressão do caráter coeso em pedoforma côncava, apresentando maior índice de fertilidade e matéria orgânica e, conseqüentemente, vegetação mais exuberante.

Outro exemplo da aplicabilidade dos conceitos da relação solo-paisagem, é o trabalho que relata estas relações em uma topossequência sobre substrato granítico, desenvolvido por Campos et

al. (2011) em Santo Antônio do Matupi, Manicoré-AM, no qual, as análises envolveram solos das classes dos Latossolos e Argissolos. Os Latossolos encontram-se em três posições diferentes do relevo (topo mais elevado, sopé da vertente e no topo de menor elevação), além do Argissolo posicionado na encosta. Na análise comparativa entre os Latossolos em diferentes posições, observou-se que os Latossolos no topo da área de estudo apresentaram valores da relação silte/argila e índice de intemperismo do solo (K_i) inferiores e menor quantidade de carga negativa, inferida pelo ΔpH . Quando comparados com o Latossolo do sopé tais características evidenciam maior rejuvenescimento deste último, confirmando que a superfície mais rebaixada é mais jovem e apresenta solos com menor grau de evolução. Comparando os Latossolos dos topos na topossequência, o do topo mais elevado apresentou resultados de ΔpH negativos e K_i inferiores em relação ao do topo mais rebaixado, além de maior quantidade de óxidos de ferro e alumínio. Sobre o Argissolo, os resultados se assemelham ao Latossolo do topo mais elevado, pois está posicionado próximo a ele, mas com ligeiro aumento para K_i , associado à variação altimétrica.

Rossi & Queiroz Neto (2001), que estudaram a relação solo-paisagem na região da Serra do Mar em São Paulo, concluíram que as paisagens atuais da região fazem parte de uma intrínseca rede de trocas, com o relevo condicionando o comportamento hídrico de superfície e subsuperfície, que por sua vez interfere na pedogênese, sendo responsável pela evolução da modelagem do relevo, via alteração dos solos.

Segundo Daniels et al. (1971), citados por Cunha et al. (2005), a idade do solo deve ser considerada como a mesma da respectiva superfície geomórfica. Esta observação foi corroborada por Cunha et al. (2005, p. 86) ao verificar que os solos na superfície geomórfica localizada na parte mais elevada e menos inclinada da área de estudo “são os mais velhos, seguindo-se, em idade, os solos das superfícies geomórficas de idade intermediária e os da superfície mais nova”. Os autores definiram alguns critérios para identificar e delinear áreas com maior homogeneidade de solos. Verificaram a possibilidade de identificar e separar os limites das superfícies geomórficas, que seriam aproximadamente idênticos aos dos solos, constatando que a idade do solo corresponde com a das superfícies, confirmando a suas aproximações. As definições a respeito das superfícies geomórficas serão debatidas posteriormente neste mesmo capítulo.

Simões (2016) utiliza da relação solo-paisagem para abordar a geomorfogênese de trecho da borda oeste do Planalto do Espinhaço Meridional, em Minas Gerais. Os estudos foram executados em quatro unidades geomórficas, aplicando algumas análises que visam caracterizar

os solos das superfícies e, posteriormente, extrapolar as informações para investigar o comportamento das unidades. Os resultados das análises de solo confirmaram a hipótese de que as formações superficiais do patamar de menor altimetria apresentam um menor grau de intemperismo, e conseqüentemente, menor grau de desenvolvimento que os solos que ocorrem na superfície mais elevada.

A relação solo-paisagem vai além dos estudos acerca da evolução dos solos, do relevo e da paisagem. Nunes et al. (2001), que abordaram a relação solo-paisagem-material de origem e gênese de alguns solos no domínio do Mar de Morros em Minas Gerais (Guiricema e Viçosa), concluíram que as duas topolitossequências estudadas apresentaram grande semelhança. Estabelecendo relações entre características químicas, físicas e mineralógicas com variações do material de origem e relações solo-paisagem, os autores comprovaram as semelhanças entre as duas topolissequências a partir do levantamento pedológico. Foram encontrados Latossolos Vermelho-Amarelos no topo da paisagem, além da exposição de intrusões de rochas máficas com a dissecação da paisagem, desenvolvendo Nitossolos Vermelhos no relevo mais íngreme, e Chernossolos Argilúvicos e Vertissolos em locais que propiciam maior acúmulo de bases e menor perda de sílica.

Demattê et al. (1994), que focaram nos estudos sobre sequência pedológica Latossolo Amarelo – Argissolo Amarelo – Neossolo Quartzarênico na região de Tucuruí, no Estado do Pará, com auxílio da relação solo-paisagem, tiveram como objetivo verificar se a formação dos solos da área de estudo se deve a sedimentos diferenciados ou à pedogênese. Os autores concluíram que o hidromorfismo exerceu papel preponderante na diferenciação da sequência estudada, a exemplo do comportamento dos óxidos de ferro, que a cristalinidade decresceu à medida que o hidromorfismo se intensifica.

Outro exemplo de estudo sobre sequência pedológica e o auxílio da relação solo-paisagem foi realizado por Andrade et al. (1997), que estudaram uma sequência Latossolos – Neossolos Quartzarênicos hidromórficos sobre rochas cristalinas, no estado do Amazonas. A pesquisa teve como objetivo caracterizar a sequência quanto à mudança textural, iniciando de argilosa para arenosa, originada de produtos da decomposição de rochas cristalinas ácidas. Nas partes elevadas da colina, o gradiente textural é menor e a argila é composta de caulinita e de óxidos de ferro predominantemente nas formas cristalinas. O gradiente textural aumentou encosta abaixo e as formas de ferro se tornaram menos cristalinas. É possível observar a importância do uso da relação solo-paisagem para diversas finalidades, com intuito de conhecer a paisagem em que os solos estão inseridos.

Em relação à evolução da paisagem, superfícies mais evoluídas são aquelas que estão há mais tempo sujeitas às alterações e que passaram por um processo maior de exposição no local em que se inserem. Muitos estudos retratam que superfícies mais elevadas são mais evoluídas, comparando-se às superfícies rebaixadas. Sá Machado (1995) estudou a distribuição e características dos solos, com a evolução da paisagem, tipos de superfícies geomórficas e características do material de origem na região dos Campos Gerais, em Ponta Grossa-PR. No trabalho supracitado, a autora menciona alguns critérios para designar as idades relativas de superfícies da área de estudo, como a lei da superposição. Nesta lei consta, entre outros critérios, a utilização da tendência de que superfícies em posição de topo e não truncadas com nenhum outro material podem ter idade superior às demais superfícies.

A geomorfogênese, processos morfogenéticos responsáveis pela esculturação das formas de relevo, segundo Bertrand (1972), rege o sistema de evolução da paisagem. Ainda para o autor, o sistema de evolução de uma unidade de paisagem reúne todas as formas de energia (complementares ou antagônicas) que, ao reagirem, determinam a evolução geral dessa paisagem.

O sistema de evolução da paisagem se define por uma série de agentes que são mais ou menos hierarquizados. Os sistemas de evolução da paisagem apresentam os “agentes naturais (climáticos, biológicos, etc.), que determinam processos naturais (ravinamentos, pedogênese, dinâmica ecofisiológica...) e agentes antrópicos (sociedades agropastoris, florestais...) dos quais dependem os processos antrópicos (desmatamento, incêndio, reflorestamento)” (BERTRAND, 1972. p. 148).

Variadas são as metodologias para analisar a evolução do solo para diversas finalidades, que devem ser aplicadas em conjunto para levantar dados que indiquem os resultados esperados, com destaque para a micromorfologia, mineralogia, além das demais análises físicas (textura, grau de flocculação (GF) e relação silte/argila), e químicas (ΔpH , condutividade elétrica em água e ataque sulfúrico), utilizadas para este trabalho. A compreensão destas metodologias, a partir do levantamento bibliográfico, se faz necessária, e conhecer as suas aplicabilidades, estudando pesquisas que as utilizaram, além dos seus conceitos, são fundamentais.

2.2. Micromorfologia

Considerada um método importante para observar a forma, a quantidade e a distribuição dos constituintes no solo, a micromorfologia permite auxiliar na constatação a respeito do grau de intemperismo que indique uma maior evolução da cobertura pedológica. Segundo Castro et al. (2003), a técnica destina-se ao estudo das organizações microscópicas ou micrororganizações pedológicas e microestruturas, que objetiva trabalhar com constituintes e organizações na ordem de medida dos mm e, especialmente, dos μm . Esta análise permite o estudo de detalhe dos constituintes dos componentes dos horizontes de solo a serem estudados e de suas relações, além do seu grau de preservação frente às adições ou perdas.

Os principais objetivos da micromorfologia de solos são identificar os constituintes dos solos nas diferentes frações e definir as relações existentes entre os constituintes (tipos, hierarquia e cronologia das organizações). Além dos objetivos supracitados, a micromorfologia possibilita estabelecer hipóteses acerca da dinâmica genética e evolutiva dos solos, com o intuito de esclarecer as controvérsias sobre sua origem, evolução, além do seu comportamento (CASTRO et al., 2003).

Castro (2008) reforça a ideia da análise microscópica dos solos com técnicas de observação morfológica em escala micrométrica, e ainda ressalta que a micromorfologia não é capaz de responder todas as questões levantadas provenientes dos estudos do solo, mas uma técnica auxiliar na observação das transformações pedológicas e que permite construir uma ideia acerca da evolução do solo. Castro (2008) demonstra ainda que, a micromorfologia de solos permite caracterizar as organizações dos constituintes pedológicos com a finalidade de separar e classificar horizontes ou perfis de solo, avaliar o grau de evolução e equilíbrio.

Stoops et al. (2010), que realizaram interpretações das características micromorfológicas dos solos e regolitos de vários locais do mundo, relatam alguns pontos interessante em relação aos estudos micromorfológicos, como o desenvolvimento de microestrutura granular, importante quando analisa solos desenvolvidos, como os Latossolos. Segundo os autores, a microestrutura granular e a estrutura interna dos agregados granulares atuam fortemente no comportamento de retenção de água do solo, sendo importantes para o manejo do solo.

Em se tratando de estudos da micromorfologia de solos, Sant'ana et al. (2014) examinaram lâminas coletadas em uma sequência sedimentar na área conhecida como Cerro do Touro, dentro dos limites do município de Campo Alegre-SC, visando identificar se há soterramento de Paleossolo Quaternário no local estudado. Os autores constataram que as lâminas

examinadas apontaram para evidências que houve o soterramento do paleossolo por lente coluvial quaternária, e, além disso, as amostras comportam elementos que sofreram as mesmas influências climáticas, justificadas pela presença de fissuras no paleossolo e de pedotúbulo com preenchimento carbonizado, com datação diferenciada.

Nunes et al. (2000) utilizaram a micromorfologia para caracterizar alguns solos da Zona da Mata mineira, incluindo Latossolos. As análises micromorfológicas destacaram várias informações, incluindo a constatação da presença de forte microestrutura para um dos Latossolos com influência de atividade biológica, que tende a coalescer intensamente em profundidade e torna-se apédico no saprolito, separado por cascalheiro de quartzo.

Figueiredo et al. (2004) estudaram alguns aspectos dos processos de alteração superficial e seus reflexos na pedogeomorfologia Quaternária na sub-bacia do alto Ribeirão Maracujá, no Complexo Bação, Quadrilátero Ferrífero, MG. Suportados por análises micromorfológicas, os autores relataram que os solos latossólicos da área são restritos aos segmentos de meia vertente e foram desenvolvidos a partir de materiais coluvionares provenientes dos perfis de alta vertente. Os estudos micromorfológicos também foram fundamentais na pesquisa desenvolvida por Varajão et al. (2009), que estudaram a evolução da paisagem do Quadrilátero Ferrífero por meio da análise integrada dos dados quantitativos das taxas de erosão (^{10}Be) e dos tipos de perfis de solos desenvolvidos a partir dos principais litotipos da região.

Gomes et al. (2004) estudaram as características macro e micromorfológicas dos horizontes diagnósticos superficiais e subsuperficiais de Latossolos e Neossolos Quartzarênicos das superfícies Sul-Americana e Velhas, localizados nas sub-regiões Leste de Goiás, Noroeste de Minas e Triângulo Mineiro, visando estabelecer um referencial para futuras comparações com áreas similares sob constante intervenção antrópica em termos de sustentabilidade. As análises micromorfológicas foram fundamentais para estabelecer semelhanças dos Latossolos argilosos e muito argilosos com os caulíníticos quanto à estrutura e microestrutura, dos Latossolos com os Neossolos em decorrência do plasma, além de corroborar a hipótese de um pedoambiente mais úmido na posição da paisagem representada pelos perfis de Latossolos Vermelhos.

As análises micromorfológicas foram interessantes para avaliar a microestrutura de solos da Amazônia Ocidental na pesquisa executada por Lima (2001). A pedoturbação observada nas lâminas do horizonte Bw da Terra Preta foram fundamentais para seu enriquecimento, principalmente quando se compara ao horizonte Bw do Latossolo Amarelo, sendo este último distrófico. Os microfragmentos de apatita biogênica na forma de ossos e espinhas de peixe, com

morfologias variadas, constituem a reserva primária de P e Ca da Terra Preta. As formas secundárias e complexas de P ligado ao Al e Fe são provenientes da intensa pedoturbação, incorporando P em profundidade.

Nunes (2013) utilizou os estudos micromorfológicos para caracterizar as organizações microestruturais de solos em distintas unidades geomorfológicas da borda oeste do Planalto do Espinhaço Meridional, tendo como princípio que as superfícies pedológicas do planalto apresentariam características distintas daquelas já observadas na área deprimida. Na área de estudo, a autora constatou que o perfil situado no topo da vertente é o mais evoluído, observando microagregação e indícios de latossolização, sendo o mais antigo dentre os perfis estudados. As análises micromorfológicas da pesquisa supracitada permitiram o levantamento de indicadores microestruturais capazes de evidenciar as diferenças entre os horizontes.

A micromorfologia foi uma ferramenta importante para elucidação e compreensão da evolução dos solos da topossequência estudada por Silva et al. (2010), em Petrópolis-RJ. Os autores investigaram algumas trincheiras ao longo da topossequência concluindo que o Cambissolo do topo possui alteração *in situ*. Os solos formados a partir da meia encosta tem uma importante contribuição dos materiais transportados na vertente, além de conclusões que explicam o comportamento da vertente e, principalmente, o grau evolutivo dos solos, como o processo de deposição a jusante. As separações plásmicas e os poros fissurais encontrados a partir da meia encosta, analisados nas lâminas, mostram que o processo de umectação e dessecação é um fator importante na evolução dos solos e na formação do Argissolo.

Ramos (2008) analisou Latossolos na região de Gouveia (MG) com enfoque nos estudos micromorfológicos, além das análises granulométricas e químicas, com intuito de realizar a caracterização micromorfológica de Latossolos Vermelhos e Vermelho-Amarelos ocorrentes na bacia do córrego do Rio Grande e, com isso, contribuir para a elucidação quanto à gênese dos solos da região. A autora constatou que os dados apurados para os solos a partir das suas descrições morfológicas, assim como das análises físicas, químicas e micromorfológicas realizadas, atenderam aos critérios definidos para classificá-los como Latossolos, considerados solos bastante evoluídos, decorrente do maior grau de intemperismo.

Ibraimo et al. (2004) abordaram a caracterização de alguns solos representativos das unidades de paisagem, com ênfase nos atributos químicos, físicos, mineralógicos e avaliaram os aspectos pedogenéticos dos solos estudados em um modelo interpretativo da evolução da paisagem, com o uso dos estudos micromorfológicos. Os autores concluíram que os Latossolos eutróficos,

presentes nas partes mais elevadas, são herdados de período de intemperismo mais úmido, além do caráter latossólico e caulínico dos perfis mais elevados dos dois transectos estudados, Cabo Frio-Búzios e Iguaba-Arraial do Cabo, sendo corroborados pela estrutura granular, maturidade dos grãos, dados micromorfológicos, dentre outros.

2.3. Mineralogia (DRX)

A mineralogia do solo constitui-se em área básica e fundamental para o entendimento e desenvolvimento da Ciência do Solo, que auxilia na identificação de compostos cristalinos no solo (SAMPAIO, 2006). A identificação dos compostos cristalinos permite analisar o grau de evolução do solo.

A difratometria de raios-X é uma ferramenta muito importante para estudo de minerais do solo, particularmente aqueles na fração argila. Para a identificação de compostos cristalinos a difratometria é considerada a principal técnica, principalmente quando há mais de uma fase cristalina, situação comum nos solos (RESENDE et al., 2011).

Campos et al. (2011) utilizaram a mineralogia com o intuito de averiguar o grau evolutivo dos solos, associando às superfícies para determinar sua evolução. Por estudarem solos mais evoluídos dentro de uma topossequência a presença de gibbsita foi marcante na fração argila, sendo para a areia o mesmo mineral foi dominante nos Latossolos de topo, estes considerados os mais evoluídos dentre os demais. A mica foi presente nos solos dentro da topossequência, exceto para o Latossolo localizado no topo mais elevado, evidenciando o seu maior caráter evolutivo.

O uso da mineralogia também foi um dos parâmetros para avaliar o estágio de intemperismo dos solos na paisagem para Dantas et al. (2014). Os autores constataram o predomínio de caulinita em todos os horizontes dos três perfis de Argissolos analisados localizados no leste maranhense, demonstrando avançado processo de intemperismo.

Pesquisas da área de estudo destacaram presença de caulinita em Latossolos, além de goethita, hematita e gibbsita. Nunes et al. (2001), com o uso da difratometria de raios-X, relataram predomínio de caulinita nos Latossolos estudados, também destacando que as condições de relevo mais movimentado na região de Viçosa favorecem o rejuvenescimento relativo de alguns solos, contribuindo para a estabilidade da caulinita em relação à gibbsita.

Lima (2015), no estudo realizado entre a Zona da Mata mineira e o litoral norte do Estado do Rio de Janeiro, destacou a relação entre solos muito e pouco intemperizados. O autor relatou que solos muito intemperizados apresentam mineralogia composta por argilominerais e por minerais primários residuais, com destaque ao quartzo. Já solos pouco intemperizados apresentam predominantemente em sua composição, argilominerais neoformados e minerais em processo de alteração química para argilominerais, o que demonstra seu menor grau de evolução.

Ainda sobre pesquisas na área de estudo, Cherem (2012), ao avaliar a dinâmica das bordas interplanálticas em degraus morfológicos, que inclui a Serra de São Geraldo, constata que os solos apresentam caulinita e gibbsita como mineiras predominantes, seguidos da hematita, goethita e, em alguns casos, ilita e clorita.

2.4. Análises Químicas e Físicas

Outro método para avaliar o grau de desenvolvimento e evolução dos solos é o ataque sulfúrico, utilizando o método proposto por Barreto et al. (1997). O método visa determinar as relações moleculares Ki, onde valores menores significam solos mais intemperizados, além do Kr.

Campos et al. (2007), no estudo que retrata as relações solo-paisagem em uma litossequência de transição arenito-basalto em Pereira Barreto-SP, utilizaram como um dos instrumentos, para investigar o grau de evolução dos solos das superfícies geomórficas delimitadas, o ataque sulfúrico. Os autores encontraram maiores valores de Ki na superfície geomórfica III, localizada na parte inferior da litossequência, certificando a tendência de que nas superfícies menos evoluídas ou jovens ocorrem solos com menor grau de evolução.

Resultados semelhantes aos autores citados anteriormente foram encontrados por Campos et al. (2011), que encontraram valores de Ki baixos para todos os perfis de Latossolos e Argissolos, solos bastantes intemperizados, destacando um ligeiro aumento nos valores de Ki nos solos estudados na encosta e no sopé de transporte da topossequência, indicando menor grau de intemperismo. Pavelhão et al. (2016) também utilizaram as relações moleculares Ki e Kr em seus estudos, revelando que a evolução pedogenética dos solos estudados é crescente no sentido jusante a montante, em que o perfil da sequência considerado mais evoluído apresenta valores de Ki e Kr inferiores em relação aos demais, estando de acordo com o maior grau intempérico.

Além do método pelo ataque sulfúrico, as análises físicas são fundamentais para avaliar as características dos solos, bem como correlacioná-las com o processo evolutivo dos solos. Um dos parâmetros presentes nas análises físicas que auxiliam na determinação e discussão da cronologia relativa dos solos de superfícies geomórficas são textura, quando os solos foram formados sobre o mesmo material de origem, e a relação silte/argila. A primeira permite identificar o grau evolutivo dos solos, sendo que os mais evoluídos apresentam teores de argila mais elevados, portanto solos mais argilosos, já para relação silte/argila se dá pela observação dos valores elevados para solos mais jovens.

Na pesquisa de Campos et al. (2007), a relação silte/argila apresentou tendência coincidente com a idade relativa das superfícies geomórficas, com valores crescentes no sentido da superfície geomórfica menos evoluída. Campos et al. (2011) analisaram os resultados dos atributos físicos, em que a relação silte/argila apresentou valores entre 0,10 e 0,40, correspondentes com Camargo et al. (1987), citados pelos autores, que afirmaram, naquela ocasião, que valores da relação silte/argila inferiores a 0,50 indicam solos muito intemperizados. Tais resultados explicitaram a tendência de superfícies mais elevadas serem mais evoluídas.

As análises químicas também apresentam informações que auxiliam na abordagem a respeito da evolução dos solos, destacando o ΔpH e a condutividade elétrica em água. Em relação ao ΔpH , Campos et al. (2011) observam maiores valores no solo do sopé de transporte da área de estudo, correspondendo ao segmento da topossequência menos evoluído. A condutividade elétrica corresponde à capacidade que um material possui em conduzir corrente elétrica e, com a variedade na composição físico-química, os solos apresentam diferentes níveis de condutividade elétrica (MOLIN & RABELLO, 2005). Solos mais evoluídos, com mais tempo em exposição na paisagem e propícios aos efeitos da lixiviação, tendem a perder sais no meio pela percolação da água, apresentando valores inferiores de condutividade, já que sua capacidade de conduzir corrente elétrica é prejudicada com a redução de elementos condutores. Ao contrário, solos menos evoluídos tendem a apresentar valores superiores para condutividade elétrica no solo, devido à menor perda dos elementos condutores. Desta forma, solos mais evoluídos tendem a apresentar valores de condutividade elétrica em água inferiores, por conter menos elementos condutores, como íons, pela perda por lixiviação e intemperismo.

2.5. Compartimentação da paisagem e Superfícies Geomórficas

A compartimentação da paisagem torna-se interessante na análise da idade das superfícies compartimentadas com base na relação solo-paisagem. Uma das formas de compartimentação da paisagem é a divisão em superfícies geomórficas, considerando, principalmente, o relevo como instrumento divisor.

Daniels et al. (1971, apud VIDAL-TORRADO et al., 2005), que apresentaram as superfícies geomórficas e suas aplicações na Pedologia, relataram que uma superfície geomórfica é definida no espaço e no tempo, com limites geográficos e constituída por um ou mais agentes. Marques Júnior & Lepsch (2000) utilizaram os conceitos e observações de superfície geomórfica como indicador da idade dos solos, assim como os atributos dos solos para fornecer informações sobre as superfícies.

A compartimentação fornece uma visão integrada do meio físico, considerando as variáveis responsáveis pela estruturação da paisagem (CARVALHO et al., 2003). A mesma observação anterior foi relatada por Meireles et al. (2012), que citam a importância da compartimentação das superfícies geomórficas para melhor entendimento do modelo da paisagem e da distribuição dos solos. Estes mesmos autores citam Anjos et al. (1998), que relataram que as superfícies geomórficas definem as taxas de intemperismo e o grau de desenvolvimento do solo, importantes observações em relação à evolução dos solos e, conseqüentemente, conhecimento sobre a idade relativa das superfícies, além do comportamento dos fluxos de água.

Casseti (1981), em seu trabalho que retrata a estrutura e o processo da compartimentação da paisagem na Serra Negra-MG, propõe a compartimentação visando à organização de um esboço geomorfológico, além de estabelecer uma síntese da compartimentação e seus reflexos na ocupação do solo.

Vidal-Torrado et al. (2005) observaram que é possível identificar e datar as superfícies utilizando critérios geomórficos e estratigráficos, para correlacioná-las depois com os atributos do solo, que podem ser utilizados como indicativos de graus de intemperismo. Vidal-Torrado et al. (2005) citam os trabalhos de Ruhe (1956, 1977) e Lepsch et al. (1977) considerando as suas conclusões, de que os atributos representando o grau de intemperismo dos solos estavam bem correlacionados com a idade relativa das superfícies.

Segundo Teramoto et al. (2001), a relação entre solos e superfícies geomórficas é representada pela tendência de que quanto mais velha e estável é a superfície, mais homogênea ela deve ser

em relação aos solos que nela ocorrem, sugerindo que a complexidade e variabilidade de solos são inversamente proporcionais à idade da superfície. As superfícies geomorficamente mais estáveis oferecem condições para um maior desenvolvimento e estabilidade dos solos.

A respeito dos princípios metodológicos acerca dos estudos da evolução de superfícies, Daniels (1971, apud VIDAL-TORRADO et al., 2005. p. 168) explica que:

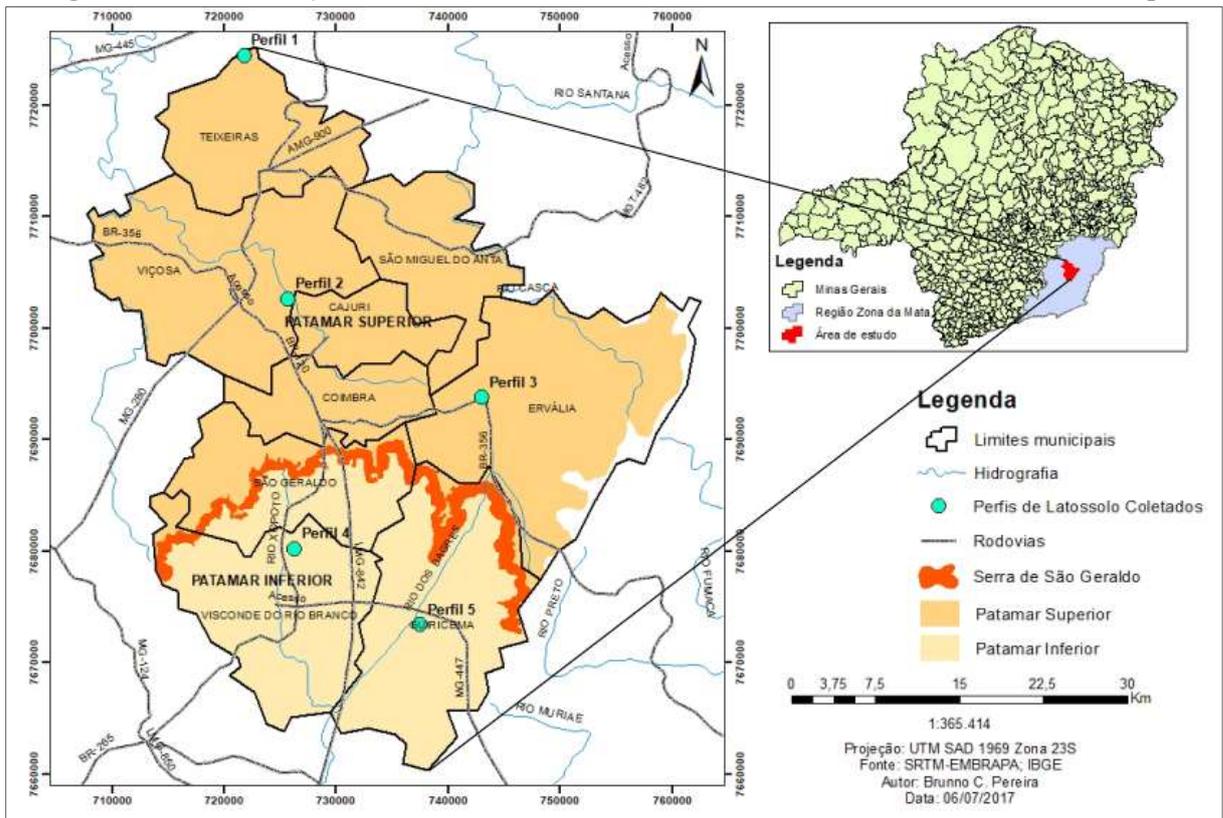
“a) Uma superfície é mais jovem que qualquer outra superfície ou material que secciona. b) É mais velha ou, pelo menos, contemporânea aos depósitos de fundo de vale inferior e próximo. c) É mais jovem que as superfícies adjacentes situadas em posição superior e, conseqüentemente, mais velha que as posicionadas inferiormente. d) É mais velha ou pelo menos contemporânea aos depósitos existentes sobre ela. e) É mais jovem que qualquer estrutura que ela seccionar”.

Os estudos que buscam na relação solo-paisagem, a compreensão do desenvolvimento e estágio evolutivo das superfícies que compõem a paisagem são de fundamental importância para estabelecer análises sobre o comportamento dos solos, bem como das superfícies a serem observadas. O conhecimento acerca das superfícies permite melhor aplicação das atividades que por ventura possam ser executadas na paisagem.

3. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

Localizada na mesorregião da Zona da Mata mineira (Figura 01), a área de estudo, de aproximadamente 1.722,69 km², situa-se em dois patamares de altimetria diferentes, divididos pela Serra de São Geraldo, com formação de origem litológica do gnaiss.

Figura 01 – Localização da Área de Estudo e dos Perfis Estudados Coletados em Campo



Fonte: SRTM-EMBRAPA; IBGE. Elaborado pelo autor.

Em cada patamar, encontram-se os perfis de Latossolos de topo para análises acerca da cronologia relativa das superfícies a partir da relação solo-paisagem. Os perfis de Latossolos localizam-se nos municípios de Teixeira (735 metros de altitude), Viçosa (716 metros de altitude) e Ervália (832 metros de altitude), no patamar superior; Visconde do Rio Branco (432 metros de altitude) e Guiricema (400 metros de altitude), no patamar inferior, no Estado de Minas Gerais.

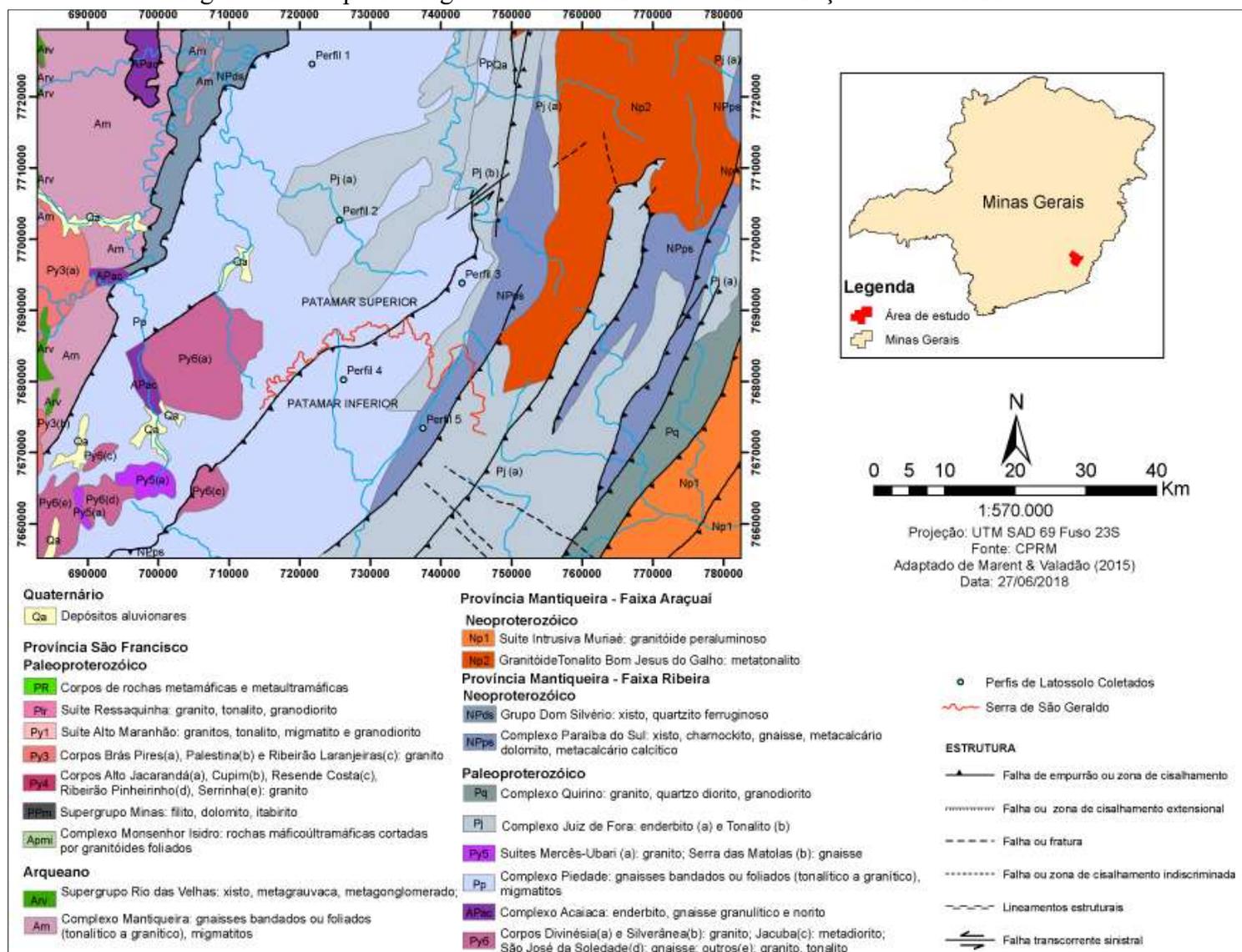
A Serra de São Geraldo corresponde a uma escarpa com desnível de altitude média de 450 metros, com parte frontal voltada para a bacia do Rio Paraíba do Sul. A crista da serra é paralela

ao interflúvio que divide as bacias dos rios Doce e Paraíba do Sul, ao longo de toda sua extensão (CHEREM, 2012).

3.1. Arcabouço Geológico

Grande parte da área de estudo está sobre a Província Mantiqueira (Figura 02), compreendendo o Complexo Piedade (gnaisses bandados ou foliados e migmatitos), além do Complexo Juiz de Fora (enderbitos e tonalitos), ambos datados do Paleoproterozóico. Há também gnaisses do Neoproterozóico do Complexo Paraíba do Sul, além dos materiais de xisto, charnockito, metacalcário dolomito e calcítico, mas com predomínio dos materiais gnáissicos.

Figura 02 – Mapa Geológico da Área de Estudo e a Localização dos Solos Estudados



Fonte: CPRM. Adaptado pelo autor.

A Província Mantiqueira apresenta registro de um complexo e longo processo evolutivo do Neoproterozóico na América do Sul (900-520 Ma), preservando remanescentes de unidades paleotectônicas arqueanas, mesoproterozóicas e paleoproterozóicas. Estas últimas apresentam evidências de uma complexa evolução diacrônica, que ocorre no passar do tempo durante o processo evolutivo, compreendendo os Complexos Piedade e Paraíba do Sul (DELGADO et al., 2003).

Os perfis de Latossolos analisados estão sobre o gnaíse, portanto, mesmo material de origem, concentrando-se numa análise mais voltada às características dos solos e aos processos pedogenéticos e geomorfológicos.

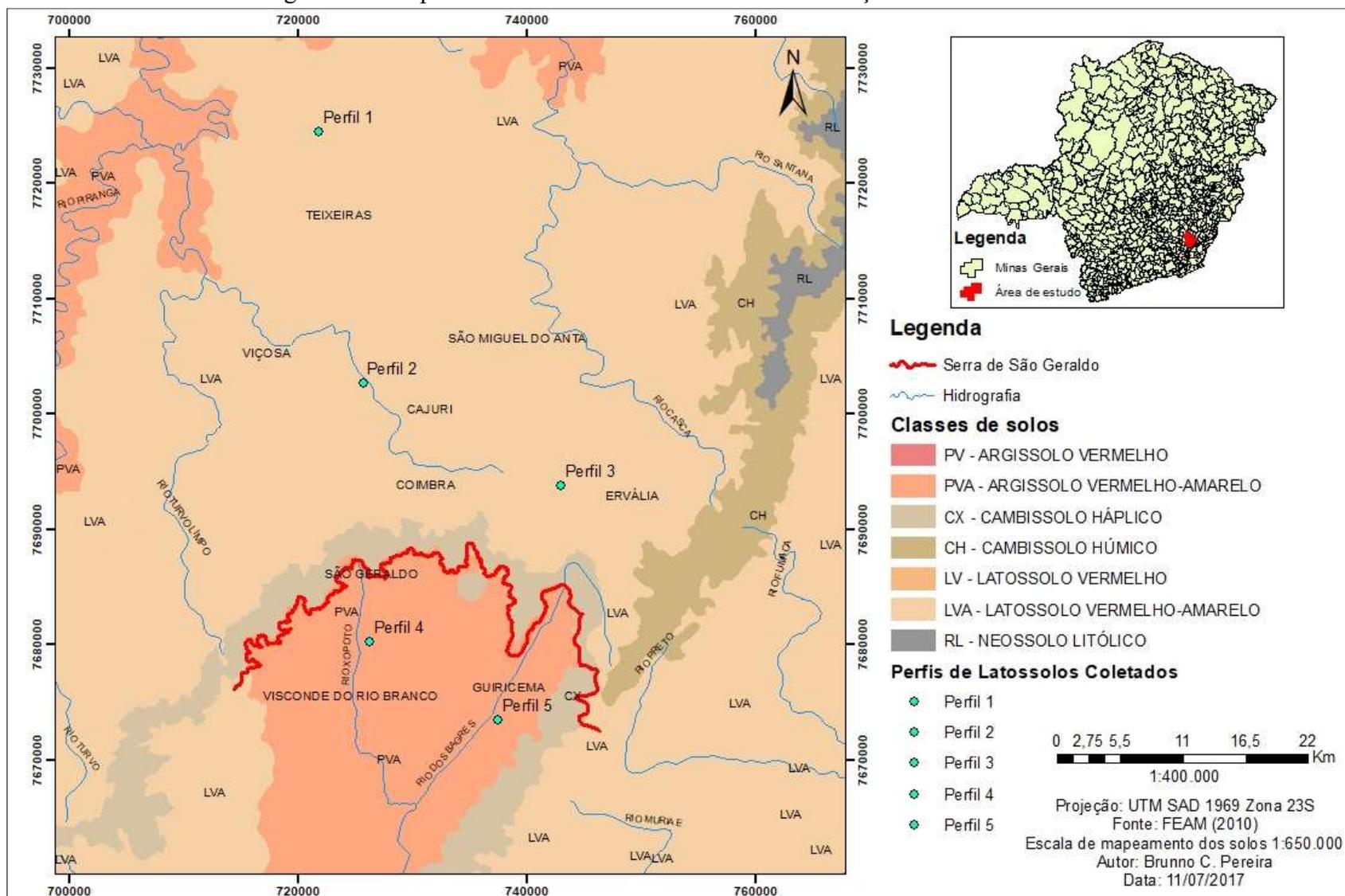
A geologia possui um papel fundamental na gênese e no comportamento das escarpas. Estas últimas têm sua origem fundada em três situações: processos erosivos com diferente intensidade ao longo de um interflúvio, denominados de geomórficos; gênese por falha, originários a partir de rifteamento; ou por contato lítico (CHEREM, 2012). No caso da área de estudo não há contato lítico que justifique a mudança de declividade e a origem da Serra de São Geraldo e, segundo Cherem (2012), nos mapas geológicos consultados não há registro de falhas coincidentes à escarpa, o que poderia sugerir que a origem e o comportamento da escarpa são correspondentes aos processos geomórficos.

3.2. Pedologia e Aspectos Geomorfológicos

Segundo o Mapa de Solos de Minas Gerais (UFV et al., 2010), a área de estudo apresenta como unidades de mapeamento dominantes associação de classes de solos com predomínio dos Argissolos Vermelhos e Vermelho-Amarelos; Cambissolos Háplicos e Húmicos; Neossolos Litólicos; e dos Latossolos Amarelos, Vermelhos e Vermelho-Amarelos (Figura 03).

Os Cambissolos e Neossolos se concentram nas porções de maior declividade. Nos locais em que o relevo é mais plano ou a declividade é reduzida predominam os Latossolos e Argissolos (Figura 03).

Figura 03 – Mapa de Solos da Área de Estudo e a Localização dos Solos Coletados



Fonte: FEAM. Adaptado pelo autor.

A maior porção declivosa na região da área de estudo situa-se na Serra de São Geraldo (Figura 04) e parte nordeste da área de estudo, local de influência da Serra do Brigadeiro. Esta declividade se encontra acima de 62% (relevo montanhoso) e compreende os solos mais rejuvenescidos. Em toda área predomina a declividade de até 30% (relevo forte-ondulado), aproximadamente, onde concentram-se os Latossolos e Argissolos, locais escolhidos para as análises dos perfis de Latossolos. Em alguns pontos a declividade atinge valores acima de 40%, compreendendo em um relevo de forte-ondulado a montanhoso.

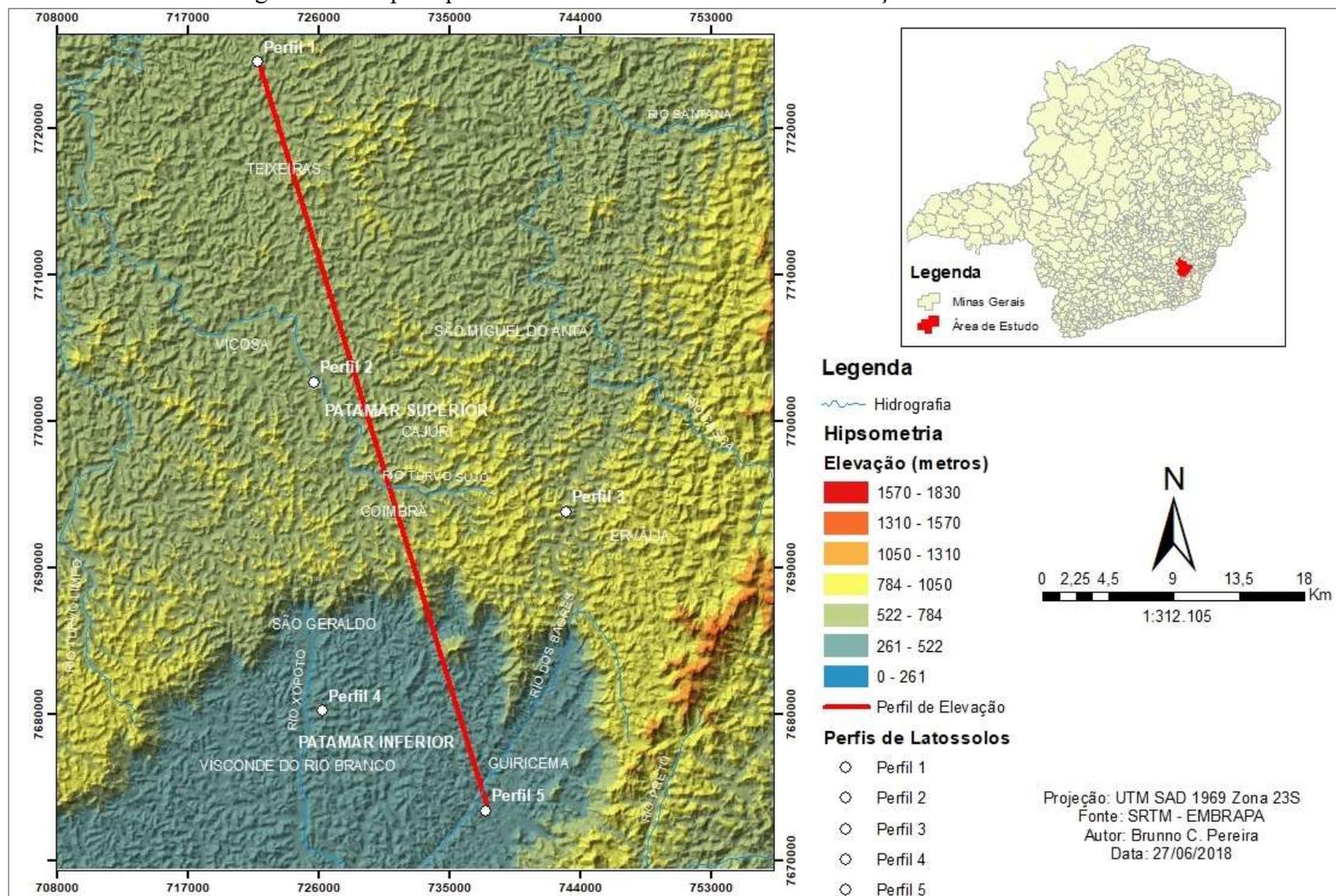
Para entender a dinâmica geomorfológica da Serra de São Geraldo, Cherem (2012) aplicou análises nas bacias inseridas no escarpamento, sendo estas análises de denudação química e denudação total, morfológicas das capturas fluviais e do manto de alteração.

As taxas de denudação química da frente da escarpa estão diretamente relacionadas à declividade média e ao relevo das bacias que têm como limite a Serra de São Geraldo. A análise da denudação total demonstra a mesma relação direta entre as taxas de denudação e as características morfológicas das bacias analisadas. A análise das capturas fluviais demonstra que o processo de denudação está em franca atividade no sudeste de Minas, iniciando com a incisão da rede de drenagem e terminando com o rebaixamento total da paisagem, ocasionando o recuo da frente da escarpa para o novo interflúvio regional criado após a captura.

Em relação às análises para o manto de alteração, os resultados revelam diferentes graus de evolução dos mantos nos planaltos estudados, sendo o planalto superior o mais evoluído e velho. Os resultados coletados na pesquisa indicam que as escarpas têm recuado e os planaltos perdem ou ganham área no processo.

Por conta da quebra do relevo a partir da Serra de São Geraldo, ocorrem duas unidades geomórficas na área de estudo, denominadas patamares superior e inferior. Este último varia entre 260 a 520 metros, aproximadamente, enquanto o primeiro apresenta maior variabilidade em termos de elevação, e compreende uma alternância entre 520 e 780 metros de elevação em relação ao nível do mar. Ainda no patamar superior, há locais em que atingem cotas acima de 780 metros de elevação (Figura 05).

Figura 05 – Mapa Hipsométrico da Área de Estudo e a Localização dos Solos Estudados



Fonte: SRTM-EMBRAPA. Elaborado pelo autor.

A figura 06 representa o perfil topográfico a partir de uma linha traçada do primeiro ao último perfil de Latossolos na área de estudo sobre o mapa hipsométrico. É possível observar a variação de altitude principalmente ao ultrapassar a Serra de São Geraldo, do primeiro perfil ao quinto, demonstrando a disparidade existente entre os dois patamares, apresentando, em algumas posições, uma diferença de 450 metros de altitude.

Figura 06 – Perfil de Elevação entre os dois Patamares Estudados

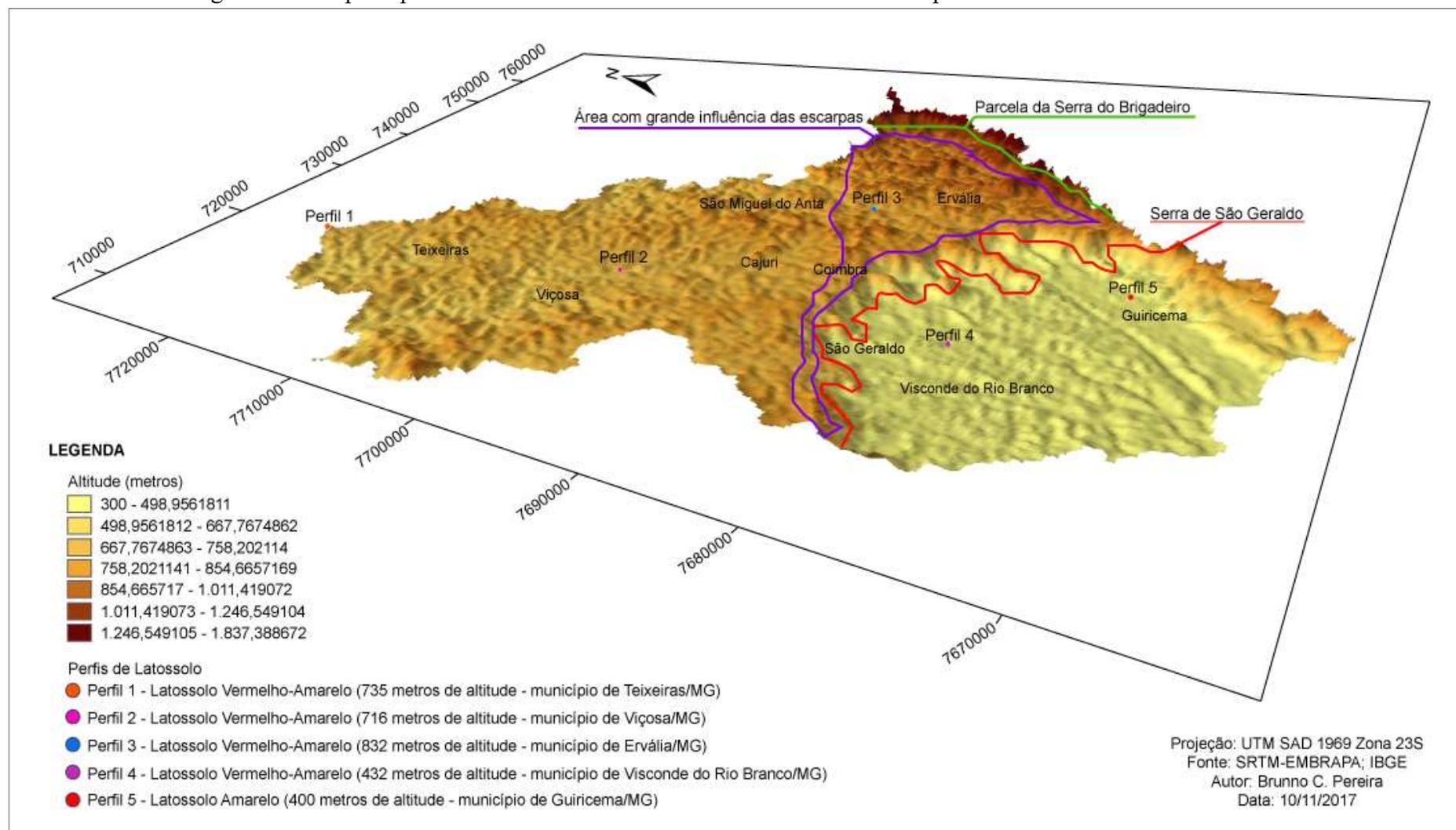


Fonte: Elaborado pelo autor.

A Figura 07 representa um mapa hipsométrico em três dimensões da área de estudo com os perfis de Latossolos. É possível observar a diferença entre os dois patamares em função das cotas altimétricas, apresentando uma divisão nítida das duas superfícies, observada pelo tom amarelado para as cotas mais baixas no patamar inferior e, após a Serra de São Geraldo, divisor entre os patamares, as cotas altimétricas atingem valores acima de 600 metros.

Comparando-se com o mapa hipsométrico em 2D, a variação altimétrica é bem representada no mapa em 3D, ressaltando o relevo movimentado próximo às escarpas, além da nitidez em relação à divisão entre os dois patamares.

Figura 07 – Mapa Hipsométrico em 3D da Área de Estudo com os Municípios e os Perfis de Solos Coletados



Fonte: SRTM-EMBRAPA; IBGE. Elaborado pelo autor.

Dentre os cinco perfis analisados o terceiro é o mais elevado, posicionado a 832 metros de altitude, justificado pela aproximação da escarpa da Serra de São Geraldo e do relevo com grandes variações altimétricas ao aproximar da Serra do Brigadeiro, seguido do perfil 1 e 2, 735 e 716 metros de altitude, respectivamente. Na proximidade do perfil 3, as áreas, em sua maioria, pertencem as cotas altimétricas acima dos 800 metros, com grande influência das escarpas.

Os perfis 4 e 5, localizados no patamar inferior, estão posicionados em um relevo com suaves variações na altitude, mais homogêneo, sem grandes influências da Serra de São Geraldo por estarem mais afastados da escarpa, apresentando cotas altimétricas que não ultrapassam 500 metros.

3.3.Aspectos Climáticos

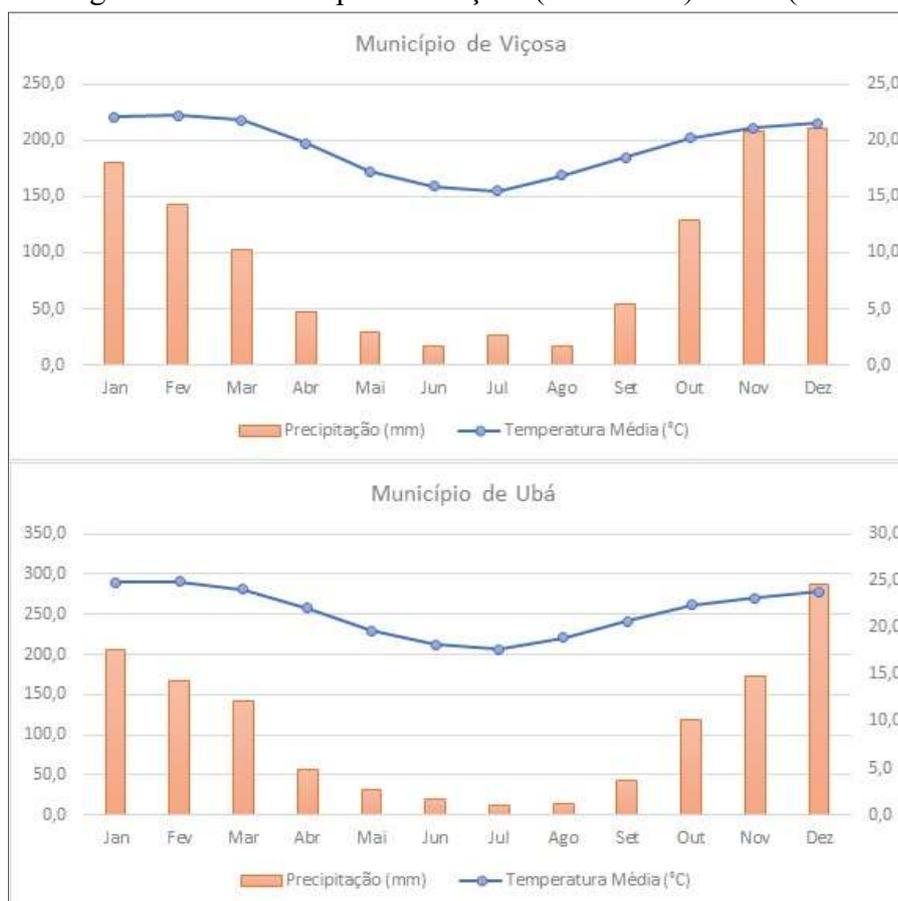
Para classificar o clima da área de estudo buscou-se informações de precipitação e temperatura média dos principais municípios da região que possuem dados coletados em estações meteorológicas, que integram os dois patamares, sendo o município de Viçosa, no superior, e Ubá, no inferior.

Mesmo estando em altimetrias diferentes, os municípios em questão possuem valores aproximados para classificação climática, sem disparidades. Para classificação foram utilizados dados obtidos do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), sendo que para o município de Viçosa as informações datam entre 1961 a 1990, e para Ubá entre 1931 a 1961, não contendo informações para o mesmo período que o município de Viçosa.

Segundo a classificação climática de Köppen, o clima da região de Viçosa e Ubá pode ser classificado como Cwa (Figura 08). Esta classificação corresponde ao verão quente e chuvas concentradas (novembro e fevereiro para os dois municípios), com temperatura média entre -3 °C e 18 °C no mês mais frio (junho para Viçosa e julho em Ubá) e verão quente, em que o mês mais quente tem temperatura média maior do que 22 °C (dezembro em ambos os municípios) (AYOADE, 2010).

A temperatura média do município de Viçosa varia entre 15,5 e 22,2 °C durante o ano e em Ubá entre 17,7 e 24,9 °C, e nos meses de maior precipitação apresenta médias mensais acima de 180 mm e nos meses mais secos não passam dos 30mm (Figura 08). A média anual do volume precipitado é de 1165,4 mm em Viçosa e 1272,6 mm em Ubá (INMET, 1961-1990/1931-1961).

Figura 08 – Climogramas dos Municípios de Viçosa (1961-1990) e Ubá (1931-1961)



Fonte: INMET (1961-1990/1931-1961).

O regime transicional para a região dos municípios classificados se inclina mais para o clima tropical, com duas estações muito bem marcadas, uma seca e uma chuvosa. Além disso, a região apresenta uma grande variabilidade térmica ao longo do ano.

3.4. Vegetação

A vegetação presente na região se insere no domínio da Mata Atlântica Brasileira, segundo maior bioma do Estado de Minas Gerais, recebendo a denominação de Floresta Estacional Semidecidual ou Floresta Tropical Subcaducifolia, categorizada pelo déficit hídrico no solo de 3 a 5 meses. O conceito ecológico deste tipo vegetacional é devido à ocorrência de clima estacional que determina a semideciduidade da folhagem da vegetação (IBGE, 2012). Segundo a classificação do IBGE (2012), a Floresta Estacional Semidecidual ocupa a maior área coberta por Mata Atlântica no Estado de Minas Gerais.

4. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A elaboração deste trabalho compreendeu cinco etapas. A primeira baseou-se na leitura bibliográfica sobre as temáticas abordadas, as características físicas da área de estudo, além de outros materiais de pesquisas a respeito dos temas analisados neste trabalho; a segunda dedicou-se à elaboração de mapas de localização, declividade, hipsometria, geologia e solos, além de um perfil de elevação e mapa hipsométrico em três dimensões, visando auxiliar no campo de reconhecimento, este também parte desta etapa; a terceira incluiu a coleta das amostras em campo, entrada destas no laboratório e preparação para as análises; a quarta etapa foi associada às análises laboratoriais; e a quinta refere-se à discussão dos resultados obtidos.

4.1. Revisão bibliográfica

O referencial teórico baseou-se nas principais temáticas que abordam a relação solo-paisagem, definições destes isoladamente, compartimentações da paisagem em unidades geomórficas, metodologias selecionadas para a execução das análises e a respeito da cronologia relativa da paisagem a partir das características dos solos.

4.2. Elaboração dos materiais gráficos e campo de reconhecimento

Foram elaborados mapas com o intuito de auxiliar no conhecimento da área de estudo, destacando os mapas de localização, solos, declividade, hipsometria e geologia. Os mapas supracitados foram executados no software *ArcGis* 10.1 (ESRI, 2013), com bases de dados prévias da área de estudo adquiridas em pesquisas realizadas na área, como de Marent & Valadão (2015) e em órgãos de distribuição de dados cartográficos, como o IBGE e CPRM. O perfil topográfico foi gerado, primeiramente, no software *ArcGis* 10.1 (ESRI, 2013), com o recurso de geração do modelo de elevação, e trabalhado graficamente no software *Illustrator* (ADOBE, 2015), com vetorização, suavização dos traços do perfil e cor, além de atribuição de texto para apresentar os patamares, a Serra de São Geraldo e os perfis estudados.

Em todos os mapas estão destacados os locais de coleta dos solos estudados, para avaliar visualmente e espacialmente a distribuição dos mesmos em diferentes contextos. No modelo digital de elevação ou hipsométrico foi traçada uma linha e, posteriormente, elaborou-se um perfil topográfico para entender a descontinuidade topográfica da área de estudo. Além do perfil

topográfico, construiu-se um mapa hipsométrico 3D da área de estudo e os pontos de coleta dos Latossolos de topo.

Uma viagem de reconhecimento foi realizada nos dias 28 e 29 de junho de 2017, ao longo da área de estudo. No primeiro dia, observou-se três perfis para levantamento de dados, sendo dois no patamar superior e um no inferior, tomando pontos no *GPS (Global Positioning System)* para o posicionamento destes nos materiais gráficos. Já no segundo dia percorreu-se outros locais, tanto no patamar inferior quanto superior, escolhendo mais dois perfis para análise.

4.3. Campo de coleta das amostras

A viagem de campo para coleta das amostras dos perfis dos solos estudados foi realizada nos dias 19, 20 e 21 de outubro de 2017, percorrendo os dois patamares. No primeiro dia selecionou-se os perfis a serem trabalhados, dois no patamar superior (municípios de Teixeiras e Viçosa), um na influência da escarpa de São Geraldo (Ervália) e mais dois no inferior (Visconde do Rio Branco e Guiricema). Para a escolha dos solos considerou-se os de topo em cada posição, Latossolos *in situ*, ou seja, formados pelo material de origem que abrange toda a extensão da área de estudo, no mesmo local e sem ganhos de material provenientes de outras posições, que podem interferir em sua pedogênese.

O segundo dia de campo, 20 de outubro de 2017, foi dedicado aos trabalhos de coleta nos perfis dos solos selecionados. Para cada perfil realizou-se descrições, segundo Santos et al. (2005), com o auxílio de uma ficha de descrição de solos (ANEXO I) e coleta de amostras deformadas para análise granulométrica, pH, densidade de partículas, condutividade elétrica em água (DONAGEMA et al., 2011 e ALMEIDA et al., 2012), ataque sulfúrico (BARRETO et al., 1997 e CAMARGO et al., 2009) e mineralogia (BARRETO et al., 1997 e RESENDE, 2011), todas do horizonte diagnóstico Bw, além de uma amostra indeformada de cada um dos perfis, na mesma posição, para micromorfologia (DONAGEMA et al., 2011).

O terceiro dia dedicou-se ao retorno com as amostras coletadas, sendo armazenadas adequadamente no Instituto de Geociências da Universidade Federal de Minas Gerais (IGC-UFMG).

Para a micromorfologia coletou-se amostras indeformadas (Figura 09), com a finalidade de preservar a estrutura e organização dos agregados, em caixinhas de papel cartão retangulares (dimensões de 10 centímetros de comprimento, 08 centímetros de largura e 04 centímetros de

altura), para posteriormente serem impregnadas com resina juntamente com as amostras. Com a impregnação e produção das lâminas é possível observar os constituintes sólidos, identificando por suas propriedades ópticas (CASTRO et al., 2003). Assim como para as amostras deformadas, as indeformadas foram retiradas do horizonte diagnóstico Bw.

Figura 09 – Monolito da amostra indeformada para posterior acomodação em caixetas de papelão, impregnação e análise de micromorfologia



Fonte: Arquivo pessoal.

4.4. Laboratório

As análises em laboratório iniciaram-se no dia 01 de novembro de 2017, no Laboratório de Geomorfologia do IGC-UFMG, com as análises de pH, condutividade elétrica em água, densidade de partícula e granulometria. A análise de ataque sulfúrico realizou-se no laboratório do Departamento de Solos da Universidade Federal de Viçosa (UFV).

Todas as amostras deformadas foram deixadas para secar durante uma semana em local arejado, sendo, em seguida, destorroadas e peneiradas (peneira com malha de 2 milímetros) para obtenção da TFSA, utilizada nas análises laboratoriais. Já as amostras indeformadas foram devidamente identificadas e embaladas.

4.4.1. Primeira etapa

A primeira etapa destinou-se às análises de pH, condutividade elétrica em água e densidade de partícula.

As aferições de pH foram realizadas utilizando o método da Embrapa (DONAGEMA et al., 2011). Determinou-se o pH em água e em solução de KCl 1 mol. L⁻¹ com medição pelo método potenciométrico em suspensão solo:solução igual a 1:2,5.

A condutividade elétrica (CE) do solo pode associar-se a vários fatores, como os teores de água e de argila do mesmo, podendo ser utilizada para quantificar os sais presentes nos solos (NADLER & FRENKEL, 1980). A partir da adaptação do método da Embrapa (DONAGEMA et al., 2011), em 100 gramas de TFSA foram adicionados 100 ml de água deionizada. Em seguida, filtrou-se com papel quantitativo de 185 mm de diâmetro, medindo em seguida no condutivímetro.

Amostras de 20 gramas de solo seco à 105°C são adicionadas a um balão volumétrico de 50 ml, que posteriormente é preenchido com álcool. A densidade de partículas é dada pela divisão entre a massa de solo (20 gramas) e o volume de álcool gasto para preencher o balão volumétrico.

4.4.2. Segunda etapa

A segunda etapa destinou-se às análises granulométricas e argila dispersa em água. Nesta etapa são realizados dois processos, um para granulometria com adição de dispersante e outro para argila dispersa em água (ADA). Utiliza-se, pelo método da pipeta, 20 gramas de TFSA com adição de 25 ml de solução de hidróxido de sódio (NaOH) 1 mol L⁻¹ com 100 ml de água deionizada, e para ADA retira-se o dispersante. As amostras são agitadas no aparelho Tipo Wagner a 50 rotações por minuto durante 16 horas.

A separação das frações granulométricas inicia-se com separação da areia por peneiramento em malha de 0,053 mm, a fração silte+argila é retirada da proveta pelo método da pipeta, após agitação magnética, em um volume de 50 ml e a fração argila é pipetada após o processo de sedimentação do silte, coletando o volume de 50 ml (DONAGEMA et al., 2011 e ALMEIDA et al., 2012). A fração areia é subdividida em grossa e fina por peneiramento a 0,212 mm.

Na determinação da ADA pipeta-se a argila após o processo de peneiramento da areia e decantação do silte. Com os resultados da argila total e da ADA, calcula-se o grau de floculação (GF: $100 \times (\text{argila total} - \text{argila dispersa em água}) / \text{argila total}$), que indica o percentual da capacidade dos particulados de argila em se agregar naturalmente (DONAGEMA et al., 2011 e ALMEIDA et al., 2012).

4.4.3. Terceira etapa

Para a terceira etapa realizou-se análises de ataque sulfúrico (CAMARGO et al., 2009) no laboratório do Departamento de Solos da UFV e mineralogia (BARRETO et al., 1997 e RESENDE, 2011), esta última no laboratório do Centro de Pesquisa Professor Manoel Teixeira Costa (CPMTC).

Para o ataque sulfúrico, prepara-se uma solução de ácido sulfúrico 1:1 e outra de hidróxido de sódio (NaOH) 30%. Em um erlenmeyer de 250 ml acrescenta-se 1,00 grama de TFSA, adicionando 20 ml da solução de ácido sulfúrico 1:1 na capela, evitando a evaporação com o uso de condensador de refluxo. Após o conteúdo ferver por 30 minutos e esfriar, adiciona-se 50 ml de água e filtra-se no papel filtro (nº 40, faixa branca) para um balão volumétrico de 250 ml, obtendo o EXTRATO A.

Para coletar o EXTRATO B utiliza-se o resíduo contido no papel filtro com 2 ml de solução de NaOH 30% no Erlenmeyer e 100 ml de água destilada, fervendo por 2 minutos com sistema de condensação. Após esse processo, esfria-se o conteúdo e o adiciona no balão volumétrico de 500 ml, pipetando 5 ml de HCl concentrado e completa-se o volume com água destilada. Mensura-se os teores de ferro, alumínio, titânio, manganês e fósforo com o EXTRATO A e sílica com o EXTRATO B.

As análises da mineralogia foram executadas para as frações areia e argila. O método de análise utilizada foi a difratometria de raios-X pelo método do pó, empregando-se um difratômetro modelo X'Pert-PRO, operando a uma tensão de 40 kv, com corrente de 45 mA.

Esta técnica é utilizada principalmente para identificação de fases cristalinas qualitativa e quantitativa, com o percentual de cada mineral composto nas amostras de solos, seguido com o difratograma gerado nas análises. Estes levantamentos são de fundamental importância para conhecer a composição mineralógica dos horizontes diagnósticos dos perfis analisados.

A identificação foi obtida pelo método Rietveld, baseando-se na simulação de um espectro digital de difração de raio-X, a partir dos dados cristaloquímicos da totalidade das fases cristalinas presentes nas amostras.

4.4.4. Quarta etapa

A quarta etapa destinou-se às análises de micromorfologia (DONAGEMA et al., 2011). As amostras indeformadas foram embaladas após secagem, devidamente sinalizadas e envolvidas por película de PVC transparente para armazenamento e transporte.

As amostras passaram por impregnação, seguindo o método de Castro (2008) e Filizola & Gomes (2006), com resina de poliéster pré-acelerada não expansível para endurecimento, para que o material friável ficasse suficientemente endurecido para, posteriormente, realizar a laminação, confeccionando lâminas delgadas para serem analisadas em microscópio ótico polarizante.

As análises e interpretações das lâminas no microscópio obedeceram a critérios hierárquicos para melhor aplicação dos conceitos atribuídos aos estudos micromorfológicos, subdivididos em atributos, unidades de organização e componentes. Os atributos são características inerentes às organizações micromorfológicas, constituídos pela observação da cristalinidade e estrutura.

Os estudos compreenderam na distribuição geral, ampliando o contexto, até às feições menores, detalhando na caracterização das lâminas e suas especificidades, utilizando o material elaborado por Castro (2008), denominado *Micromorfologia de solos: bases para descrição de lâminas delgadas*.

As unidades de organização micromorfológica contêm arranjo próprio, classificando em três tipos, como os agregados (terciários, secundários e primários ou elementares), fundo matricial (poros, esqueleto e plasma) e feição pedológica (cutãs, pedotúbulos, glébulas, cristalárias e excrementos) (CASTRO, 2008).

As análises das lâminas foram executadas com o auxílio da ficha de descrição micromorfológica (ANEXO II), permitindo melhor organização dos dados, além de orientação para observar os componentes obedecendo critérios hierárquicos.

Primeiramente, as lâminas foram analisadas em conjunto para assimilar as primeiras informações a respeito do grau evolutivo dos solos, comparando o conteúdo do fundo matricial. Desta forma foi possível levantar alguns dados prévios que indicam o grau de evolução dos solos estudados, tais como o percentual de ocorrência do plasma e do esqueleto, além do grau de arredondamento deste último, dentre outros relevantes.

Com informações prévias acerca das lâminas e com o auxílio da ficha de descrição micromorfológica foi realizada as análises para cada amostra, com o intuito de observar sequências quanto ao conteúdo da pedalidade e do fundo matricial. Selecionou-se posição na lâmina que é representativa para realizar as análises, sem descartar as demais áreas, que também entraram nas observações. As observações das lâminas foram realizadas em dois aumentos, 2,5x e 10x, conforme o objetivo da análise. Para análises com imagens amplas e escalas menores utilizou-se um aumento de 2,5x, já para nível de detalhe, buscando analisar feições e escalas maiores o aumento foi de 10x. Após avaliação de cada lâmina tirou-se fotomicrografias das áreas analisadas, para consultas posteriores e ilustração do trabalho.

Assim, foi possível estudar detalhadamente as organizações pedológicas, com destaque aos constituintes dos agregados, seu grau de preservação diante às adições ou perdas, contribuindo para deduções importantes quanto aos processos geomorfológicos e pedológicos envolvidos nas amostras.

4.5. Etapa em escritório

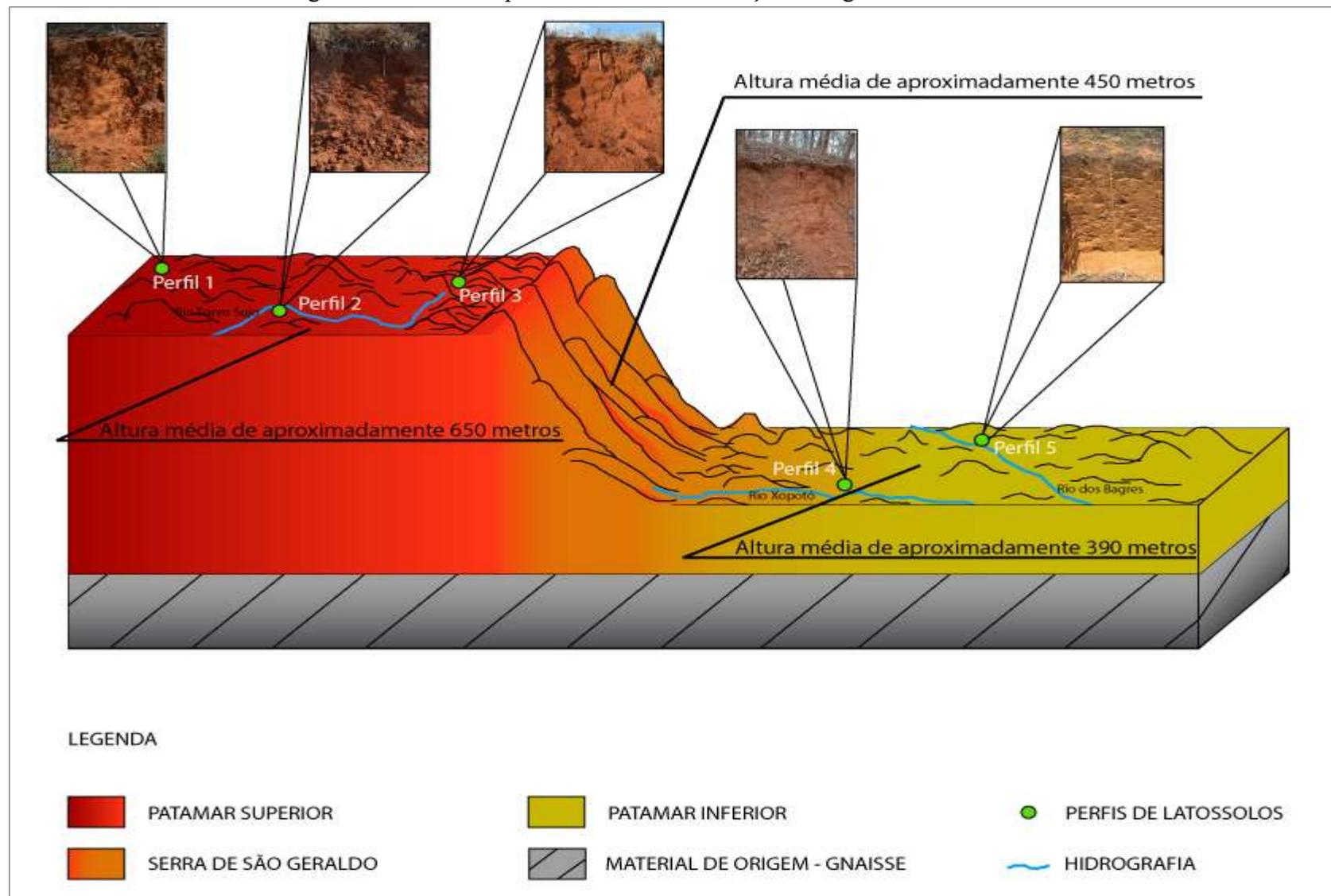
Os resultados das análises em laboratório foram organizados e discutidos tendo como base a bibliografia estudada sobre a temática abordada, procurando comparar os resultados obtidos neste trabalho com os encontrados por outros pesquisadores. As observações levantadas neste processo foram aplicadas na concepção de evolução da paisagem e cronologia relativa de superfícies a partir da relação solo-paisagem, definindo os resultados que corroboram com as hipóteses levantadas previamente à execução das atividades.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1. Caracterização Morfológica da Região da Área de Estudo

O patamar superior da área de estudo possui média de aproximadamente 650 metros de altitude, e o inferior com média de aproximadamente 390 metros. A Serra de São Geraldo, divisor dos patamares citados, apresenta média de aproximadamente 450 metros de altitude (Figura 10).

Figura 10 – Bloco esquemático da caracterização da região da área de estudo



Fonte: Elaborada pelo autor.

Os perfis 1, 2 e 3 encontram-se na posição mais elevada dentre os Latossolos estudados, 735, 716 e 832 metros de altitude, respectivamente, com potencial para maior grau evolutivo, principalmente para os perfis 1 e 2, que, além de sua posição mais elevada na paisagem, se encontram em locais mais afastados da escarpa de São Geraldo. A proximidade da escarpa poderia significar algum grau de alteração nas intensidades dos processos evolutivos, levando a um rejuvenescimento do solo, como pode ocorrer no perfil 3.

Comparando a posição dos perfis do patamar superior com a do inferior, há uma diferença de aproximadamente 300 metros de altitude entre os perfis 1 e 4, o que implicaria em diferenciações nos resultados entre as duas superfícies. O perfil 5, estando na posição mais rebaixada da paisagem dentre os Latossolos estudados, apresenta potencialidade para menor grau de intemperismo e lixiviação, principalmente comparando com os perfis do patamar superior, que segundo a hipótese deste trabalho passou por processo mais avançado de intemperismo.

A região está inserida no Domínio Morfoclimático de “Mar de Morros” Florestados em Minas Gerais, tendo o relevo representando feição de colinas em “meia-laranja”, com terraços e planícies aluviais ao longo dos cursos d’água (AB’SÁBER, 1970).

O relevo sudeste do estado de Minas Gerais corresponde a uma sequência de planaltos escalonados drenados por quatro grandes bacias hidrográficas, incluindo as bacias dos rios Doce e Paraíba do Sul, que correspondem aos patamares inferior e superior da área de estudo. Os planaltos são separados por degraus morfológicos (escarpas denudacionais), como representado na área de estudo, sendo a Serra de São Geraldo considerada um dos degraus que divide os dois planaltos que correspondem aos patamares (CHEREM, 2012).

5.2. Atributos Morfológicos

5.2.1. Descrição dos Perfis em Campo

Foram realizadas descrições de cinco perfis de Latossolos na região da área de estudo, sendo quatro Latossolos Vermelho-Amarelos localizados nos municípios de Teixeira (23K UTM 0721777, 7724521), Viçosa (23K UTM 0725663, 7702659), Ervália (23K UTM 0743011, 7693800), ambos no patamar superior, e Visconde do Rio Branco (23K UTM 0726255, 7680229) e um Latossolo Amarelo localizado em Guiricema (23K UTM 0737534, 7673434) (APÊNDICE I).

Todos os Latossolos estudados são muito profundos, homogêneos e bem estruturados, características comuns desta classe de solo. Os três perfis localizados no patamar superior apresentaram textura em campo muito argilosa, observação que se diferencia para os dois perfis no patamar inferior, em que a textura se enquadra como argilosa, tendência de solos menos evoluídos em relação aos do superior (Tabela 1).

Os perfis do patamar superior, para o horizonte Bw, apresentaram estrutura em blocos subangulares que se desfazem em forte muito pequena granular, enquanto que os horizontes Bw dos perfis do patamar inferior têm estrutura em blocos subangulares (Tabela 1). A estrutura forte muito pequena granular é típica de horizontes Bw de Latossolos mais evoluídos, constatado por Ramos (2008), que relatou a presença desta estrutura para os Latossolos considerados mais evoluídos na área de estudo, o que pode ser indicador de uma maior evolução dos solos do patamar superior em comparação com os do inferior.

Tabela 01 – Atributos morfológicos dos Latossolos estudados

Perfil	Horizonte	Profundidade cm	Cor Munsell		Textura	Estrutura ⁽¹⁾	Consistência ⁽²⁾ seco, úmido, molhado	Transição
			Úmida	Seca				
Patamar superior – Latossolo Vermelho-Amarelo / Relevo plano a suave ondulado								
1	A	0-18	5YR 4/4	5YR 5/4	argila	mod. peq. a méd. gran.	lig.dr. a dr., mfri., plás. a mplás. e peg.	gradual e plana
	Bw	18-230 ⁺	5YR 4/6	5YR 5/6	muito argilosa	mod., méd. e gr. bl. sub. que se desfaz fo. mpeq. gran.	lig.dr. a dr., mfri., mplás. e peg.	-
Patamar superior – Latossolo Vermelho-Amarelo / Relevo suave ondulado a ondulado								
2	A	0-23	5YR 3/4	5YR 4/4	argila	mod. fo. peq. a méd. gran.	lig.dr., mfri., mplás. e peg.	clara e plana
	Bw	23-160 ⁺	5YR 5/8	5YR 5/6	muito argilosa	mod. gr. e mgr. bl. sub. que se desfaz fo. mpeq. gran.	lig.dr., mfri., plás. e peg.	-
Patamar superior (influência escarpa) – Latossolo Vermelho-Amarelo / Relevo plano a suave ondulado								
3	A	0-24	5YR 3/4	5YR 5/6	argila	mod. peq. a méd. gran.	lig.dr., mfri., mplás. e peg.	gradual e plana
	Bw	24-200 ⁺	5YR 4/6	5YR 5/8	muito argilosa	mod. gr. e mgr. bl. sub. que se desfaz fo. mpeq. gran.	lig.dr., mfri., mplás. e peg.	-
Patamar inferior – Latossolo Vermelho-Amarelo / Relevo suave ondulado a ondulado ⁽³⁾								
4	A	0-22	5YR 4/4	5YR 5/3	argila	fo. peq. a méd. gran.	dr., fri., plás. a mplás. e peg.	gradual e plana
	Bw	22-206 ⁺	5YR 5/8	5YR 6/6	argila	mod. méd. bl. sub.	lig.dr., fri., plás. e peg.	-
Patamar inferior – Latossolo Amarelo / Relevo plano a suave ondulado								
5	A	0-16	10YR 3/4	10YR 4/6	argila	mod. fo. peq. gran.	lig.dr., fir., lig.plás. e peg.	clara e plana
	Bw	16-155 ⁺	7,5YR 4/4	7,5YR 4/6	argila	mod. peq. a méd. bl. sub.	dr., fir., plás. e peg.	-

(1) fr.: fraca, mod.: moderada, fo.: forte; mpeq.: muito pequena, peq.: pequena, méd.: média; gr.: grande, mgr.: muito grande; gran.: granular, bl. ang.: blocos angulares, bl. sub.: blocos subangulares, prism.: prismática. (2) so.: solto; mac.: macio; lig.dr.: ligeiramente duro; dr.: duro; mdr.: muito duro; ext.dr.: extremamente duro; mfri.: muito friável; fri.: friável; fir.: firme; mfir.: muito firme; ext.fir.: extremamente firme; nplás.: não plástico; lig.plás.: ligeiramente plástico; plás.: plástico; mplás.: muito plástico; npeg.: não pegajoso; lig.peg.: ligeiramente pegajoso; peg.: pegajoso; mpeg.: muito pegajoso. (3) Há indícios do desenvolvimento de uma estrutura forte pequena granular, no entanto, pela velocidade de infiltração da água no agregado, pode-se inferir que essa estrutura é menos desenvolvida que nos perfis 1, 2 e 3.

Fonte: Elaborada pelo autor.

5.3. Atributos Físicos

5.3.1. Textura, Relação Silte/Argila e Grau de Floculação

Tabela 02 – Composição granulométrica, textura, relação silte/argila, ADA e GF para o horizonte Bw dos Latossolos da área de estudo

Perfis	Composição Granulométrica					ADA	GF	Textura	Silte/Argila
	Areia Grossa	Areia Fina	Areia Total	Silte	Argila				
	g.kg ⁻¹					g.kg ⁻¹	%		
Perfil 1	139	108	247	31	722	4,85	99,31	Muito argilosa	0,04
Perfil 2	145	78	223	76	701	3,39	99,46	Muito argilosa	0,11
Perfil 3	136	85	221	75	704	4,87	99,29	Muito argilosa	0,11
Perfil 4	165	175	340	98	562	4,24	99,23	Argilosa	0,17
Perfil 5	189	236	425	116	459	5,41	99,75	Argilosa	0,25

Fonte: Elaborada pelo autor.

Levando em consideração a textura dos Latossolos como parâmetro do grau de evolução dos solos analisados na área de estudo, houve uma variação textural entre os cinco perfis dentro da paisagem, nos diferentes patamares. Os perfis 1, 2 e 3, presentes no patamar superior, apresentaram teores de argila superiores a 630 g.kg⁻¹. Já para a areia total foram associados a teores mais baixos, entre 220 a 240 g.kg⁻¹, aproximadamente, além dos teores mais baixos de silte, variando de 31 a 76 g.kg⁻¹, resultando na textura muito argilosa. Estes resultados mostraram-se concordantes com vários autores para Latossolos da região (CORRÊA, 1984; CARVALHO FILHO, 1989; NUNES et al., 2000), que relataram que a argila provém principalmente do intemperismo do feldspato e mica (muscovita) do gnaisse piedade.

Considerando o teor de argila como indicador de grau de evolução do solo, pode-se afirmar que os perfis 1, 2 e 3 são mais evoluídos que os 4 e 5. Em relação aos Latossolos do patamar inferior, o teor de argila é inferior em relação aos solos do patamar superior, com valores que variam entre 450 a 562 g.kg⁻¹, se caracterizando como de textura argilosa, enquanto a areia total é maior, variando de, aproximadamente, 330 a 425 g.kg⁻¹. Diferente dos perfis do patamar superior, nos do inferior houve um aumento considerável no teor de silte, 98 g.kg⁻¹ no perfil 4 e 116 g.kg⁻¹ no perfil 5, o que acarretou na redução do teor de argila, como visto anteriormente.

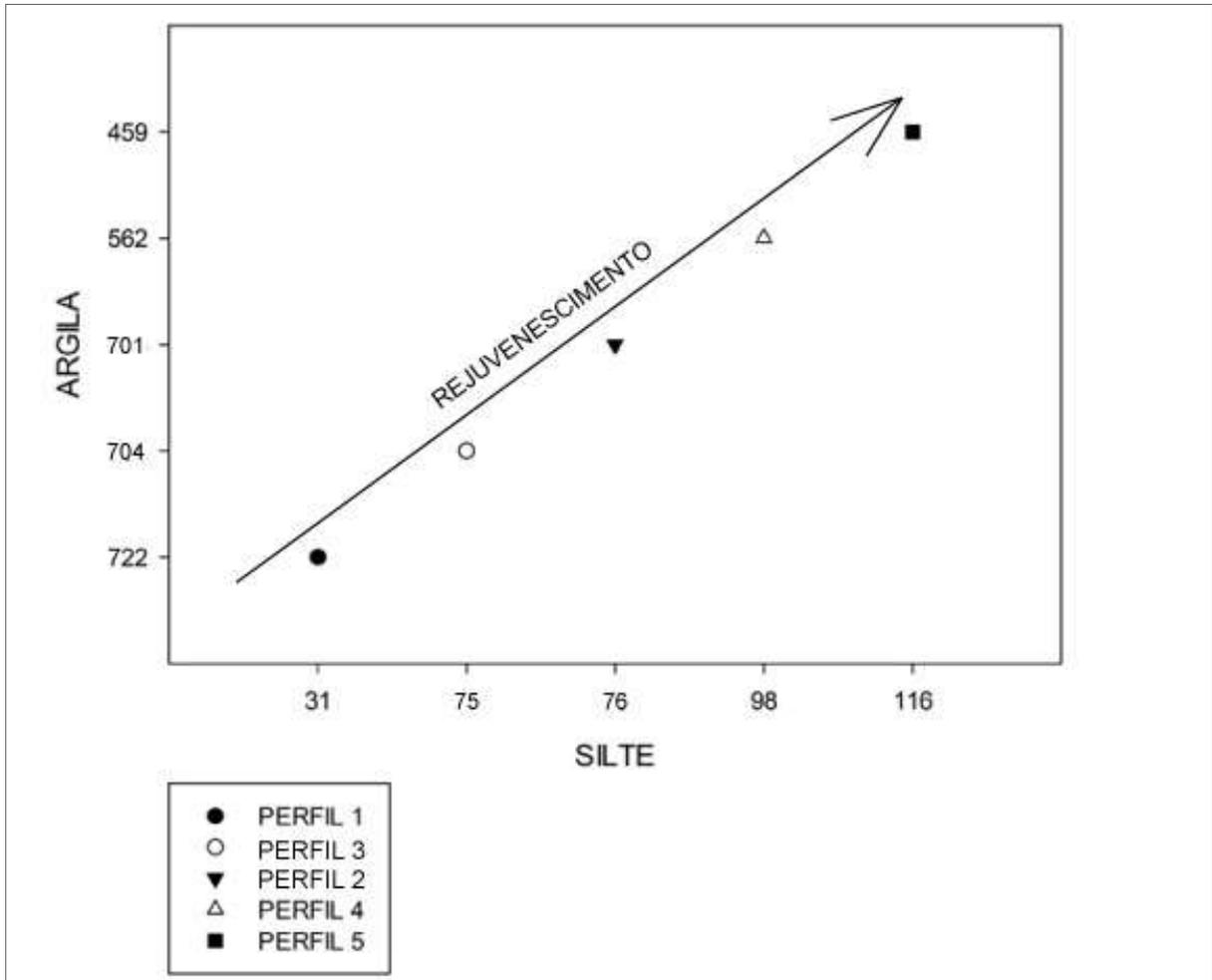
Os solos do patamar superior com textura muito argilosa, em comparação aos do inferior, indica o maior grau de evolução dos primeiros para este parâmetro, decorrente do maior tempo de exposição aos agentes intempéricos. Esta observação corrobora com Rodolfo Junior et al. (2015), que abordaram as relações solos-paisagem em topossequência na Fazenda Água Limpa, no Distrito Federal. Os autores explicitaram que os solos estudados apresentaram uma quantidade de argila condizente com a sua respectiva classe e processos atuantes, variando de uma textura muito argilosa para os solos mais intemperizados, a argilosas e média, com menores teores de argila, para solos mais jovens.

Andrade et al. (1997), que caracterizaram detalhadamente uma sequência Latossolo-Neossolo Quartzarênico na região amazônica, constataram que os solos das partes elevadas da encosta estudada são muito argilosos, enquanto os solos do fundo do vale, apresentaram textura média passando para arenosa. Com isso, os dados mostraram uma redução gradativa nos teores de argila do topo da colina para o fundo do vale. A mesma conclusão foi constatada por Demattê et al. (1994), que observaram na região alta da área de estudo textura muito argilosa, com teores de argila superiores à 60%, indicando, com os resultados, que o teor de argila diminui progressivamente encosta abaixo.

Meireles et al. (2012), que estudaram as relações solo-paisagem em topossequência de origem balsáltica na região de Batatais (SP), observaram que os teores da fração de argila dos solos estudados diminuíram com o aumento do grau de rejuvenescimento das superfícies geomórficas. Assim como para Meireles et al. (2012), Cunha et al. (2005) relataram em sua pesquisa que os teores de argila do horizonte diagnóstico aumentaram gradualmente e constantemente da parte mais elevada para o sopé da vertente. Os autores concluíram que as variações dos solos na transeção estudada mostraram-se, em maior parte, relacionadas com a idade da superfície, assim para com o material de origem e com a inclinação do terreno. Campos et al. (2007) também relataram que os conteúdos de argila do horizonte B foram crescentes dos solos da superfície geomórfica mais evoluída para os da superfície geomórfica mais rejuvenescida, fato que está associado à variação do material de origem e à ação do intemperismo.

Na figura 11, é possível observar a tendência crescente do teor de silte e decrescente para argila em direção aos perfis do patamar inferior, destacando o sentido de rejuvenescimento dos solos ao percorrer a área de estudo do patamar superior ao inferior. Os perfis 2 e 3 apresentaram teores de argila e silte muito próximos, destacando a similaridade entre eles, sendo esta mais marcante ao observar os valores da relação silte/argila.

Figura 11 – Dispersão múltipla dos teores de argila e silte para os perfis de Latossolos e o sentido de rejuvenescimento



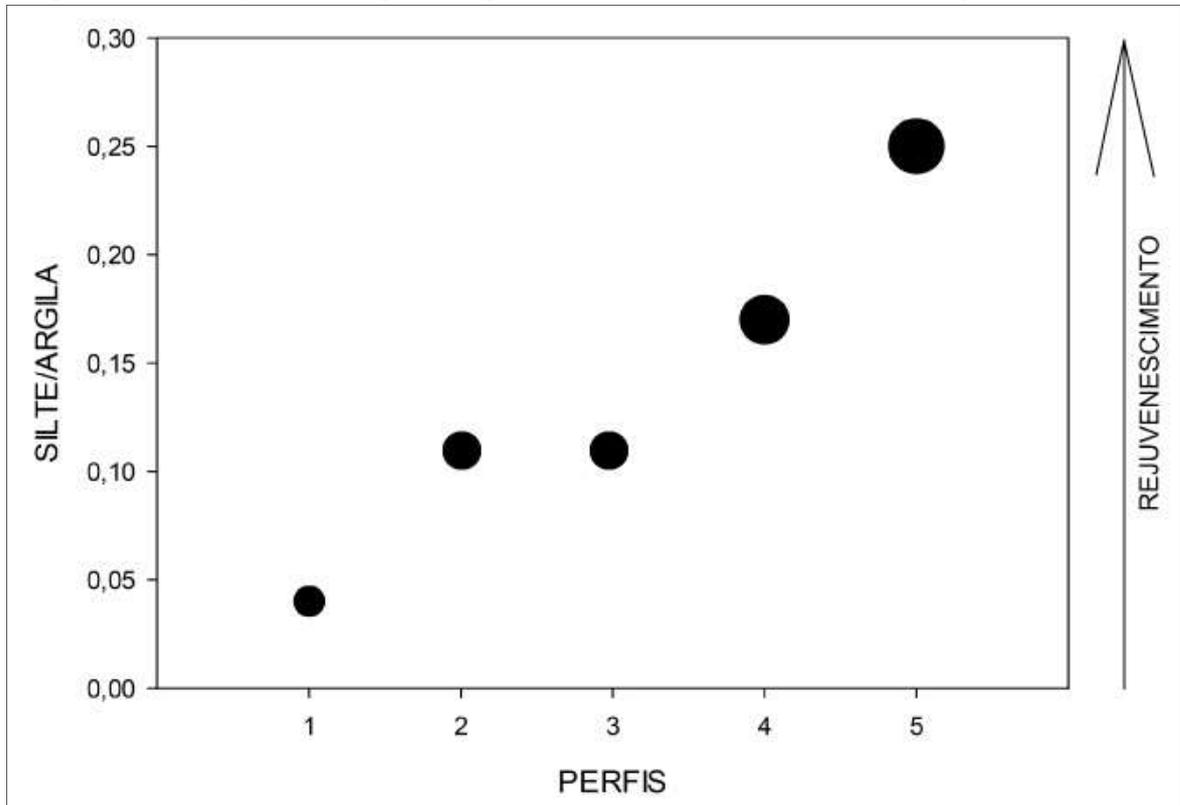
Fonte: Elaborada pelo autor.

A relação silte/argila pode ser utilizada como parâmetro para indicar o grau de intemperismo dos solos (JACOMINE, 2005 apud CAMPOS et al., 2012), corroborando com Van Wambeke (1962), citado por Andrade et al. (1997), que propôs o uso deste parâmetro para separar solos altamente intemperizados de solos mais jovens. Como é comum aos Latossolos, a relação silte/argila apresentou valores muito baixos, confirmando o grau de evolução avançado.

A relação silte/argila apresentou maiores valores nos perfis do patamar inferior em relação aos do patamar superior, contribuindo para entender o grau de intemperismo dos solos estudados, sendo que valores mais baixos estão associados aos solos mais evoluídos. Esta observação é constatada na figura 12, à qual apresenta o sentido crescente da relação silte/argila dos solos do patamar superior ao inferior. Ainda nesta figura, os valores da relação silte/argila também estão

representados pelo diâmetro dos círculos, em que o círculo maior apresenta relação mais alta de silte/argila.

Figura 12 – Relação silte/argila dos perfis de Latossolos e o sentido de rejuvenescimento



Fonte: Elaborada pelo autor.

Campos et al. (2012), que estudaram a relação solo-superfície geomórfica em uma topossequência na região de Humaitá, no Amazonas, apontaram que o índice da relação silte/argila coincide com a idade das superfícies geomórficas, apresentando tendência crescente no sentido das superfícies menos evoluídas. Assim como para Campos et al. (2012), Meireles et al. (2012) também associaram a relação silte/argila com as superfícies geomórficas, apontando os maiores valores para as superfícies menos evoluídas, principalmente posicionadas em declive mais acentuado, o que, segundo os autores, dificulta a ação do intemperismo. Ainda, segundo os autores, a relação silte/argila reforçou a premissa tempo-dependente das superfícies geomórficas.

Campos et al. (2007) também relataram que a relação silte/argila apresentou valores crescentes no sentido da superfície geomórfica mais rejuvenescida, sendo os maiores valores encontrados

nos solos da escarpa e no sopé de transporte da área de estudo. Assim como para estes autores, Marques Júnior & Lepsch (2000), que estudaram depósitos superficiais e superfícies geomórficas em Monte Alto, SP, constataram que na superfície geomórfica menos evoluída observa-se maior variabilidade dos valores das relações silte/argila, sendo valores mais elevados, além de menor homogeneidade de distribuição de argila.

Camargo et al. (1987), citados por Campos et al. (2011), destacaram que valores da relação silte/argila inferiores a 0,5 indicam solos muito intemperizados, o que foi esperado para os Latossolos estudados, apresentando variação entre 0,04 a 0,25. Ainda, Campos et al. (2011) apontam que os valores mais altos são correlacionados com o pequeno aumento da fração silte ou perda de argila, o que foi constatado neste trabalho, e completam que as pequenas variações do relevo proporcionam perdas ou ganhos relativos.

Rodolfo Junior et al. (2015) relataram que foi possível traçar um perfil de evolução dos solos, seguindo dos mais intemperizados, caracterizados pela menor relação silte/argila, para os solos mais rejuvenescidos, com maior valor da relação silte/argila, com o auxílio da relação solo-paisagem.

A ADA dos cinco perfis estudados apresentou valores baixos em torno de 3,4 a 5,4 g.kg⁻¹, mas com algumas variações, destacando o maior teor para o perfil 5, este com tendência para solo mais rejuvenescido, e menor para o perfil 2 do primeiro patamar, solo mais evoluído em relação ao perfil 5.

Os valores para GF foram altos, superiores a 99%, confirmando um alto grau de agregação das partículas de argila, ou seja, a argila encontra-se muito floclada, concordando com Ferreira et al. (2010).

5.4. Atributos Químicos

5.4.1. Condutividade Elétrica do Solo, pH em Água e KCl, ΔpH e Ataque Sulfúrico

Os perfis de Latossolos analisados da área de estudo que se encontram no patamar superior apresentaram valores inferiores de condutividade elétrica (107 μS/cm, 152 μS/cm e 194 μS/cm) (Tabela 03) podendo associar ao tempo de exposição aos processos decorrentes da lixiviação destes solos, reduzindo a concentração de sais no meio. Em contrapartida, os perfis do patamar

inferior exibiram índices superiores de condutividade elétrica (215 $\mu\text{S}/\text{cm}$ e 330 $\mu\text{S}/\text{cm}$, respectivamente) (Tabela 03), indicando menor grau de lixiviação.

Tabela 03 – Condutividade elétrica em água para o horizonte Bw dos Latossolos da área de estudo

Perfis	C. E.	Temperatura	Patamar	Altitude
	$\mu\text{S}/\text{cm}$	$^{\circ}\text{C}$		metros
Perfil 1	107	25	1	735
Perfil 2	152	25	1	716
Perfil 3	194	25	1	832
Perfil 4	215	25	2	432
Perfil 5	330	25	2	400

Fonte: Elaborada pelo autor.

O ΔpH é composto pela diferença entre o pH em KCl e pH em água, apresentando variações entre os perfis. Há um predomínio de carga negativa para o ΔpH dos Latossolos estudados no patamar inferior, destacando o menor grau de evolução destes, o mesmo observado por Campos et al. (2012), ao associar os maiores valores de ΔpH negativos às superfícies geomórficas menos evoluídas. A mesma observação foi relatada por Meireles et al. (2012), que exibiram o balanço de cargas líquidas negativas com maiores valores nos solos na superfície geomórfica menos evoluída, corroborando com a tendência de que superfícies mais rejuvenescidas ou jovens ocorrem solos com menor grau de evolução. Entretanto, os resultados obtidos no trabalho mostram que o ΔpH isoladamente não foi suficiente para avaliar evolução entre os cinco perfis, devido à exceção ocorrida no perfil 2, que apresentou maior valor negativo para ΔpH (Tabela 04).

Tabela 04 – pH em água e KCl e Δ pH para o horizonte Bw dos Latossolos da área de estudo

Perfis	pH H ₂ O	pH KCl	Δ pH
1	5,06	5,11	0,05
2	5,05	4,55	-0,50
3	4,31	4,52	0,21
4	6,11	6,09	-0,02
5	4,84	3,96	-0,86

Fonte: Elaborada pelo autor.

Os resultados das análises do ataque sulfúrico indicam que os perfis do patamar inferior apresentaram valores da relação molecular K_i mais altos em relação aos perfis do superior. A observação quanto aos valores elevados de K_i e Δ pH para os solos da superfície geomórfica menos evoluída também foram relatados por Meireles et al. (2012) em sua área de estudo, correspondendo aos solos do ombro e sopé de deposição da topossequência estudada.

Enquanto os solos do patamar inferior apresentaram valores da relação molecular K_i de 1,54 para o perfil 4 e 1,86 para o perfil 5, os do superior exibiram valores 0,84; 1,11 e 0,98 para os perfis 1, 2 e 3, respectivamente (Tabela 05). Campos et al. (2011) constataram essa evidência na sua área de estudo, destacando valores baixos para todos os perfis estudados, indicando solos muito intemperizados, mas que se diferenciam quando são comparados em relação à posição em que se encontram na topossequência, sendo ligeiramente mais elevados para os solos na encosta e sopé. Os mesmos autores constataram que esse fato se deve, possivelmente, à menor estabilidade geomórfica desses ambientes quando são comparados aos ambientes mais elevados, sendo bastante influenciado pela posição topográfica dos solos na paisagem.

Os óxidos de alumínio e ferro extraídos pelo ataque sulfúrico apresentaram maiores valores para os perfis situados no patamar superior (Tabela 05), o mesmo observado por Campos et al. (2011) na região de seus estudos, verificando teores mais expressivos nas áreas de topo, quando comparados às áreas de encosta e sopé de transporte da topossequência pesquisada. Para os óxidos de alumínio os resultados também foram parecidos com Campos et al. (2011), em que valores superiores foram encontrados para os solos dos topos. Os autores concluíram que os resultados indicam que o sopé de transporte e a encosta, por estarem em posições instáveis na paisagem, favorecem o maior rejuvenescimento, comparados aos demais segmentos de vertente. A mesma observação foi realizada por Demattê et al. (1994), que indicaram a

distribuição dos óxidos de ferro e alumínio para os perfis estudados sofrendo um decréscimo gradativo no sentido do topo para o fundo do vale. Sá Machado (1995), que estudou duas transeções de solos na região dos Campos Gerais, no Estado do Paraná, também apresentou resultados semelhantes encontrados por Demattê et al. (1994), obtendo valores de teor de Fe_2O_3 para os cinco perfis estudados com tendência decrescente ao longo da vertente, do topo ao sopé.

Assim como Demattê et al. (1994) e Campos et al. (2011), Pavelhão et al. (2016), ao estudarem a evolução pedológica de uma sequência de solos em Londrina-PR, constataram que os teores de óxido de ferro ao longo dos perfis 2, 3 e 4 foram semelhantes entre si, mas inferiores ao perfil 1, que situa-se à montante da sequência, estando de acordo com o maior grau intempérico deste solo, confirmado pelas mais baixas relações K_i e K_r em relação aos demais.

Tabela 05 - Teores de Si, Al, Fe, Ti e Mn, expressos em óxidos, determinados no extrato da digestão sulfúrica da TFSA e as relações moleculares K_i e K_r

Perfis	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	TiO_2	MnO	K_i	K_r
	g kg^{-1}						
1	117,0	237,4	112,1	28,3	0,2	0,84	0,64
2	157,8	241,5	133,7	28,1	0,3	1,11	0,82
3	154,6	268,9	171,3	32,9	0,4	0,98	0,69
4	174,0	192,1	93,3	22,8	0,3	1,54	1,18
5	124,7	113,9	70,3	16,6	0,2	1,86	1,33

Fonte: Elaborada pelo autor.

5.5. Atributos Mineralógicos

A presença de óxidos de ferro (hematita e goethita), hidróxidos de alumínio (gibbsita), bem como dos óxidos de titânio (ilmenita), é muito comum em solos de ambientes tropicais e subtropicais, devido às condições de intensa lixiviação (FERREIRA et al., 2003).

Na fração areia, os perfis do patamar superior apresentam a mesma composição mineralógica, quartzo e ilmenita, em diferentes proporções, exceto o primeiro perfil, que contém em seu composto a gibbsita, mineral muito presente em solos mais evoluídos (Tabela 06). Moniz (1972), citado por Ávila (2009), afirma que em condições de lixiviação intensa ocorre uma dessilicatização completa (alitização) e a própria caulinita entra em instabilidade, se

decompondo formando hidróxidos de alumínio. Pavelhão et al. (2016) citaram que os valores de K_i e K_r e a presença de gibbsita permitiram inferir nos solos estudados na área de estudo um predomínio de processo de dessilicização. A ilmenita, presente nos perfis do patamar superior, apresenta como composição os óxidos naturais de ferro e titânio (RODBARI et al., 2015), coincidente com os maiores teores de Fe_2O_3 e TiO_2 levantados nas análises de ataque sulfúrico.

No segmento de topo mais elevado da topossequência estudada por Campos et al. (2011) foram encontrados os minerais quartzo, gibbsita, hematita e ilmenita para o Latossolo Vermelho estudado, mesmos minerais presentes nos perfis do patamar superior. Este segmento em que se encontra o solo foi considerado o mais evoluído dentre os demais, conseqüentemente, o solo analisado apresenta um estágio mais avançado de lixiviação.

Os perfis do patamar inferior apresentaram como mineral comum na fração areia, e em diferentes proporções, o quartzo, além da muscovita para o perfil 4 e sillimanita no perfil 5 (Tabela 06). Lima (2015) relata que a fração grosseira dos solos estudados na Zona da Mata mineira é composta predominantemente pelo quartzo, o que é constatado nos Latossolos estudados, contendo traços de ilmenita, sillimanita e biotita. A presença de muscovita, um mineral pertencente ao grupo dos filossilicatos (micas), no perfil 4 (patamar inferior), um dos solos mais rejuvenescidos, corrobora com Campos et al. (2011) em sua área de estudo, que relataram a presença de micas para os segmentos na topossequência considerados menos estáveis, ou seja, locais que a ação do intemperismo é menos intensa em relação ao topo mais elevado. A sillimanita, presente na composição mineralógica do perfil 5, é um mineral do grupo dos aluminossilicatos, muito comuns em gnaisses, e pode ser alterada formando a muscovita (NAVARRO et al., 2017), esta encontrada no perfil 4 do mesmo patamar.

No que se refere à fração argila, observou-se presença de goethita nos perfis 1, 4 e 5, gibbsita para todos os perfis do patamar superior, e caulinita para todos os perfis da área de estudo (Tabela 06). O predomínio de gibbsita para os perfis do patamar superior pode ser associado com os seus maiores teores de alumínio, sabendo que é uma das formas minerais do hidróxido de alumínio. Oliveira e Jiménez-Rueda (1996), citados por Ávila (2009), afirmam que a simples presença da gibbsita já indica que o solo sofreu um processo de alitização.

No estudo de Campos et al. (2011), na fração argila, a caulinita também se faz presente em todos os solos dos segmentos da topossequência estudada, justamente por se tratarem de solos com estágio de evolução avançado.

Tabela 06 – Composição mineralógica das frações areia e argila do horizonte Bw dos perfis dos patamares superior e inferior da área de estudo

Patamares	Perfis	Horizonte	Areia	Argila
Superior	Perfil 1	Bw	Qz (99,4%), Im (0,3%) e Gb (0,3%)	Ct (72,2%), Gt (24,3%) e Gb (3,5%)
Superior	Perfil 2	Bw	Qz (99,7%) e Im (0,3%)	Ct (94%) e Gb (6%)
Superior	Perfil 3	Bw	Qz (98,3%) e Im (1,7%)	Ct (90,1%) e Gb (9,9%)
Inferior	Perfil 4	Bw	Qz (99,1%) e Mv (0,9%)	Ct (89,3%) e Gt (10,7%)
Inferior	Perfil 5	Bw	Qz (98,3%) e Sm (1,7%)	Ct (84,4%) e Gt (15,6%)

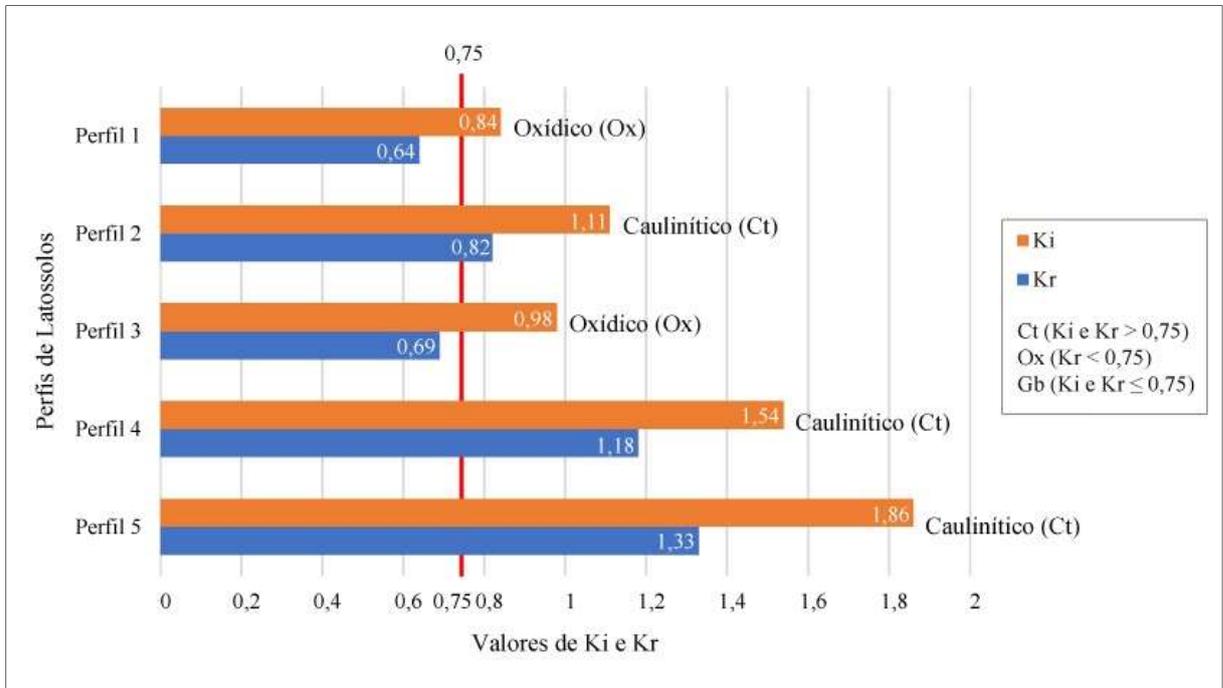
Qz: quartzo; Im: ilmenita; Gb: gibbsita; Mv: muscovita; Sm: sillimanita; Ct: caulinita; Gt: goethita.

Fonte: Elaborada pelo autor.

O intemperismo dos minerais em regiões tropicais pode ser explicado pelo processo de remoção da sílica, que faz com que os minerais do tipo 2:1 percam estabilidade, iniciando a formação da caulinita (MONIZ, 1972 apud ÁVILA, 2009). Com a instabilidade dos minerais e a formação da caulinita, através do processo de intemperismo constante, a perda de sílica persiste, obedecendo à hipótese da formação da gibbsita a partir de silicatos de alumínio, passando por intermediários de minerais de argila, como a caulinita (SOARES, 2010). Essa hipótese baseia-se na observação da maior presença de gibbsita em solos de intemperismo bastante avançado, enquanto em solos de menor avanço do intemperismo a caulinita é quase sempre o mineral dominante (SOARES, 2010). Portanto, a gibbsita é um produto final do intemperismo avançado dos solos, o que coincide com a presença desse mineral na fração argila nos perfis do patamar superior, caracterizando-os como mais evoluídos em relação aos demais.

As relações moleculares K_i e K_r permitem inferir quanto à composição mineralógica dos solos, classificando-os em caulíníticos (K_i e $K_r > 0,75$), oxídicos ($K_r < 0,75$) e gibbsíticos (K_i e $K_r \leq 0,75$) (OLIVEIRA, 2005 apud ÁVILA, 2009). Resgatando as informações dos dados obtidos pelo ataque sulfúrico, tomando como base os resultados da fração argila para mineralogia, alguns dos perfis estudados da área de estudo apresentaram teores de K_i e K_r superiores à 0,75, portanto caulíníticos. Esta observação coincide com a presença considerável em percentual de caulinita nesses perfis de Latossolos, com exceção dos perfis 1 e 3, que apresentaram K_r inferior à 0,75, sendo os mesmos considerados oxídicos, solos bastante intemperizados, além de serem os únicos com ΔpH positivo (Figura 13).

Figura 13 – Classificação mineralógica dos Latossolos da área de estudo quanto às relações Ki e Kr

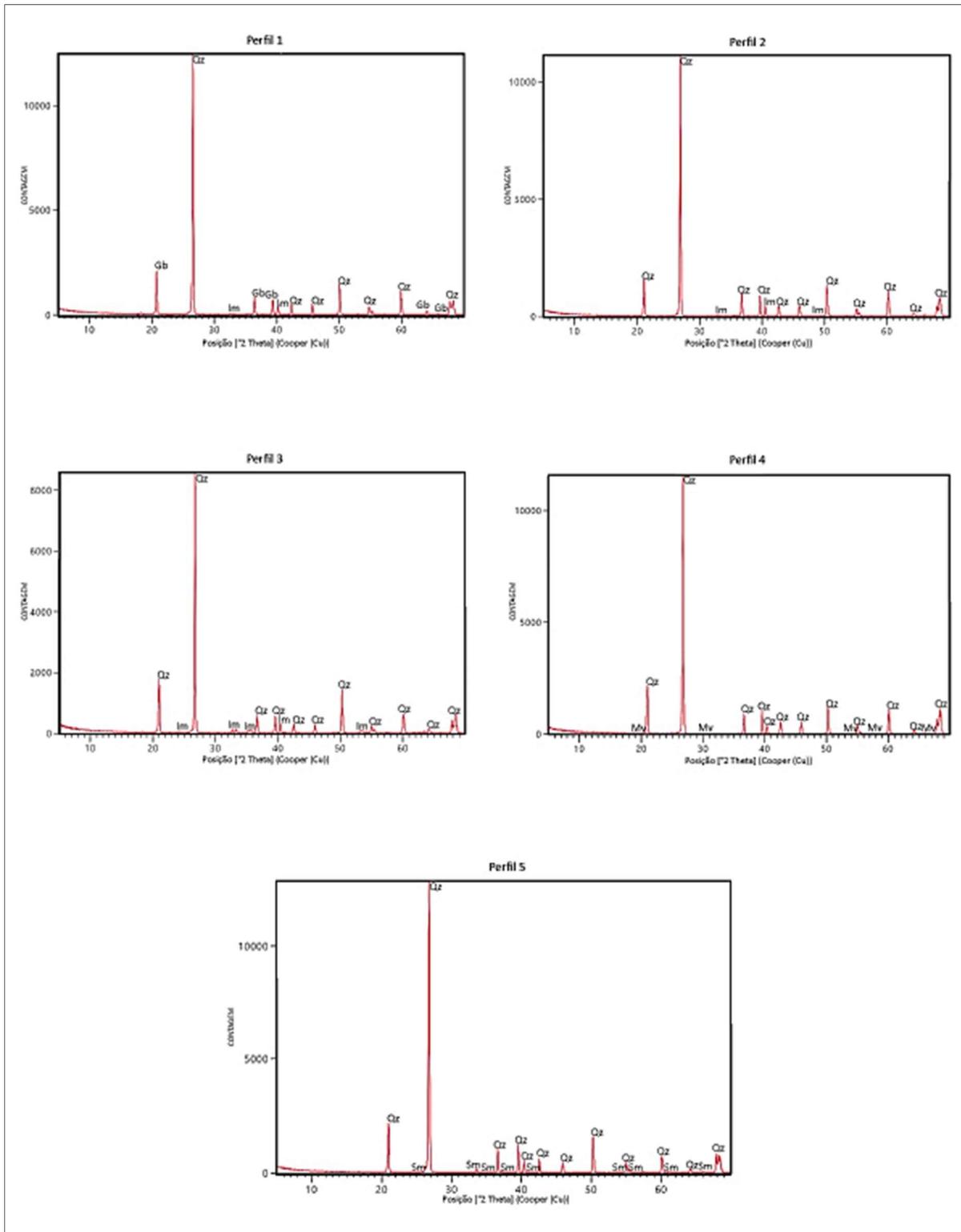


Fonte: Elaborada pelo autor.

Os perfis considerados cauliniticos corroboram com os Latossolos estudados por Nunes et al. (2001), que observaram o Ki abaixo de 2,2, que condiz com a definição de B latossólico, e não muito abaixo desse valor, correspondendo os valores mais próximos e abaixo de 2,2 encontrados para os perfis 2, 4 e 5.

Nas figuras 14 e 15 estão representados os difratogramas gerados pelas análises de difratometria de raios-X das amostras de Latossolos estudados na área de estudo. Os picos correspondem aos minerais da composição mineralógica do horizonte diagnóstico subsuperficial na fração areia e argila.

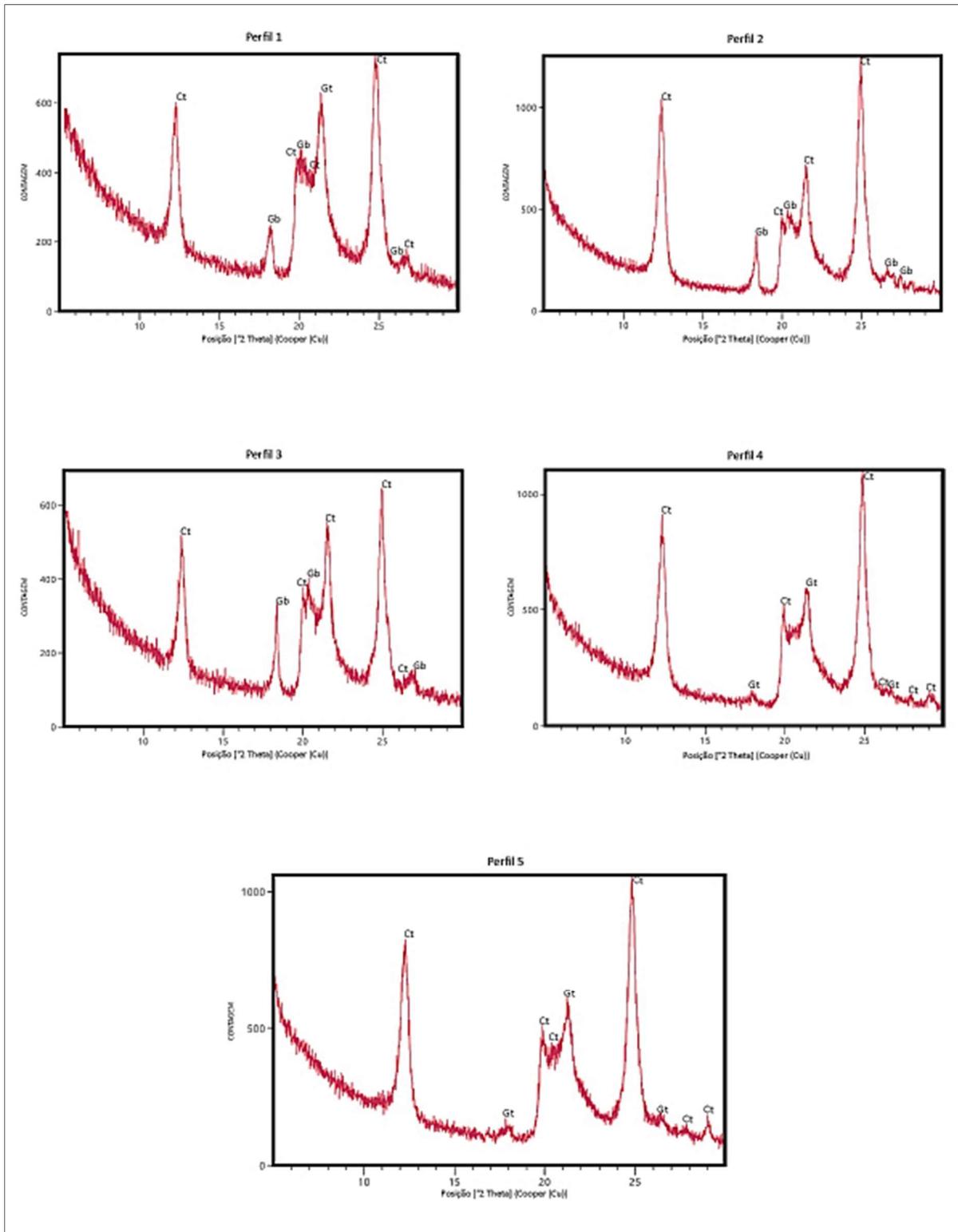
Figura 14 – Difratomogramas da fração areia do horizonte Bw dos solos estudados



Qz: quartzo; Im: ilmenita; Gb: gibbsita; Mv: muscovita; Sm: sillimanita.

Fonte: CPMTC. Adaptado pelo autor.

Figura 15 – Difratoogramas da fração argila do horizonte Bw dos solos estudados



Gb: gibbsita; Ct: caulinita; Gt: goethita.

Fonte: CPMTc. Adaptado pelo autor.

5.6. Atributos Micromorfológicos

Os estudos micromorfológicos possibilitaram contrastar informações presentes nas lâminas dos Latossolos da área de pesquisa a respeito do seu grau evolutivo, auxiliando nos debates acerca da cronologia relativa das superfícies. As análises foram executadas obedecendo sequência hierárquica, o que permitiu aprofundar nas observações em diferentes escalas.

5.6.1. Caracterização geral das lâminas

As análises se iniciaram com a observação da trama, que exprime o tipo e o grau de organização dos componentes do material, auxiliando na interpretação dos aspectos genéticos e funcionais do solo; do fundo matricial, que compreende o material que se encontra dentro dos agregados elementares, constituindo-se de poros, material grosso (denominação atual para esqueleto) e micromassa (denominação atual para plasma); e das feições pedológicas ou pedofeições, unidades resultantes dos processos pedogenéticos, passados ou presentes.

Os dados citados a seguir, referentes às descrições dos perfis 1 ao 5 das análises das lâminas dos Latossolos da área de estudo, estão apresentados na tabela 07.

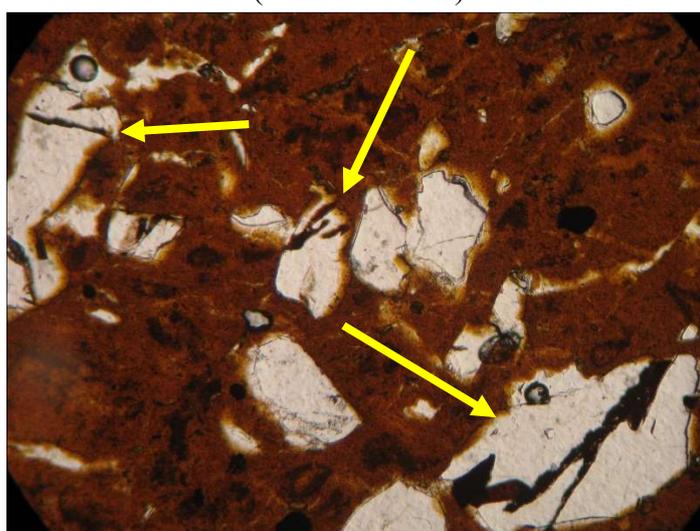
Tabela 07 – Características micromorfológicas do horizonte diagnóstico Bw dos perfis de Latossolos da área de estudo

Característica avaliada	Perfis de Latossolos				
	Perfil 1 – Latossolo Vermelho-Amarelo	Perfil 2 – Latossolo Vermelho-Amarelo	Perfil 3 – Latossolo Vermelho-Amarelo	Perfil 4 – Latossolo Vermelho-Amarelo	Perfil 5 – Latossolo Amarelo
Composição da matriz do solo	Material grosso (25%), micromassa (60%), poros (15%)	Material grosso (20%), micromassa (45%), poros (35%)	Material grosso (20%), micromassa (40%), poros (40%)	Material grosso (30%), micromassa (50%), poros (20%)	Material grosso (40%), micromassa (45%), poros (15%)
Microestrutura e pedalidade	Fracamente desenvolvido, moderadamente selecionado, classe compacta, granular (microagregado menor), soltos, enáulica	Fortemente desenvolvido, pobremente selecionado, classe compacta, granular bem separada por poros, enáulica	Fortemente desenvolvido, pobremente selecionado, classe compacta, granular bem separada por poros, enáulica	Moderadamente desenvolvido, moderadamente selecionado, classe compacta, blocos subangulares separados por poros, porfírica	Fortemente desenvolvido, pobremente selecionado, classe compacta, blocos subangulares separados por poros (microagregado maior), porfírica
Composição do Material Grosso	Pobremente selecionado, dimensão areia fina, mineralogia (quartzo fino e mais arredondado, nódulos ferruginosos, presença de cristal fragmentado e preenchido por argila), grau de arredondamento subangular, poucos angulares, frequência (frequente)	Pobremente selecionado, dimensão areia fina, mineralogia (quartzo fino e mais arredondados, nódulos ferruginosos, pequenos e poucos cristais), grau de arredondamento subangular, poucos angulares, frequência (frequente)	Pobremente selecionado, dimensão areia fina a média, mineralogia (quartzo subangular, nódulos ferruginosos, pequenos e poucos cristais), grau de arredondamento subangular, poucos angulares, frequência (frequente)	Pobremente selecionado, dimensão areia fina, mineralogia (quartzo mais angular, nódulos ferruginosos, pequenos cristais de mica frequentes), grau de arredondamento angular, poucos subangulares, frequência (frequente)	Pobremente selecionado, dimensão areia fina a média, mineralogia (quartzo, nódulos ferruginosos, variedade de cristais de mica frequentes), grau de arredondamento angular, poucos subangulares, frequência (comum)
Tipo, forma e distribuição dos poros	Canais, planares rachaduras, cavidades orto, distribuição bandada e agrupada, empacotamento complexo	Intergranulares complexos, distribuição bandada com predomínio aleatória, empacotamento complexo	Intergranulares complexos, distribuição bandada com predomínio aleatória, empilhamento composto e ocasionalmente complexo vermelho-amarelado,	Intergranulares complexos e planares rachaduras bem a mal acomodados, distribuição aleatória com predomínio bandada	Intergranulares complexos, distribuição aleatória com predomínio bandada
Micromassa	bruno-avermelhado, amarelada a avermelhada, fábrica birrefringente indiferenciada	bruno-avermelhado, amarelada a avermelhada, fábrica birrefringente indiferenciada	avermelhada, porções indiferenciadas e granulo estriado	bruno-avermelhado, amarelada a avermelhada, fábrica birrefringente estriada cruzada	bruno-forte, amarelada a avermelhada, fábrica birrefringente estriada cruzada
Orientação de base da micromassa	Grau de orientação não orientado, natureza da orientação contínua e orientação relativa assépica, do tipo argilassépica	Grau de orientação moderada, natureza da orientação manchada e orientação relativa sépica, do tipo mossépica	Grau de orientação moderada, natureza da orientação manchada e orientação relativa sépica, do tipo mossépica	Grau de orientação não orientada para não resolvível, natureza da orientação manchada e orientação relativa sépica, do tipo mossépica	Grau de orientação não resolvível, natureza da orientação manchada e orientação relativa sépica, do tipo insépica
Pedofeições	Glóbula reniforme do tipo nódulo típico, pedotúbulo planar preenchimento solto contínuo granotúbulo, com bordas marcadas por ferro ou matéria orgânica e preenchimento denso, excrementos	Glóbula elipsoidal do tipo nódulo típico, pedotúbulo cavidade preenchimento solto contínuo granotúbulo, com bordas marcadas por ferro ou matéria orgânica e preenchimento denso, excrementos	Glóbula esférica do tipo nódulo típico, pedotúbulo planar preenchimento solto contínuo granotúbulo, excrementos	Glóbula esférica do tipo nódulo, preenchimento denso contínuo e preenchimento solto (agregado granular)	Glóbula reniforme a esférica do tipo nódulo típico, preenchimento denso contínuo e preenchimento denso solto

O perfil 1 apresenta trama do tipo enáulica, em que os agregados de material fino se apresentam dissociados do material grosso, dispersos nos poros, mas sem preenchê-los. A micromassa do primeiro perfil apresenta cor bruno-avermelhado, sem separações plásmicas e, portanto, com orientação relativa do tipo assépica (BREWER, 1964 apud CASTRO, 2008), possuindo domínios não orientados entre si. Isso indica um maior desenvolvimento da micromassa, corroborando com Simões (2016), que ainda foi justificado pela organização do material fino e uma melhor distribuição relativa entre os constituintes. A micromassa apresenta composição predominante de caulinita, além de goethita e gibbsita, apresentados nos atributos mineralógicos.

Os poros apresentam dimensão macro, formados em sua grande maioria por pressões ou polimentos causados por movimentações de origem mecânica ou biológica, denominados de metaporos, com alinhamento global dos indivíduos, segundo grau de orientação apresentado (não orientado), estando menos de 20% dos indivíduos orientados. Já o material grosso, a exoscopia, considerada como modo morfoscópico que trata de avaliar a forma das superfícies externas dos grãos do material grosso, é do tipo fragmentado ou quebrado. Alguns grãos de quartzo apresentam deposição de óxidos de ferro em sua superfície (Figura 16), classificando-os como ferruginizados.

Figura 16 – Grãos de quartzo fragmentados com deposição de óxidos de ferro na superfície (aumento – 10x)

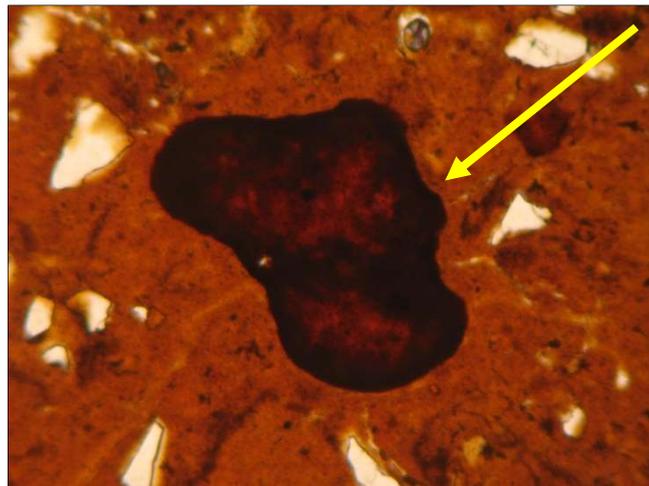


Fonte: Arquivo pessoal.

A presença de alguns grãos de quartzo fragmentados, corrobora com Toledo et al. (2000) de que o quartzo pode ser alterado, pois, em condições de clima tropical muito agressivas, o intemperismo químico atua em maior proporção, demonstrando alta intensidade dos processos intempéricos. Os grãos que compõem o material grosso apresentaram-se na forma subangular, majoritariamente, com vértices arredondados.

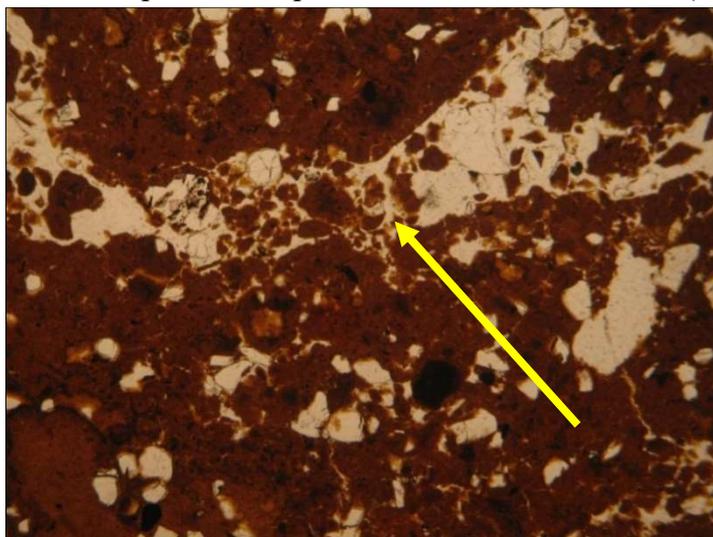
As pedofeições do perfil 1 são destacadas pelas glébulas, com predomínio de forma reniforme (BREWER, 1964; 1976 apud CASTRO, 2008) (Figura 17), com aparência de rim, do tipo nódulo típico, além de pedotúbulos de forma planar, apresentando preenchimento solto contínuo (Figura 18), além de preenchimento denso (BULLOCK et al., 1985 apud CASTRO, 2008).

Figura 17 – Glébulas reniformes do tipo nódulo (aumento – 10x)



Fonte: Arquivo pessoal.

Figura 18 – Pedotúbulo planar com preenchimento solto contínuo (aumento – 10x)



Fonte: Arquivo pessoal.

O perfil 2 é também caracterizado por uma trama do tipo enáulica. A micromassa apresenta cor bruno-avermelhado e orientação relativa sépica, que contém separação plásmica, do tipo mossépica, com separações em “ilhas” numerosas e agrupadas (BREWER, 1964 apud CASTRO, 2008).

Os poros apresentam dimensão macro e classe de alisamento metaporo, com alinhamento global dos indivíduos, segundo grau de orientação apresentado, fraco (20 a 40% dos indivíduos são orientados).

A exoscopia do material grosso é do tipo fragmentado ou quebrado e de forma subangular predominante. A composição do material grosso é predominantemente quartzoso, o mesmo observado por Varajão et al. (2009) no horizonte Bw de um Latossolo na área do Quadrilátero Ferrífero, constatando dispersão dos grãos de quartzo, sendo o fundo matricial representado por um esqueleto quartzoso.

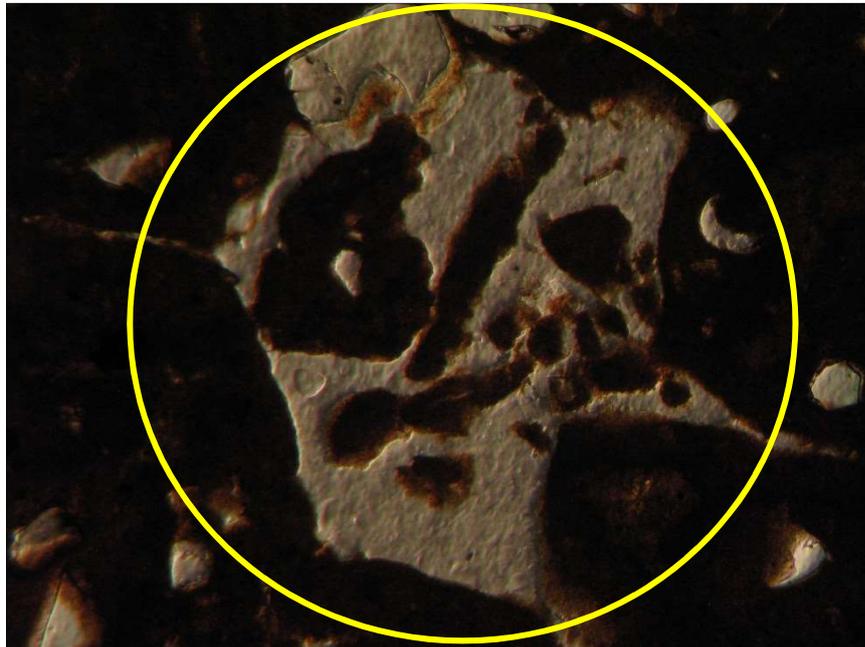
As pedofeições se diferem do primeiro perfil em relação às formas externas, destacando as glébulas com predomínio de forma elipsoidal (BREWER, 1964; 1976 apud CASTRO, 2008) (Figura 19), do tipo nódulo típico, e por pedotúbulos com forma de cavidade de origem biológica, com preenchimento solto contínuo (Figura 20), além com preenchimento denso (BULLOCK et al., 1985 apud CASTRO, 2008).

Figura 19 – Glóbula elipsoidal do tipo nódulo (aumento – 10x)



Fonte: Arquivo pessoal.

Figura 20 – Pedotúbulo em cavidade com preenchimento solto contínuo (aumento – 10x)

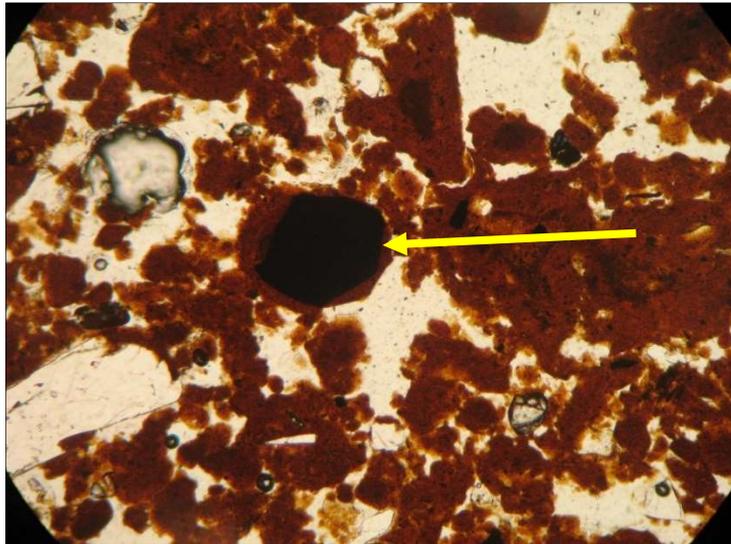


Fonte: Arquivo pessoal.

O perfil 3 apresenta trama enáulica, predominante entre os perfis do patamar superior da área de estudo. Já a micromassa, que tem como cor vermelho-amarelado, exhibe orientação relativa sépica do tipo mossépico (BREWER, 1964 apud CASTRO, 2008), não diferenciado do perfil 2.

Os poros também apresentam dimensão macro e classe de alisamento metaporo, além do grau de orientação dos indivíduos fraco. O material grosso apresenta exoscopia fragmentado ou quebrado na forma subangular. Quanto às pedofeições, a forma externa das glébulas, principalmente a que se encontra em destaque na figura 21, é esférica do tipo nódulo típico (BREWER, 1964; 1976 apud CASTRO, 2008), e pedotúbulo com forma planar de origem biológica, formada por raiz, contendo preenchimento solto contínuo (BULLOCK et al., 1985 apud CASTRO, 2008) (Figura 22).

Figura 21 – Glébulas esféricas do tipo nódulo (aumento – 10x)



Fonte: Arquivo pessoal.

Figura 22 – Pedotúbulo planar com preenchimento solto contínuo formado por raiz (aumento – 10x)



Fonte: Arquivo pessoal.

A trama do perfil 4 é do tipo porfírica, em que as partículas maiores se distribuem numa matriz de material bem mais fino, diferenciando do perfil 1 em relação à distribuição relativa e percentual da micromassa, apresentando menor proporção. Mesmo com esta redução em relação ao primeiro perfil, a micromassa tende à homogeneidade, como observado por Gomes et al. (2004), que explicitam ser esta característica mais típica da micromassa de Latossolos.

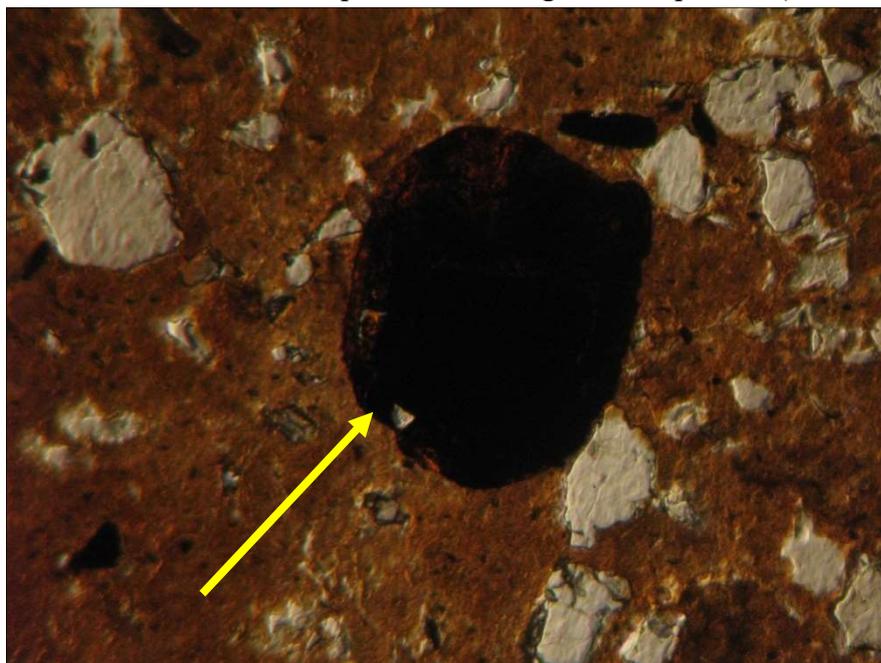
O mesmo tipo de trama foi descrito por Varajão et al. (2009), que estudaram a evolução da paisagem do Quadrilátero Ferrífero utilizando análises multiparâmetros. Os autores ressaltaram informações com o uso da micromorfologia que indicaram a ocorrência do processo de elitização e caulinição mais intenso, em associação à exsudação do ferro, formando uma textura porfirogrâmica.

Gomes et al. (2004), que analisaram a macro e micromorfologia dos horizontes diagnósticos superficiais e subsuperficiais de Latossolos e Neossolos Quartzarênicos das superfícies Sul-Americana e Velhas, sob cobertura vegetal nativa, afirmaram que solos mais caulíníticos e argilosos apresentam microagregados menos aparente, tornando um legítimo exemplo de trama porfírica e homogênea.

A cor da micromassa é bruno-avermelhado, não apresentando grandes diferenças em relação aos perfis 1 e 2, com a mesma orientação relativa sépica do tipo mossépico (BREWER, 1964 apud CASTRO, 2008).

A dimensão dos poros é macro, com classe de alisamento metaporo e grau de orientação não orientado. A exoscopia do material grosso enquadra-se em fragmentado ou quebrado, além de grãos com forma das superfícies externas do tipo cariado, com predomínio de forma angular, sem descartar as subangulares. As glébulas são predominantes quando se trata de feições pedológicas para o perfil 4, apresentando forma externa esférica do tipo nódulo típico ferruginoso (BREWER, 1964; 1976 apud CASTRO, 2008) (Figura 23).

Figura 23 – Glóbula esférica do tipo nódulo ferruginoso no perfil 4 (aumento – 10x)



Fonte: Arquivo pessoal.

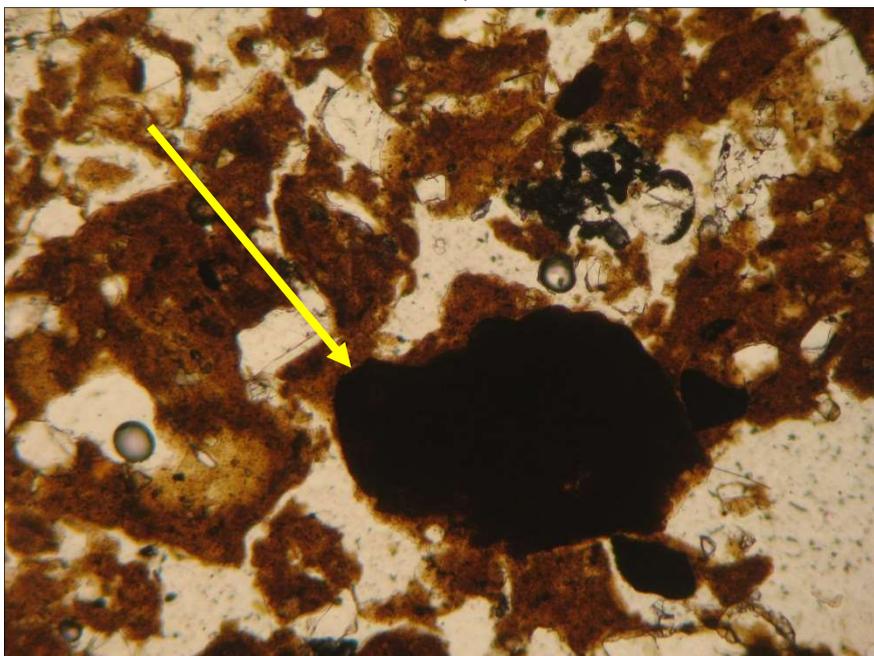
O perfil 5 exibe trama do tipo porfírica com grau de desenvolvimento dos agregados da microestrutura fortemente desenvolvido, apresentando individualização completa dos agregados, com unidades subarredondadas separadas inteiramente por poros (BULLOCK et al., 1985 apud CASTRO, 2008). A micromassa apresenta cor bruno-forte, o que indica mudança na classificação do solo em relação aos demais perfis da área de estudo, e orientação relativa sépica do tipo insépica (BREWER, 1964 apud CASTRO, 2008), com separações plásmicas isoladas em “ilhas”, porém não agrupadas como analisadas nos perfis 2, 3 e 4.

Os poros estão dimensionados em macroporos e classe de alisamento metaporo, além do grau de orientação considerado não orientado. O material grosso tem a mesma exoscopia do perfil 4, classificado como fragmentado ou quebrado e cariado, com forma angular, predominantemente, além de subangular. Na lâmina observa-se tendência de um padrão de microagregados coalescidos, que aumenta no sentido do primeiro perfil no patamar superior. O mesmo observado por Lima (2001), que utilizou a micromorfologia e microanálises em seções finas dos horizontes Ap, ABe Bw de uma Terra Preta e do Bw de Latossolo Amarelo distróficotípico na região Amazônica, explicitando que esta tendência é típica dos Latossolos Amarelos do Brasil (LIMA, 1981; SCHAEFER, 2001 apud LIMA, 2001). A mesma tendência também foi relatada por Ibraimo et al. (2004), citando um rearranjo por coalescência de microagregados para o horizonte Bw de um dos perfis da área de estudo na Região dos Lagos,

RJ, indicando a natureza caulinítica destes solos, como observados por Schaefer (1995) e Nunes et al. (2000), citados pelos autores.

As glébulas também são predominantes quando se trata de pedofeições, apresentando forma externa reniforme a esférica, do tipo nódulo típico ferruginoso (BREWER, 1964; 1976 apud CASTRO, 2008) (Figura 24).

Figura 24 – Glébulas reniforme a esférica do tipo nódulo ferruginoso no perfil 5 (aumento – 10x)



Fonte: Arquivo pessoal.

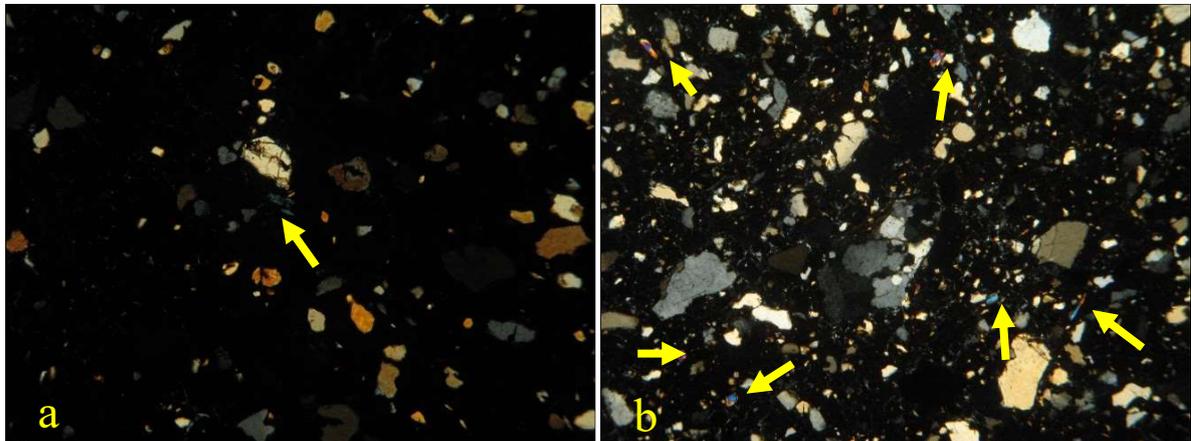
5.6.2. Análise comparativa entre as lâminas

O fundo matricial, que engloba o material grosso, fino (micromassa) e poros, se diferenciou entre as 5 lâminas estudadas, o que indica mudanças decorrentes da posição dos solos na paisagem e seus respectivos graus de evolução.

Os perfis do patamar superior apresentaram menor proporção de material grosso (minerais), correspondendo com o maior grau de intemperismo. O material grosso para as lâminas destes solos apresentou em torno de 20 a 25% de ocorrência no campo de visão representativo, enquanto os solos do patamar inferior possuíram de 30 a 40% de material grosso.

Ainda, em relação ao material grosso, nas lâminas foram encontrados cristais que se diferenciam dos quartzos, crescendo a sua ocorrência do perfil 1 ao perfil 5 (Figura 25), sendo a ilmenita predominante nos solos do patamar superior e muscovita no perfil 4 e sillmanita no perfil 5, ambos no patamar inferior. Os cristais de mica dos perfis do patamar inferior, além de maior ocorrência, se apresentaram menos fragmentados em relação aos das lâminas correspondentes aos perfis do patamar superior (Figura 26), indicando que, nestes últimos, o grau de intemperismo dos cristais é maior.

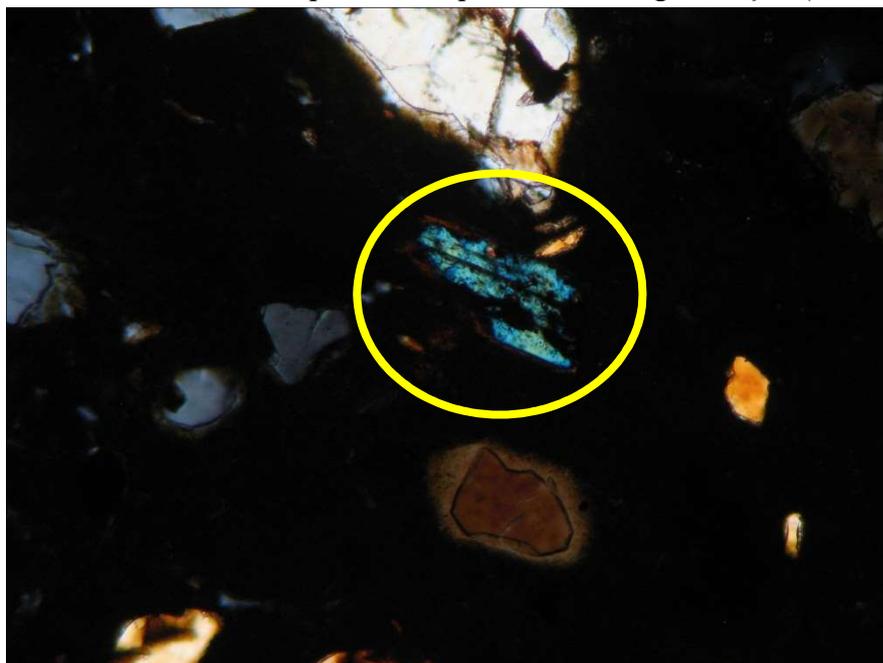
Figura 25 – Presença de cristais nos perfis de Latossolos estudados, poucos no perfil 1 (Figura 25.a) e frequente no perfil 5 (Figura 25.b) (aumento – 2,5x)



Fonte: Arquivo pessoal.

A presença desses cristais nas lâminas corrobora com as análises mineralógicas, apresentando, em maior ocorrência, a muscovita e sillmanita para os perfis do patamar inferior, além dos cristais de ilmenita para os do superior, com pequeno aumento de ocorrência no perfil 3.

Figura 26 – Cristal na lâmina do perfil 1 em processo de fragmentação (aumento – 10x)



Fonte: Arquivo pessoal.

A dimensão, que compreende a escala textural, do material grosso é majoritariamente composta por areia fina para os perfis do patamar superior e areia fina a média para os perfis do patamar inferior, em que a composição ao longo da lâmina apresentou grãos maiores de quartzo, qualificando, também, na escala textural areia média. Esta observação corrobora com o menor grau de evolução deste solo, apresentando grãos maiores de quartzo, correspondendo à menor taxa de intemperismo em relação aos demais perfis.

O grau de arredondamento do material grosso pode ser considerado um parâmetro interessante quanto ao nível de intemperismo, na medida em que os minerais passam por processos avançados de intemperismo o desgaste de suas paredes os tornam mais arredondados. Os perfis da área de estudo obtiveram grau de arredondamento do material grosso subangular, principalmente para os do patamar superior, apresentando maior predomínio. Já para os perfis do patamar inferior ocorre maior proporção de minerais com grau de arredondamento angular em relação ao subangular, o que indica menor nível de intemperismo comparando-se os perfis do patamar superior.

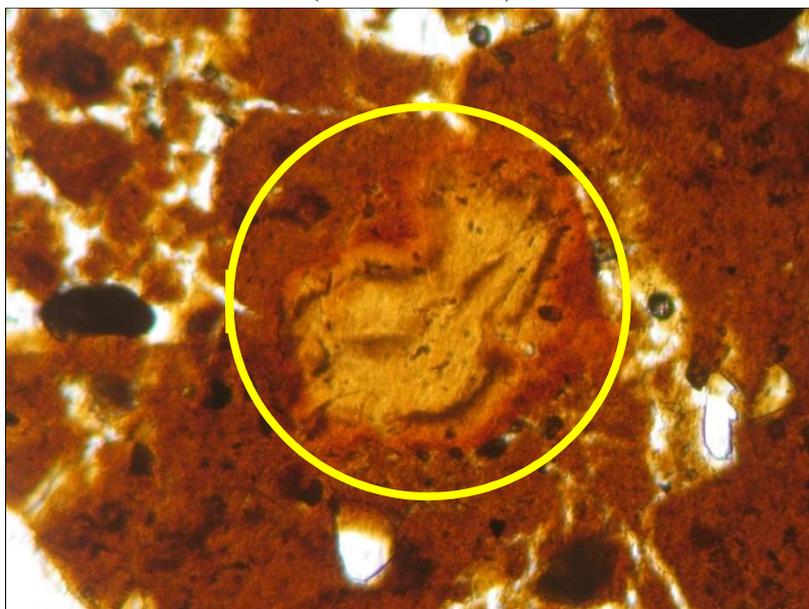
Em relação à micromassa, constituída predominantemente por argila, as lâminas revelaram pequenas diferenças, variando em 5% entre elas, com exceção do perfil 1, que apresentou maior proporção de ocorrência, corroborando com o maior teor de argila apresentado nos atributos físicos. Em decorrência da distribuição da micromassa, a microestrutura e pedalidade obtiveram

resultados interessantes, tendo como grau de desenvolvimento fracamente desenvolvido, já que a micromassa é mais homogênea. Nos demais perfis, o grau de desenvolvimento da microestrutura e pedalidade foi caracterizado como de moderadamente a fortemente desenvolvido.

A classificação morfológica dos poros exibiu certa regularidade na observação das lâminas dos perfis, exceto para o perfil 1, que se diferenciou por apresentar maior distribuição relativa da micromassa e microestrutura fracamente desenvolvida. A classificação morfológica dos poros para o perfil 1 corresponde a canais, geralmente de maior dimensão do que os do tipo tubular, planares ou fissuras. Já para os outros perfis classificaram-se em intergranulares complexos, arranjos estatísticos de poros entre grãos e pequenos agregados.

Em todas as lâminas foram observadas pequenas concentrações cuja coloração se apresenta mais clara em relação ao plasma (Figura 27), podendo ser apontadas como indicativo de deslocamento e/ou perda de material, proveniente da ação biológica. Estas observações também foram relatadas por Nunes (2013), que encontrou estes tipos de concentrações como indicativo de perda de material para um dos seus perfis da área de estudo.

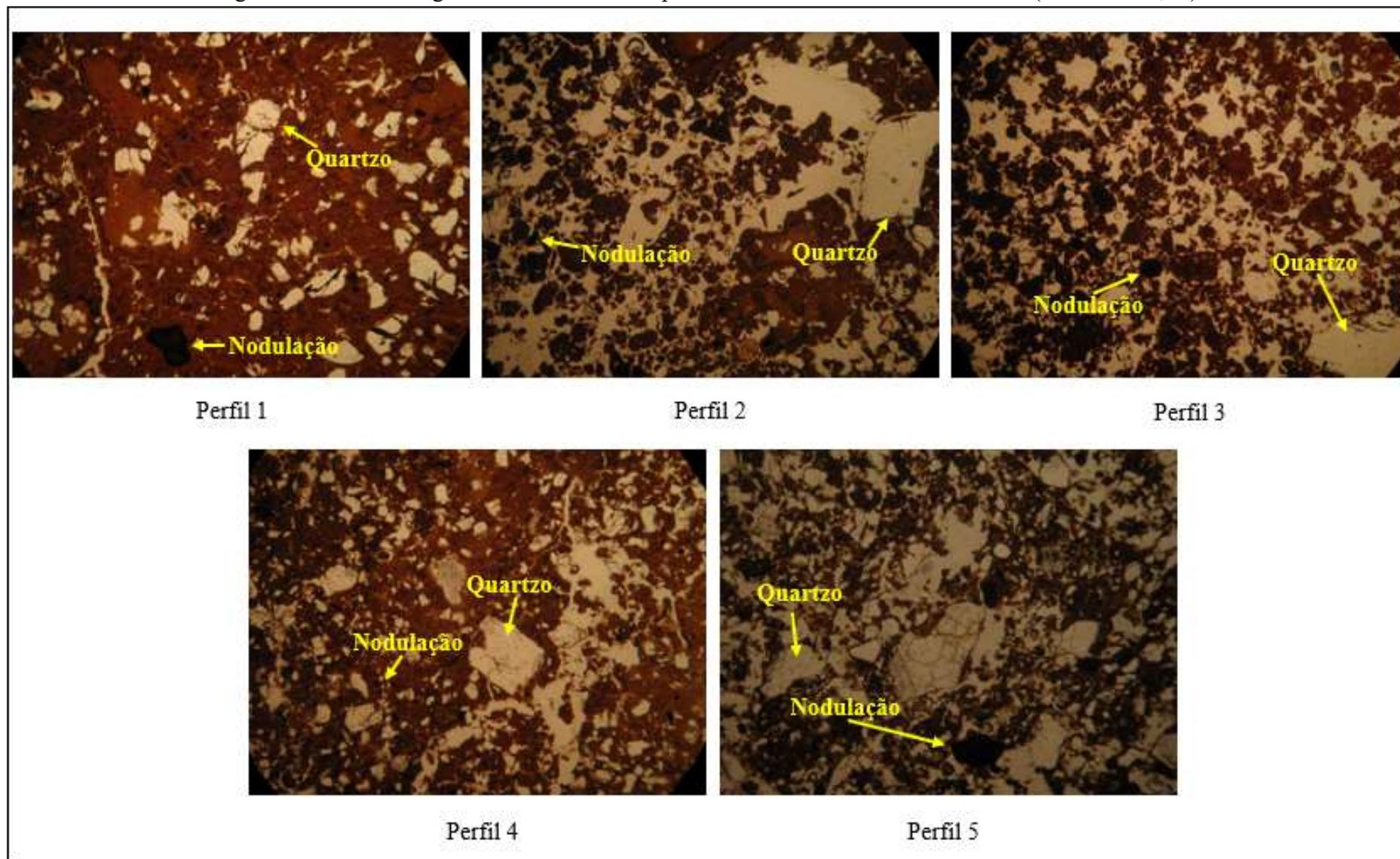
Figura 27 - Concentração plásmica com coloração mais clara, indicativo de perda de material (aumento - 10x)



Fonte: Arquivo pessoal.

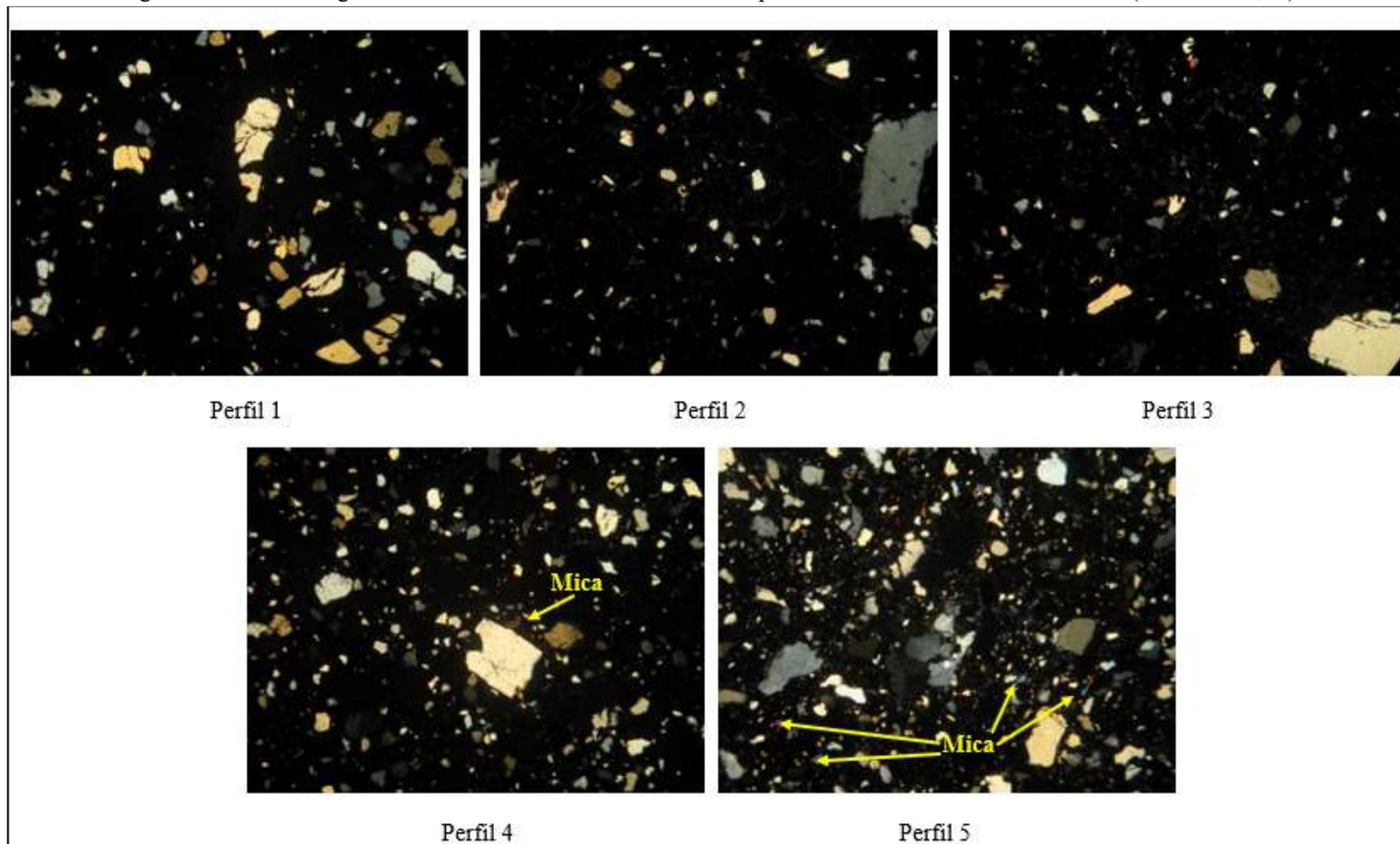
A figura 28 apresenta uma sequência de fotomicrografias das lâminas em zoom ótico de 2,5x para ampliar o campo de visão, buscando maior área de análise. Esta sequência foi importante para avaliar, visualmente, como os componentes do fundo matricial dos solos se comportam em diferentes posições na paisagem. Já a figura 29 estão relacionadas as fotomicrografias das lâminas com o auxílio de nicóis cruzados para discriminar os elementos, principalmente a micromassa do material fino. Assim como para a micromassa, a sequência das imagens permitiu avaliar a distribuição do material grosso nos solos em diferentes posições da paisagem e as suas diferenciações, principalmente em relação ao grau de arredondamento, fragmentação dos minerais e distribuição relativa.

Figura 28 – Fotomicrografias das lâminas dos perfis de Latossolos da área de estudo (aumento – 2,5x)



Fonte: Arquivo pessoal.

Figura 29 – Fotomicrografias em nicóis cruzados das lâminas dos perfis de Latossolos da área de estudo (aumento – 2,5x)



Fonte: Arquivo pessoal.

As características do perfil 1 diferem das encontradas nos demais perfis, principalmente em se tratando da distribuição no fundo matricial ao observar a micromassa e material grosso. A micromassa deste perfil é bem distribuída, além da pedalidade ser fracamente desenvolvida, resultando numa trama enáulica. A mesma observação foi relatada por Silva et al. (2010), que verificou em um dos perfis, grande quantidade de argila, propiciando a não individualização dos microagregados, resultando em um fraco desenvolvimento da pedalidade. Já o perfil 5, que nas demais análises indicaram o menor grau de evolução, exibiu micromassa de menor proporção quando se compara aos demais solos.

A ocorrência elevada de material fino, bem como de sua distribuição relativa, sugere uma maior exposição da superfície ao intemperismo, o que de fato ocorre no perfil 1, corroborando com Simões (2016), tendo estas observações relacionadas com a unidade geomórfica de maior grau evolutivo. Nunes et al. (2000), ao analisarem um dos solos classificados como Latossolo na região da Zona da Mata mineira, constataram uma distribuição homogênea da micromassa do horizonte B latossólico.

Em relação à cor da micromassa, os perfis do patamar superior, além do perfil 4, apresentaram matiz próximo do avermelhado, enquanto a cor da micromassa do perfil 5 do patamar inferior, aproxima-se do amarelo, como observado na análise morfológica em campo, sendo exibida na lâmina ao projetar a luz.

Observa-se o aumento das separações plásmicas ao analisar as lâminas do perfil 1 ao 5, permitindo diferenciar melhor os componentes do fundo matricial. Esta observação corroborou com as análises realizadas por Silva et al. (2010), que mencionaram a ausência de estruturas plásmicas nos perfis correspondentes ao topo da topossequência estudada, mas a partir da encosta ao sopé ocorre o aparecimento das separações plásmicas, permitindo uma melhor observação dos componentes da trama.

Quanto às lâminas analisadas em nicóis cruzados, o que se observa é a diferença entre elas em relação ao material grosso, constituído basicamente por minerais. Por apresentar maior teor de areia total nas análises físicas, o perfil 5 exibiu material grosso de maior distribuição relativa entre os perfis de Latossolos estudados e maiores diversidade e heterogeneidade de grãos, principalmente em relação aos perfis do patamar superior. Os minerais exibidos na lâmina do perfil 5, além da heterogeneidade de grãos, apresentaram maior proporção de formas angulares, o que indica menor grau evolutivo em relação aos demais, devido ao menor índice de intemperismo para este perfil.

Ávila (2009) verificou uma ligeira tendência a menor concentração de material grosso nos horizontes inferiores dos perfis estudados, justamente onde o teor de argila aumenta em profundidade. Os poros tendem a diminuir proporcionalmente ao aumento da micromassa nos horizontes inferiores em todos os perfis, condizendo com os resultados das análises granulométricas, verificando um aumento no teor de argila à medida que se aprofunda nos perfis.

As observações supracitadas corroboram com os resultados encontrados para os perfis de Latossolos estudados do patamar superior, em que perfis com teor de argila superior apresentaram maior proporção de micromassa e redução de material grosso e poros. Ávila (2009) constata que essas observações caracterizam um processo de movimentação vertical de material coloidal, além do processo intempérico mais intenso em subsuperfície, explicando o aumento da micromassa e a diminuição dos poros, como observado nos perfis 1, 2 e 3, referentes ao patamar superior da área de estudo.

A ideia mencionada por Ávila (2009) também foi relatada por Nunes (2013) para um dos perfis estudados na sua área de estudo, em que a proporção da distribuição relativa do material grosso tende a diminuir em profundidade, sugerindo maior processo de intemperismo em subsuperfície. Ainda, em relação ao material grosso, Simões (2016) observou maior concentração de material grosso nos solos da superfície menos evoluída, indicando uma menor atuação dos processos intempéricos nesses solos. Estas observações corroboram com a maior proporção de material grosso encontrado para os perfis 4 e 5 correspondentes aos solos menos evoluídos.

Andrade et al. (1997), estudando uma sequência Latossolo-Neossolo Quartzarênico sobre rochas cristalinas no Amazonas, constataram informações que se assemelham com as encontradas para os Latossolos nos patamares da área de estudo. Para os autores, em termos gerais, as principais variações observadas nas análises micromorfológicas são encontradas nos teores de micromassa, que sofreu uma redução gradativa do topo da topossequência para o fundo do vale. Esta observação corrobora com as análises dos Latossolos nos patamares, na medida que a micromassa reduz do primeiro perfil, patamar superior e mais evoluído, ao perfil 5, patamar inferior e mais rejuvenescido. Os autores ainda relataram um concomitante aumento no percentual do material grosso, na medida que percorre do topo ao fundo do vale, corroborando com o aumento do material grosso observado do perfil 1 ao 5, sendo este último com maior distribuição relativa em relação aos demais.

Em síntese, a partir das observações relatadas anteriormente e das análises das lâminas, foi possível avaliar uma sequência evolutiva entre os solos comparando a composição de microagregados. Analisando dos perfis do patamar inferior ao superior ocorreu um acréscimo na relação de microagregados, tendo maior presença nos perfis 1, 2 e 3. Segundo Stoops et al. (2010), uma microestrutura granular bem desenvolvida é típica de materiais óxidos, sendo relatada nos solos estudados da área de estudo.

Stoops et al. (2010) relataram que a idade do solo parece desempenhar um papel no grau de desenvolvimento da estrutura granular, ao avaliarem Latossolos em material vulcânico na Ásia. West et al. (1997 apud STOOPS et al., 2010), estudando uma sequência de solos fortemente intemperizados em depósitos vulcânicos, localizada nas Filipinas, constatam que os solos mais antigos apresentavam microestrutura granular bem desenvolvida do que os solos mais jovens. Esta mesma observação é relatada para os perfis do patamar superior, além de serem cada vez menores e arredondadas.

Ao analisarem os solos da região da Zona da Mata mineira com o auxílio dos estudos micropedológicos, Nunes et al. (2000) constataram que o horizonte B do Latossolo estudado apresentou forte microestrutura, o que corrobora com os solos do patamar superior. Segundo os autores, o solo estudado apresenta uma microestrutura típica dos Latossolos Vermelho-Amarelos da região da Zona da Mata de Minas Gerais, forte com sinais de degradação.

Uma observação importante a ser levantando é a transformação da trama porfírica em enáulica, comparando a partir dos solos do patamar inferior ao superior, levando em consideração o processo evolutivo. A trama porfírica, para alguns autores, apresenta os poros menos comunicantes entre si, o que indica menor porosidade em relação à enáulica. Com maior porosidade na trama do tipo enáulica, os microagregados são mais desenvolvidos, conseqüentemente são solos mais evoluídos.

Em relação ao grau evolutivo dos Latossolos estudados da área de estudo, os do patamar superior apresentam maior ocorrência de zonas de preenchimento denso contínuo com zoneamento de ferro ou matéria orgânica, quartzos mais finos e menores, com preenchimento das fraturas por argila. Também ocorre maior presença de agregados granulares coalescidos e menor angularidade dos grãos, o que indica maior desgaste ao tempo.

5.7. Síntese dos resultados

As informações e dados coletados nas análises desenvolvidas foram fundamentais para avaliar o grau de evolução dos Latossolos, além da cronologia relativa das superfícies estudadas, demonstrados na tabela 08.

Tabela 08 – Quadro síntese dos resultados

Patamares	Perfis de Latossolos	Relação silte/argila	Textura	Δ pH	Condutividade elétrica	Ataque sulfúrico	Mineralogia	Micromorfologia
1	1, 2 e 3	Menores teores	Muito argilosa	Menor presença de carga negativa	Menores teores	Menores Ki e Kr; maiores quantidades de óxidos de ferro, alumínio e titânio	Fração areia: quartzo, gibbsita (perfil 1) e ilmenita Fração argila: caulinita, goethita e gibbsita	Maior distribuição relativa da micromassa e menor do material grosso; menor angularidade dos grãos; trama enáulica; maior proporção de microagregados; quartzos mais finos e menores
2	4 e 5	Maiores teores	Argilosa	Maior presença de carga negativa	Maiores teores	Maiores Ki e Kr; menores quantidades de óxidos de ferro, alumínio e titânio	Fração areia: quartzo, muscovita (perfil 4) e sillimanita (perfil 5) Fração argila: caulinita e goethita	Menor distribuição relativa da micromassa e maior do material grosso; maior angularidade dos grãos; trama porfirica; menor proporção de microagregados; quartzos mais grossos e maiores; presença de mica

Fonte: Elaborada pelo autor.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As análises físicas, químicas, mineralógicas e micromorfológicas executadas foram fundamentais para mensurar o grau de evolução dos Latossolos da área de estudo, bem como avaliar a idade relativa das superfícies geomórficas, que permitiram estudar e discutir a relação solo-paisagem na região da Serra de São Geraldo/MG.

Os solos do patamar superior foram considerados mais evoluídos em relação aos do inferior, pois apresentaram maior teor de argila, textura muito argilosa, relação silte/argila menor, menor condutividade elétrica, maior concentração de óxidos de ferro, alumínio e titânio, além de apresentarem relações moleculares K_i e K_r inferiores. A mineralogia dos solos do patamar superior contou com a presença de gibbsita, diferentemente dos solos do patamar inferior, que apresentaram muscovita e sillimanita, minerais muito presentes em solos menos evoluídos. A micromorfologia para os solos do patamar superior constatou maior distribuição relativa de micromassa e, conseqüentemente, menor concentração de material grosso, além de menor ocorrência de mica.

Os parâmetros utilizados para analisar os atributos dos solos quanto ao nível de intemperismo definiram o grau de evolução dos Latossolos, estando bem correlacionados com a idade relativa das superfícies. A relação solo-paisagem da área de estudo é bem marcada, apresentando solos mais evoluídos sob condições morfológicas que contribuem para o avanço intempérico. Isso se torna mais evidenciado quando há comparações entre as duas superfícies de diferentes cotas altimétricas, apresentando solos com maior grau de evolução, a partir de seus atributos, nas superfícies mais elevadas.

A Serra de São Geraldo marca a diferença entre as duas superfícies, principalmente considerando a sua grande variabilidade altimétrica do topo da escarpa, que se aproxima do patamar superior, ao sopé, mais próximo à superfície rebaixada. Com isso, a escarpa na área de estudo é considerada divisor altimétrico e um marcador das duas superfícies distintas considerando a idade relativa da paisagem.

O patamar superior, que apresenta solos mais intemperizados, corresponde à superfície geomórfica mais evoluída da área de estudo, enquanto o patamar inferior equivale à superfície mais rejuvenescida, pois apresenta solos menos evoluídos em relação aos do patamar superior. Portanto, as características pedológicas foram, para os solos estudados, um eficiente indicativo do grau de intemperismo das formações superficiais e das paisagens a elas associadas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AB'SÁBER, A. N. **Domínios morfoclimáticos e províncias fitogeográficas no Brasil**. Orientação, São Paulo, n. 3, 1967. p. 45-48. [Republicado em *Grandes paisagens brasileiras*. São Paulo: Eca, 1970; e como parte do artigo “Províncias geológicas e domínios morfoclimáticos no Brasil”. *Geomorfologia*, São Paulo, n. 20, 1970. p. 1-26].
- ALMEIDA, B. G.; DONAGEMMA, G. K.; RUIZ, H. A.; BRAIDA, J. A.; VIANA, J. H. M.; REICHERT, J. M. M.; OLIVEIRA, L. B.; CEDDIA, M. B.; WADT, P. G. S.; FERNANDES, R. B. A.; PASSOS, R. R.; DECHEN, S. C. F.; KLEIN, V. A. & TEIXEIRA, W. G. **Padronização de Métodos para Análise Granulométrica no Brasil**. Comunicado Técnico 66, Rio de Janeiro, 2012. 11 p.
- ANDRADE, H. SCHAEFER, C. E. G. R.; DEMATTÊ, J. L. I & ANDRADE, F. V. **Pedogeomorfologia e micropedologia de uma sequência Latossolo – Areia Quartzosa hidromórfica sobre rochas cristalinas do Estado do Amazonas**. *Geonomos*, v.5, n.1, 1997. p.55-66.
- ÁVILA, F. F. **Análise da cobertura pedológica em uma topossequência na bacia do Córrego dos Pereiras – Depressão de Gouveia/MG**. Dissertação do Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2009. 134 p.
- AYOADE, J. O. **Introdução à climatologia para os trópicos**. 14ª edição. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2010. 332 p.
- BARRETO, W. O.; PAULA, J. L. & DUARTE, M. N. **Manual de Métodos de Análise de Solo**. EMBRAPA. 2ª edição. Rio de Janeiro, 1997. 212p.
- BERTRAND, G. **Paisagem e Geografia Física Global. Esboço Metodológico**. Caderno de Ciências da Terra, Instituto de Geografia da Universidade Federal de São Paulo, n. 13, 1972. Traduzido por: Olga Cruz, publicado em: R. RA'EGA, Editora UFPR. Curitiba, n. 8, 2004. p. 141-152.
- CARMARGO, O. A.; MONIZ, A.C.; JORGE, J. A.; VALADARES, J. M. A. S. **Métodos de Análise Química, Mineralógica e Física de Solos do Instituto Agrônomo de Campinas**. Boletim técnico, 106, Edição revista e atualizada. Campinas (SP), Instituto Agrônomo, 2009. 77p.
- CAMPOS, M. C. C.; MARQUES JÚNIOR, J.; PEREIRA, G.T.; MONTANARI, R. & CAMARGO, L. A. **Relações solo-paisagem em uma litossequência arenito-basalto na região de Pereira Barreto, SP**. *R. Bras. Ci. Solo*, edição 31, 2007. p. 519-529.
- CAMPOS, M. C. C.; RIBEIRO, M. R.; SOUZA JÚNIOR, S.; RIBEIRO FILHO, M. R. & SOUZA, R. V. C. C. **Relações solo-paisagem em uma topossequência sobre substrato granítico em Santo Antônio do Matupi, Manicoré (AM)**. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, edição 35, 2011. p. 13-23.

CAMPOS, M. C. C. **Relações solo-paisagem: conceitos, evolução e aplicações.** *Ambiência Guarapuava (PR)* v.8 n.3, 2012. p. 963-982.

CAMPOS, M. C. C.; RIBEIRO, M. R.; SOUZA JÚNIOR, S.; RIBEIRO FILHO, M. R. & ALMEIDA, M. C. **Relações solo-superfície geomórfica em uma topossequência Várzea-Terra Firme na região de Humaitá (AM).** *Revista Brasileira Ciência Solo*, 2012. 36: p.325-336.

CAMPOS, M. C. M.; RIBEIRO, M. R.; SOUZA JUNIOR, V. S.; RIBEIRO FILHO, M. R.; AQUINO, R. E. & OLIVEIRA, I. A. **Superfícies geomórficas e atributos do solo em uma topossequência de transição várzea-terra firme.** *Biosci. J.*, Uberlândia, v. 29, n. 1, 2013. p. 132-142.

CARVALHO FILHO, A. **Caracterizações mineralógica, química e física de solos de duas unidades de paisagem do Planalto de Viçosa - MG.** Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 1989. 114p. (Tese de Mestrado)

CASSETI, V. **Estrutura e Gênese da Compartimentação da Paisagem de Serra Negra (MG).** Goiânia: Editora da UFG, 1981. 124 p.

CASTRO, S. S. **Micromorfologia: Bases para descrição de lâminas delgadas.** 2ª edição, Campinas/Goiânia: UNICAMP/UFG, 2008. 142 p.

CASTRO, S. S.; COOPER, M. & VIDAL-TORRADO, P. **Micromorfologia do solo: Bases e aplicações.** *Tópicos Ci. Solo*, v. 3, 2003. p. 107-164.

CHEREM, L. F. S. **Morfo-pedogênese das bordas dos planaltos escalonados do sudeste mineiro.** Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Ouro Preto. Escola de Minas. Departamento de Geologia. Evolução Crustal e Recursos Naturais. Área de Concentração: Geologia Ambiental e Conservação de Recursos, 2012. 122 p.

CORRÊA, G.F. **Modelo de evolução e mineralogia da fração argila dos solos do Planalto de Viçosa, MG.** Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 1984. 87p. (Tese de Mestrado)

CUNHA, P.; MARQUES JÚNIOR, J.; CURTI, N.; PEREIRA, G. T. & LEPSCH, I. F. **Superfícies geomórficas e atributos de Latossolos em uma sequência arenítico-basáltica da região de Jaboticabal (SP).** *R. Bras. Ci. Solo*, 2005. p. 81-90.

DANTAS, J. S. **Relação solo-paisagem e erodibilidade de solos no leste do Estado do Maranhão.** Tese do Programa de Pós-Graduação da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da Universidade Estadual Paulista - UNESP, Jaboticabal, 2013. 96 p.

DANTAS, J. S.; MARQUES JÚNIOR, J.; MARTINS FILHO, M. V.; RESENDE, J. M. A.; CAMARGO, L. A. & BARBOSA, R. S. **Gênese de solos coesos do leste maranhense: relação solo-paisagem.** *R. Bras. Ci. Solo*, 38, 2014. p. 1039-1050.

DEFFONTAINES, P. *Analyse du paysage et étude régionale des systèmes de production agricole.* In: *Économie rurale*. N°98, 1973. p. 3-13.

DELGADO, I. M.; SOUZA, J. D.; SILVA, L. C.; SILVEIRA FILHO, N. C.; SANTOS, R. A.; PEDREIRA, A. J.; GUIMARÃES, J. T.; ANGELIM, L. A. A.; VASCONCELOS, A. M.; GOMES, I. P.; LACERDA FILHO, J. V.; VALENTE, C. R.; PERROTTA, M. M. & HEINECK, C. A. **Geotectônica do Escudo Atlântico**. CPRM – Serviço Geológico do Brasil, Parte II – Tectônica, cap. V. Geotectônica do Escudo Atlântico, 2003. p. 292-214.

DEMATTE, J. L. I.; KINJO, T. & MENDES, A. C. T. **Mineralogia da fração argila de perfis de solos da Série Piracicaba**. Anais da E. S. A. “Luiz de Queiroz”, Volume XXV, 1968. p. 51-68.

DEMATTE, J. A. M.; ALOISI, R. R. & DEMATTE, J. L. I. **Sequência Latossolo Amarelo – Podzólico Amarelo – Areias Quartzosas sob material da Formação Barreiras na região de Tucuruí, Estado do Pará**. Scientia Agricola, v.51, n.2, 1994. p.345-356.

DONAGEMA, G. K.; CAMPOS, D. V. B.; CALDERANO, S. B.; TEIXEIRA, W. G. & VIANA, J. H. M. **Manual de métodos de análise de solo**. 2ª edição, Embrapa Solos, Rio de Janeiro, 2011. 225 p.

FERREIRA, B. A.; FABRIS, J. D.; SANTANA, D. P. & CURI, N. **Óxidos de ferro das frações areia e silte de um nitossolo desenvolvido de basalto**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 27, 2003. p. 405-413.

FERREIRA, R. R. M.; TAVARES FILHO, J.; FERREIRA, V. M. & RALISCH, R. **Estabilidade física de solo sob diferentes manejos de pastagem extensiva em cambissolo**. Semina: Ciências Agrárias, Londrina, v. 31, n. 3, 2010. p. 531-538.

FIGUEIREDO, M. A.; VARAJÃO, A. F. D. C.; FABRIS, J. D.; LOUTFI, I. S. & CARVALHO, A. P. **Alteração superficial e pedogeomorfologia no sul do Complexo Bação - Quadrilátero Ferrífero (MG)**. R. Bras. Ci. Solo, 28, 2004. p. 713-729.

FILIZOLA, H. F.; GOMES, A. F. **Introdução à Descrição Micromorfológica de Lâminas Delgadas de Solos – Parte 1**. Comunicado Técnico – EMBRAPA. 41. Jaguariúna, SP. 2006.

FRAGASSI, P. F. M. **Estudo da erodibilidade dos solos Residuais de Gnaisse da Serra de São Geraldo e de Viçosa (MG)**. Tese (*Magister Scientiae*) - Universidade Federal de Viçosa. Escola de Engenharia, 2001. 136 p.

GOMES, J. B. V.; CURI, N.; SCHULZE, D. G.; MARQUES, J. J. G. S. M.; KER, J. C. & MOTTA, P. E. F. **Mineralogia, morfologia e análise microscópica de solos do bioma cerrado**. R. Bras. Ci. Solo, 28, 2004. p. 679-694.

IBRAIMO, M. M.; SCHAEFER, C. E. G. R.; KER, J. C.; LANI, J. L.; ROLIM-NETO, F. C.; ALBUQUERQUE, M. A. & MIRANDA, V. J. **Gênese e micromorfologia de solos sob vegetação xeromórfica (caatinga) na Região dos Lagos (RJ)**. R. Bras. Ci. Solo, 28, 2004. p. 695-712.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Manual Técnico da Vegetação Brasileira**. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão, Diretoria de Geociências, Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, n. 1, 2012. 271 p.

LEPSCH, I. F. **Formação e Conservação dos Solos**. São Paulo: Oficina do texto, 2002. 178 p.

LEPSCH, I. F.; BELLINAZZI JÚNIOR, R.; BERTOLINI, D. & ESPINDOLA, C. R. **Manual para levantamento utilitário do meio físico e classificação de terras no sistema de capacidade de uso**. 2. ed. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1991. 170 p.

LIMA, H. N. **Gênese, química, mineralogia e micromorfologia de solos da Amazônia Ocidental**. Tese do Programa de Pós-Graduação em Solos e Nutrição de Plantas da Universidade Federal de Viçosa, 2001. 176 p.

LIMA, V. C. **Caracterização dos solos através da rede de drenagem e sua relação com índice de intemperismo (Ki) em uma topossequência no SE do Brasil**. Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Departamento de Geografia da Universidade Federal de Viçosa, 2015. 58 p.

MARENT, B. R. & VALADÃO, R. C. **Compartimentação Geomorfológica dos Planaltos Escalonados do Sudeste de Minas Gerais – Brasil**. Revista Brasileira de Geomorfologia, v. 16, nº 2, 2015. p. 255-270.

MARQUES JÚNIOR, J. & LEPSCH, I. F. **Depósitos superficiais neocenozóicos, superfícies geomórficas e solos em Monte Alto, SP**. Geociências, v. 19, 2000. p. 90-106.

MEIRELES, H. T.; MARQUES JÚNIOR, J.; CAMPOS, M. C. C. & PEREIRA, G. T. **Relações solo-paisagem em topossequência de origem basáltica**. Pesq. Agropec. Trop., Goiânia, v. 42, n. 2, 2012. p. 129-136.

MILNE, G. *Some suggested units of classification and mapping, particularly for East African soils*. *Supplements to the Proceedings of the International Society of Soils Science*, v. 4, n. 3, 1935. p. 183-198.

MOLIN, J. P.; GIMENEZ, L. M.; PAULETTI, V.; SCHMIDHALTER, U; & HAMMER, J. **Mensuração da condutividade elétrica do solo por indução e sua correlação com fatores de produção**. Eng. Agríc., Jaboticabal, v.25, n.2, 2005. p.420-426.

MOTTA, P. E. F.; CARVALHO FILHO, A.; KER, J. C.; PEREIRA, N. R.; CARVALHO JÚNIOR, W. & BLANCANEUX, P. **Relações solo-superfície geomórfica e evolução da paisagem em uma área do Planalto Central Brasileiro**. Pesq. agropec. bras., Brasília, v. 37, n. 6, 2002. p. 869-878.

MULLA, D. J. & MCBRATNEY, A. B. *Soil Spatial Variability*. In: SUMMER, M. E. *Handbook of Soil Science*. New York: CRC Press, 1999. p. A321-A351.

NADLER, A. & FRENKEL, H. *Determination of soil solution electrical conductivity from bulk soil electrical conductivity measurements by the four electrode method*. *Soil Science Society of America Journal*, v.44, n, 5, 1980. p. 1216-1221.

NAVARRO, G. R. B.; ZANARDO, A.; MONTIBELLER, C. C. & LEME, T. G. **Livro de referência de minerais comuns e economicamente relevantes: nesossilicatos**. Museu de Minerais, Minérios e Rochas “Prof. Dr. Heinz Ebert”. 2017. 5 p. Disponível em: <<https://museuhe.com.br/site/wp-content/uploads/2018/02/Museu-HE-SILLIMANITA.pdf>>.

NUNES, M. S. **Caracterização micromorfológica de solos na borda oeste do Planalto do Espinhaço Meridional – MG**. Dissertação do Departamento de Geografia do Instituto de Geociências da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2013. 85 p.

NUNES, W. A. G. A.; KER, J. C.; SCHAEFER, C. E. G. R.; FERNANDES FILHO, E. I. & GOMES, F. H. **Relação solo-paisagem-material de origem e gênese de alguns solos no domínio do “mar de morros”, Minas Gerais**. R. Bras. Ci. Solo, ed. 25, 2001. p. 341-354.

OLIVEIRA, L. S. **Evolução da paisagem costeira da Zona de Expansão de Aracaju/SE**. Dissertação do Núcleo de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal de Sergipe, São-Cristóvão, 2012. 159 p.

PAVELHÃO, T. R.; PINESE, J. P. P.; SILVA, F. C. M. & SACHS, L. G. **Evolução pedológica de uma sequência de solos em Londrina – PR**. Bol. geogr., Maringá, v. 34, n. 2, 2016. p. 23-35.

PENNOCK, D.J. & VELDKAMP, A. *Advances in landscape-scale soil research*. Geoderma, 133:1-5, 2006.

PORTUGAL, A. F.; COSTA, O. D. V.; COSTA, L. M. & SANTOS, B. C. M. **Atributos químicos e físicos de um Cambissolo Háplico Tb distrófico sob diferentes usos na Zona da Mata mineira**. R. Bras. Ci. Solo, 32, 2008. p. 249-258.

QUEIROZ NETO, J. P. **Pedologia: Conceito, Método e Aplicações**. RDG – Revista do Departamento de Geografia, USP, v. 3, 1984. p. 95-102. Disponível em: <revistas.usp.br/rdg/article/download/47088/50809>. Acesso em 12 de jul. de 2017.

RAMOS, A. L. L. S. **Características micromorfológicas de Latossolos Vermelhos e Vermelho-Amarelos da porção norte da bacia do Córrego do Rio Grande, em Gouveia (MG)**. Dissertação do Departamento de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008. 139 p.

RESENDE, M.; CURI, N.; KER, J. C. & REZENDE, S. B. **Mineralogia de solos brasileiros: interpretação e aplicações**. 2ª ed., revista ampliada, Editora UFLA, 2011. 206 p.

RODBARI, R. J.; JAMSHIDI, L. C. L. A.; NASCIMENTO, L.; TÉLLEZ, D. A. L. & HERNÁNDEZ, E. P. **Caracterização da ilmenita por difração de raios-X e microscopia eletrônica de varredura**. Revista Colombiana de Materiales, n. 7, 2015. p. 82-93.

RODOLFO JUNIOR, F.; ARAÚJO, L. G.; SOUZA, R. Q.; BATISTA, F. P. S.; OLIVEIRA, D. N. S. & LACERDA, M. P. C. **Relações solo-paisagem em topossequências na Fazenda Água Limpa, Distrito Federal**. Nativa, Sinop, v. 03, n. 01, 2015. p. 27-35.

ROSSI, M. & QUEIROZ NETO, J. P. **Relações Solo/Paisagem em regiões tropicais úmidas: o exemplo da Serra do Mar em São Paulo, Brasil**. Revista do Departamento de Geografia, 14, 2001. p. 11-23.

SÁ MACHADO, M. F. **Influência do material de origem, superfícies geomórficas e posição na vertente nos atributos de solos da região dos Campos Gerais, PR.** Dissertação do Curso de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Federal do Paraná, 1995. 203 p.

SAMPAIO, E. P. M. **Mineralogia do solo**, 2006. 22 p.

SANT'ANA, W. O.; OLIVEIRA, M. A. C.; LIMA, G. L.; FERREIRA, G. M. S. S. & PAULINO, R. B. **Aplicação da micromorfologia de solos na identificação de soterramento de Paleossolo Quaternário.** Santa Catarina, 2014. 06 p. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/267556734_APLICACAO_DA_MICROMORFOLOGIA_DE_SOLOS_NA_IDENTIFICACAO_DE_SOTERRAMENTO_DE_PALEOSSOLO_QUATERNARIO>. Acesso em 13 de jul. de 2017.

SANTOS, M. **A Natureza do Espaço.** Técnica e Tempo. Razão e Emoção. 2º Edição. São Paulo: Hucitec, 1997. 258 p.

SANTOS, R. D.; LEMOS, R. C.; SANTOS, H. G.; KER, J. C. & ANJOS, L. H. C. **Manual de descrição e coleta de solo no campo.** Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 5ª edição, Viçosa, 2005. 92 p.

SILVA, A. S.; POLIVANOV, H.; ANTUNES, F. S.; GUERRA, A. J. T. & PORTO, C. G. **Micromorfologia dos solos de uma topossequência em Petrópolis (RJ-Brasil).** VI Seminário Latino Americano de Geografia Física, II Seminário Ibero-Americano de Geografia Física, Universidade de Coimbra, 2010. 13 p.

SILVEIRA, E. L. D. **Paisagem: um conceito chave em Geografia.** In: EGAL- 12º Encontro de Geográfico da América Latina. Montevideo, 2009. 16 p.

SIMÕES, P. M. L. **Geomorfogênese de trecho da borda oeste do Planalto do Espinhaço Meridional/MG: uma contribuição baseada no possível diálogo entre os atributos pedológicos de formações superficiais e a organização geomorfológica regional.** Tese do Departamento de Geografia do Instituto de Geociências da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2010. 152 p.

SIRTOLI A. E.; SILVEIRA, C. T.; MANTOVANI, L. E.; SIRTOLI, A. R. A. & OKA-FIORI, C. **Atributos do relevo derivados de modelo digital de elevação e suas relações com solos.** Scientia Agraria, v. 9, n. 3, 2008. p. 317-329.

SOARES, L. C. **Estudo da retenção de cromo em alumina, gibbsita e aluminossilicatos e avaliação dos processos de lixiviação.** Dissertação do Departamento de Química do Instituto de Ciências Exatas da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2010. 75 p.

STOOPS, G.; MARCELINO, V. & MEES, F. *Interpretation of Micromorphological Features of Soils and Regoliths.* Ed. Elsevier, Oxford, 1ª edição, 2010. 720p.

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

TOLEDO, M. C. M.; OLIVEIRA, S. M. B.; MELFI, A. J. Intemperismo e formação do solo

In: TEIXEIRA, W. [et al]. **Decifrando a Terra**. São Paulo: Oficina de Textos, 2000. p. 140-166.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA - UFV; FUNDAÇÃO CENTRO TECNOLÓGICO DE MINAS GERAIS - CETEC; UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS - UFLA; FUNDAÇÃO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE - FEAM. **Mapa de solos do Estado de Minas Gerais**. Belo Horizonte: Fundação Estadual do Meio Ambiente, 2010. 49p.

VARAJÃO, C. A. C.; SALGADO, A. A. R.; VARAJÃO, A. F. D. C.; BRAUCHER, R.; COLIN, F. & NILINI JÚNIOR, H. A. **Estudo da evolução da paisagem do quadrilátero ferrífero (minas gerais, brasil) por meio da mensuração das taxas de erosão (10be) e da pedogênese**. R. Bras. Ci. Solo, 33, 2009. p. 1409-1425.

VIDAL-TORRADO, P., LEPSCH, I. F. & CASTRO, S. S. **Conceitos e aplicações das relações Pedologia-Geomorfologia em Regiões Tropicais Úmidas**. Tópicos Ci. 2005. p. 145-192.

VITTE, A. C. O. **Desenvolvimento do Conceito de Paisagem e sua Inserção na Geografia Física**. Mercator – Revista de Geografia da UFC. Ano 06, n. 11, 2007. p. 71-78. Disponível em: www.mercator.ufc.br/index.php/mercator/article/download/58/33. Acesso em 13 de jul. de 2017.

GLOSSÁRIO

Horst – Gerado quando duas regiões sofrem compressão e uma parcela é soerguida

Graben – Ocorre quando duas regiões sofrem tensão e a crosta é rebaixada

Köppen – Considerado precursor da ciência meteorológica moderna, suas descobertas influenciaram profundamente os rumos das ciências da atmosfera

In situ – Uma expressão latina que significa “no lugar”

Munsell – Pintor americano, professor de arte e inventor do sistema de cores Munsell

ANEXO I – Ficha de descrição de solo

FICHA DE DESCRIÇÃO DE SOLO		
INFORMAÇÕES GERAIS		
PROJETO: _____		
PERFIL Nº: _____		DATA: _____
CLASSIFICAÇÃO: _____		
LOCALIZAÇÃO: _____		
FORMAÇÃO GEOLÓGICA: _____		
LITOLOGIA: _____		
SITUAÇÃO E DECLIVE: _____		
RELEVO: _____		
EROSÃO: _____		
DRENAGEM: _____		
VEGETAÇÃO: _____		
USO ATUAL: _____		
DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA		
Horiz. _____	Espes. _____ (cm)	Cor: _____ (úmida) _____ (seca)
		Mosqueado: _____
		Textura: _____
		Estrutura: _____
		Cerosidade: _____
		Consistência: _____
		Raízes: _____ Transição: _____
Horiz. _____	Espes. _____ (cm)	Cor: _____ (úmida) _____ (seca)
		Mosqueado: _____
		Textura: _____
		Estrutura: _____
		Cerosidade: _____
		Consistência: _____
		Raízes: _____ Transição: _____

Horiz. _____	Espes. _____ (cm)	Cor: _____ (úmida) _____ (seca) Mosqueado: _____ Textura: _____ Estrutura: _____ Cerosidade: _____ Consistência: _____ Raízes: _____ Transição: _____
Horiz. _____	Espes. _____ (cm)	Cor: _____ (úmida) _____ (seca) Mosqueado: _____ Textura: _____ Estrutura: _____ Cerosidade: _____ Consistência: _____ Raízes: _____ Transição: _____
Horiz. _____	Espes. _____ (cm)	Cor: _____ (úmida) _____ (seca) Mosqueado: _____ Textura: _____ Estrutura: _____ Cerosidade: _____ Consistência: _____ Raízes: _____ Transição: _____
Horiz. _____	Espes. _____ (cm)	Cor: _____ (úmida) _____ (seca) Mosqueado: _____ Textura: _____ Estrutura: _____ Cerosidade: _____ Consistência: _____ Raízes: _____ Transição: _____
OBSERVAÇÕES: _____ _____ _____ _____ _____ _____		

ANEXO II – Ficha da descrição micromorfológica das lâminas de solos

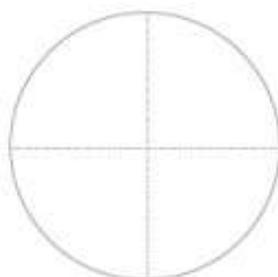
Análise mínima da assembleia do fundo matricial e das feições pedológicas

Lâmina:

Origem: _____

Campo visual do microscópio – aumento de 2,5x (diâmetro = 5mm)

Desenho (diâmetro = 5cm)



Legenda



Componentes	Material Grosso	Material Fino	Poros
%			

1. Assembleia

- Características gerais da lâmina:

• Se material apédico:

- Seleção: _____
- Dimensão: _____
- Distribuição de base: _____
- Distribuição referida: _____

• Se material pédico: (Microestrutura)

- Pedalidade:
- Grau de desenvolvimento (p. 60; p. 61 – Fig. 13):
- Grau de seleção (p. 46; p. 48 – Quadro 7):
- Classes e formas (p. 51; p. 52 – Fig. 9; p. 53 – Fig. 10):

Classe (Modif. de ZINGG, 1935 e BREWER, 1964)	Forma (Inspirado em BULLOCK et al, 1985)

- Grau de arredondamento (BULLOCK *et al*, 1985) (p. 54; p. 55 – Quadro 9): _____

- Trama/Distribuição relativa (ou estrutura de base) - (p. 56 e 57- Fig. 12; p. 63 – Quadro 12; p. 64):
(Obs.: a trama deve ser observada com zoom, através da lente de aumento 10x)

2. Fundo Matricial

2.1. Poros (intra-agregados)

- Dimensão (p. 67; p. 68 – Quadro 13):
- Classif. morfológica (p. 68, 69 e 70 – Fig. 17):
- Classe de alisamento (p. 71 – Quadro 15):
- Distribuição (p. 57 – Fig. 12):
- Orientação (p. 58):

- Gênese (p. 72 – Quadro 16):

2.2. Esqueleto (p. 73) (Material grosso)

- Grau de seleção (p. 46; p. 48 – Quadro 7):
- Dimensão (escala textural) (p. 48 – Quadro 7):
- Frequência (p. 48 – Quadro 7):
- Mineralogia:
 - Grau de arredondamento (BULLOCK *et al*, 1985) (p. 54; p. 55 – Quadro 9):
 - Exoscopia (p. 73; p. 74 – Quadro 17):
 - Orientação (p. 58 – Quadro 10):
 - Distribuição de base (p. 56; p. 57 – fig. 12):
 - Distribuição referida (p. 56; p. 57 – fig. 12):
 - Distribuição relativa (p. 56; p. 57 – fig. 12):
 - Org. funcional entre esqueleto e plasma (p. 75 – Quadro 18):

2.3. Plasma (fração argila – Material fino)

- Cor do plasma:
 - Orientação de base (p. 82 – Quadro 22):
 - Grau de orientação:
 - Natureza da orientação:
 - Orientação relativa (a partir de BREWER, 1964; p.85):
- (Obs.: a trama deve ser observada com zoom, através da lente de aumento 10x)

3. Feições Pedológicas (p.17 e 86)

- **Cutãs** (p.93):
 - distribuição geral: _____
 - forma geral do revestimento: _____
 - natureza dos constituintes: _____
 - contraste: _____
 - adesividade: _____
 - fábrica interna: _____
 - classificação morfológica: _____
 - genética: _____
- **Pámulas** (p.125):
 - morfologia externa: _____
 - individualização: _____
 - fábrica interna: _____
 - origem e evolução: _____
- **Pedotúbulos** (p.110):
 - forma externa (p.112): _____
 - dimensão: _____
 - fábrica interna (Q.23-p.91/Fig.33-p.112): _____
 - densidade de fábrica (Fig.32-p.110): _____
 - individualização (p.112): _____
 - origem (p.113): _____
- **Glébulas** (p.115):
 - forma externa (Qd. 28/p.116): _____
 - trama interna (p.118): _____
 - identificação mineralógica (p.118): _____
 - tipo (Fig.36/p.119): _____

APÊNDICE I – Imagens dos perfis de Latossolos estudados

Figura 30 – Perfil 1 (Latossolo Vermelho-Amarelo)



Fonte: Arquivo pessoal

Figura 31 – Perfil 2 (Latosolo Vermelho-Amarelo)



Fonte: Arquivo pessoal

Figura 32 – Perfil 3 (Latosolo Vermelho-Amarelo)



Fonte: Arquivo pessoal

Figura 33 – Perfil 4 (Latossolo Vermelho-Amarelo)



Fonte: Arquivo pessoal

Figura 34 – Perfil 5 (Latosolo Amarelo)



Fonte: Malena Nunes, 2017.