

UNIOESTE- UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ
CAMPUS FRANCISCO BELTRÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS- CCH
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA- NÍVEL DE MESTRADO

LUCIANE MARCOLIN

**CARACTERIZAÇÃO MINERALÓGICA E GÊNESE DE LATOSSOLO EM
MARECHAL CÂNDIDO RONDON-PR**

FRANCISCO BELTRÃO
2015

UNIOESTE- UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ
CAMPUS FRANCISCO BELTRÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS- CCH
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA- NÍVEL DE MESTRADO

LUCIANE MARCOLIN

CARACTERIZAÇÃO MINERALÓGICA E GÊNESE DE LATOSSOLO EM
MARECHAL CÂNDIDO RONDON-PR

**Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação
em Geografia da Universidade Estadual do Oeste do
Paraná- Campus de Francisco Beltrão para obtenção do
título de Mestre em Geografia.**

Orientadora: Prof. Dra. Marcia Regina Calegari

FRANCISCO BELTRÃO
2015

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS – CCH
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA – NÍVEL DE MESTRADO

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

CARACTERIZAÇÃO MINERALÓGICA e GÊNESE DE LATOSSOLO
EM MARECHAL CÂNDIDO RONDON-PR

Autora: Luciane Marcolin

Orientadora: Profa. Dra. Marcia Regina Calegari

Este exemplar corresponde à redação final da
Dissertação defendida por Luciane Marcolin e aprovada
pela comissão julgadora.

Data: 25 / 05 / 2015

Luciane Marcolin
Luciane Marcolin

Comissão Julgadora:

Marcia R. Calegari
Profa. Dra. Marcia Regina Calegari (UNIOESTE – M.C.R.)

M. Pontelli
Profa. Dra. Marga Eliz Pontelli (UNIOESTE – F.B)

Gisele Leite de Lima
Profa. Dra. Gisele Leite de Lima (UFPS/ Chupecó)

Francisco Beltrão - PR
2015

Catálogo na Publicação (CIP)
Sistema de Bibliotecas - UNIOESTE – Campus Francisco Beltrão

Marcolin, Luciane

M321c Caracterização mineralógica e gênese de latossolo em
Marechal Cândido Rondon-PR. / Luciane Marcolin. –
Francisco Beltrão, 2015.
90 f.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Marcia Regina Calegari.

Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade
Estadual do Oeste do Paraná – Campus de Francisco Beltrão.

1. Latossolos. 2. Intemperismo. 3. Solos - Formação. I.
Calegari, Marcia Regina. II. Título.

CDD 20. ed.– 631.4

Sandra Regina Mendonça CRB – 9/1090

AGRADECIMENTOS

A Deus.

A minha família que sempre me apoiou, financiou e incentivou meu caminho;

À minha orientadora Professora Dra. Marcia Regina Calegari por todos os ensinamentos e pela paciência ao longo dos seis anos de convivência, da graduação ao mestrado.

A Danimar Dalla Rosa pelo incentivo de sempre continuar, pelo seu apoio e pelo seu amor.

Ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da UNIOESTE- Campus de Francisco Beltrão e a CAPES pela bolsa de estudo concedida.

A CAPES/PROAP pelo suporte financeiro aos trabalhos de campo e análises referentes à pesquisa, realizadas fora da UNIOESTE.

Ao Prof. Pablo Vidal Torrado e ao Departamento de solos da ESALQ/ USP pelo suporte na realização de algumas análises químicas.

À Professora Dra. Rafaela Harumi Fujita e ao Professor Dr. Ericson Hideki Heyakawa pela colaboração e elaboração de mapas.

Ao Dr. Rodrigo Santana Macedo pela grande ajuda e colaboração nas interpretações das análises mineralógicas e demais contribuições no trabalho.

Ao Ademar da Silva e a Fernanda A. Cecchet pela grande ajuda em campo.

Ao Núcleo de Estações Experimentais da UNIOESTE Campus de Marechal Cândido Rondon por disponibilizar o veículo para trabalho de campo.

À Professora Dra. Marga Eliz Pontelli e a Professora Dra. Margarita Luisa Osterrieth pela colaboração na dissertação.

À Andreia Zuchelli Cucchi, secretária do Programa de Pós-Graduação por sempre esclarecer as dúvidas, sempre com muito profissionalismo.

Ao laboratório de Física do solo da UNIOESTE- Campus de Marechal Cândido Rondon e a Professora Dr. Edleusa Pereira Seidel por disponibilizar o laboratório para a realização das análises físicas de rotina.

À Aline Mello Gracioli (*in memoriam*) pela ajuda nas análises físicas realizadas no Laboratório de Física do Solo da UNIOESTE e também por sua amizade.

A Daiana C. Refati, Fernanda A. Cecchet e Paula Louise L. F. Ewald pela companhia de morada, convivência e amizade.

A todos eu agradeço MUITO, por tudo!

RESUMO

O trabalho exposto teve como objetivo compreender a evolução da cobertura pedológica e os processos pedogenéticos atuantes nas unidades de paisagem de Marechal Cândido Rondon/PR. Foram selecionados dois perfis de LATOSSOLO, um sob vegetação nativa e outro sob agricultura. Através de análises mineralógicas, aliadas a dados químicos, físicos e morfológicos do solo foi possível interpretar o atual estágio de intemperismo dos perfis de solos. Visando também contribuir com os estudos sobre as superfícies geomórficas no sudoeste do Paraná, investigou-se a hipótese de continuidade dessas superfícies para região oeste do Paraná. A correlação entre os resultados dessa pesquisa e aqueles dos estudos já realizados pelo Grupo Gênese e Evolução de Superfícies Geomórficas e Formações Superficiais (GESGFS), apontam que os solos estudados no oeste paranaense estão em avançado estágio de intemperismo apresentando uma mineralogia composta predominantemente por minerais 1:1 (Caulinita), e minerais 2:1 (Vermiculita com hidroxientrecamadas). A mineralogia e demais atributos dos LATOSSOLOS estudados indicam que ocorreu um processo de monossilicização com hidrólise parcial ao longo da pedogênese. Considerando a paisagem local o solo esta em concordância com o ambiente de formação em clima subtropical e em relação à paisagem regional apresenta as mesmas características pedológicas dos solos nas Superfícies Incompletamente Aplainadas V e VI, no sudoeste do PR, indicando haver similaridade pedogenética entre os solos dessas superfícies e os solos estudados.

Palavras-chave: LATOSSOLOS; intemperismo; pedogênese; Marechal Cândido Rondon.

MINERALOGICAL CHARACTERIZATION AND GENESIS OF OXISOL IN
MARECHAL CÂNDIDO RONDON- PR

ABSTRACT

The following work had as its goal to comprehend the evolution of the pedological cover and the active pedogenetic processes in the landscape unities in Marechal Cândido Rondon/PR. It has been selected two profiles of Oxisol, one under native vegetation and the other under agriculture. Through mineralogical analyses, allied with chemical, physical and morphological data, it was possible to interpret the current level of weathering of the soil profiles. Also, aiming to contribute with the studies about the geomorphic surfaces in the southwest of Paraná, it has been investigated the hypothesis of these surfaces' continuities in the west region of Paraná. The correlation between the results of this research and those from the studies which have already been done by the Grupo Gênese e Evolução de Superfícies Geomórficas e Formações Superficiais (GESGFS) point out that the studied soils in the west of Paraná are in advanced stage of weathering, presenting a mineralogy composed mainly by minerals 1:1 (Kaolinite), the minerals 2:1 (Vermiculite with hydroxy-interlayered). The mineralogy and other Oxisols attributes studied indicate that it has been occurred a process of monossialitization with partial hydrolysis along the pedogenesis. Considering the local landscape, the soil is in accordance with the formation environment in subtropical climate and in relation to the regional landscape they present the same pedological characteristics of the soils in the Incompletely Planed Surfaces V and VI in the southwest of PR, indicating that there is pedogenetic similarity between the soils from these surfaces and the studied soils.

Key words: Oxisols; weathering; pedogenesis; Marechal Cândido Rondon.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Superfícies geomórficas incompletamente aplainadas do Sudoeste do Paraná e Noroeste de Santa Catarina.	20
Figura 2: Organograma de trabalhos realizados pelo Grupo Gênese e Evolução de Superfícies Geomórficas e Formações Superficiais nas Superfícies Incompletamente Aplainadas de Paisani <i>et al.</i> , (2008a).	22
Figura 3: Figura de localização da área de estudo.	38
Figura 4: Sub-unidades Geomorfológicas da Mesorregião Oeste do Paraná.....	38
Figura 5: Perfil 1. LATOSSOLO VERMELHO Distrófico úmbrico.	46
Figura 6: Perfil 2. LATOSSOLO VERMELHO Eutroférico típico.	49
Figura 7: Atração magnética nos LATOSSOLOS; A- Perfil 1; B- Perfil 2.....	50
Figura 8: Difrátogramas de Raio X - Perfil 1.	58
Figura 9: Difrátogramas de Raio X- Perfil 2.	59

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Atributos morfológicos e físicos dos perfis dos LATOSSOLOS.	47
Tabela 2: Atributos químicos dos LATOSSOLOS.....	54
Tabela 3: Análise de Ataque sulfúrico dos LATOSSOLOS.....	56

SUMÁRIO

1-INTRODUÇÃO	11
1.1- OBJETIVOS	13
2-REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	14
2.1- O SOLO: FORMAÇÃO E ORGANIZAÇÃO COMO ELEMENTO NATURAL	14
2.1.1- Fatores de Formação do Solo	14
2.2- SUPERFÍCIES DE APLAINAMENTO: ESTUDOS NO PLANALTO DAS ARAUCÁRIAS	19
2.3- RELAÇÃO SOLO/PAISAGEM.....	27
2.4- PEDOGEOQUÍMICA DO SOLO	31
2.5-ORDEM DOS LATOSSOLOS	33
3. LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	37
3.1. LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	37
3.2. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	37
4. MATERIAL E MÉTODOS	42
4.1. DESCRIÇÃO E COLETA DE SOLOS.....	42
4.2. MÉTODOS DE ANÁLISE DO SOLO.....	42
4.2.1. Análises físicas de rotina.....	42
4.2.2. Análise granulométrica	42
4.2.3. Análise química de rotina	43
4.2.4. Digestão sulfúrica	44
4.2.5. Análises mineralógicas	44
5- APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	46
5.1. CARACTERIZAÇÃO MACROMORFOLÓGICA	46
5.2. CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DOS SOLOS	50
5.3. CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA DOS SOLOS	52
5.4. DIGESTÃO SULFÚRICA.....	55
5.5. CARACTERIZAÇÃO MINERALÓGICA	55
6- DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	60
6.1. ANÁLISE DA MINERALOGIA E RESSALVAS SOBRE MUDANÇAS AMBIENTAIS. ...	65
6.2. RELAÇÃO DA REGIÃO OESTE E AS SUPERFÍCIES INCOMPLETAMENTE APLAINADAS IDENTIFICADAS POR PAISANI <i>et al.</i> (2008 a).....	66
7- CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	68
8- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	70
9- APÊNDICES	87
9.1- Apêndice1	87
9.2. Apêndice2	89

1-INTRODUÇÃO

Os solos são elementos presentes na natureza e são elementos essenciais na paisagem, sendo eles resultantes da interação entre a atmosfera, hidrosfera, biosfera e litosfera, constituindo a pedosfera (RESENDE *et al* 2007).

A paisagem está em constante transformação, sofrendo alterações em suas características primárias. Em regiões de climas tropicais e subtropicais como no sul do Brasil, as transformações e a evolução da paisagem ocorrem de maneira acentuada devido ao intemperismo químico, que promove um maior desgaste da superfície através de processos desencadeados e potencializados pelas altas temperaturas e precipitação, favorecendo a atuação de transformações químicas (BECKER *et al.*, 2012).

O solo é um recurso natural essencial e um grande integrador entre os processos naturais e antrópicos e pode preservar registros da história geológica, geomorfológica, climática, biológica e humana de uma paisagem (DENT *et al.*, 2007). O solo é parte fundamental no fluxo de elementos químicos (nutrientes e alumínio), da água e de fluxos de calor. Assim, o estudo do solo torna-se essencial quando se visa à compreensão e evolução de uma paisagem ao longo do tempo.

Um estudo que visa integrar os solos e o relevo pode aportar informações para o entendimento do atual modelado em escala local, e por vezes regional. Assim, estudos pedológicos são imprescindíveis para se compreender a evolução e formação do relevo (SCHAETZL e ANDERSON, 2005).

O modelado do relevo se diferencia por apresentar formas variadas, decorrentes da atuação de diferentes climas ao longo do tempo. Os solos acompanham as diferentes formas de relevo que interferem na geografia do solo. Em áreas de relevos mais estáveis, de formações mais planas é possível encontrar solos maduros, espessos e muito evoluídos pedogeneticamente, pois a natureza e a paisagem local permitiram tal evolução.

A paisagem se constitui de variadas classes de solos, formadas pela maior ou menor intensidade dos fatores e processos de formação do solo. Em regiões tropicais, onde se encontram alta temperatura e alta precipitação são encontrados em áreas de relevos mais suaves classes de solos profundos e bem desenvolvidos, como os LATOSSOLOS.

No sudoeste paranaense estudo realizados por Paisani *et al* (2013) aponta que perfis de solos classificados como LATOSSOLOS E NITOSSOLOS espessos e evoluídos mineralogicamente corroboram a atuação de uma frente de intemperismo químico intensa. Estas classes de solos são encontradas em áreas de relevo e paisagem já bem evoluídas, em

locais de relevo estável. Considerando a evolução de relevo e as paisagens da região compreendida entre o sudoeste do Paraná e noroeste de Santa Catarina, foram reconhecidas oito superfícies geomórficas incompletamente aplainadas por Paisani et al. (2008) através de descrições em campo e verificação da distribuição espacial das superfícies (Figura 1).

As superfícies estão dispostas em escadarias que, de leste para oeste, diminuem em altitude de 1300m acima do nível do mar (a.n.m) para abaixo de 600 m (a.n.m). O relevo nessas superfícies foi classificado (PAISANI *et al.*, 2008a).

Dentre os estudos realizados nas superfícies destacam-se os de cunho pedológico realizados nas superfícies V (BERTUOL, 2014) e VI (RODRIGUES, 2011) indicaram que estas são as superfícies que possuem solos mais profundos e evoluídos mineralogicamente, que podem ser usados para fins de comparação com os solos estudados na presente pesquisa.

Na Superfície incompletamente aplainada VI, que foi estudada por Rodrigues (2011) foi realizada a caracterização das formações superficiais. Nessa superfície foi constatado o predomínio de pedogênese, com formação de profundos perfis de alteração. Os resultados mostraram que a paisagem apresenta solos com avançado estágio de intemperismo (LATOSSOLO VERMELHO Distroférico).

Na Superfície V, estudada por Bertuol (2014) foram realizadas análises de caráter pedológico, onde constatou, por meio de estudos de um perfil de alteração, que o solo está em avançado estágio de intemperismo.

Considerando os estudos pedológicos já realizados nas superfícies incompletamente aplainadas a presente proposta de pesquisa visa corroborar os estudos do Grupo GESGFS sobre a distribuição das superfícies aplainadas identificadas por Paisani *et al.* (2008). Estudos preliminares sugerem que os processos pedogenéticos que atuaram na formação destas superfícies podem também estar atuando em direção ao oeste do Paraná. Comparando os solos encontrados, sua classe (LATOSSOLOS) e o grau de evolução dos estudos pedológicos das superfícies V e VI pode-se levantar a hipótese de continuação dos mesmos processos para o extremo oeste do Paraná, hipótese esta que será investigada por meio dos estudos pedogenéticos de dois perfis de LATOSSOLOS situados na região de Marechal Cândido Rondon, PR.

1.1- OBJETIVOS

Nesta pesquisa foram estudados dois perfis de solo, sendo um perfil de alteração completo e um perfil de dois metros de profundidade (seção de controle) visando obter uma primeira aproximação do nível de evolução da cobertura pedológica e os processos pedogenéticos atuantes nas unidades de paisagem selecionada.

Especificamente objetiva-se:

- a) Caracterizar física, química e mineralogicamente dois perfis de LATOSSOLOS;
- b) Comparar os atributos dos solos das áreas de estudo com aqueles das superfícies VI, VII de Paisani *et al.* (2008a), para testar a hipótese de continuidade dos processos responsáveis e/ou predominantes das superfícies para oeste do Paraná.

2-REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A revisão de literatura apresentada a seguir foi elaborada visando apresentar uma base conceitual e teórica sobre os principais temas e técnicas abordados nessa dissertação, bem como uma revisão sobre os trabalhos realizados enfocando as relações solo-paisagem no Estado do Paraná.

2.1- O SOLO: FORMAÇÃO E ORGANIZAÇÃO COMO ELEMENTO NATURAL

De acordo com a Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Solo é:

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

A formação do solo depende de condições naturais para evoluir. O clima e os organismos (flora e fauna), controlados pelo relevo, atuam sobre um material de origem, ao longo do tempo gerando o intemperismo e conseqüentemente a formação de solos (pedogênese).

Cada paisagem é formada por diferentes intensidades e diferentes aspectos naturais que condicionam a formação de variadas classes de solos que se diferem em espessura, horizontes pedogenéticos e grau de intemperismo. Esses aspectos naturais variam principalmente em decorrência da intensidade da precipitação e temperatura, diferentes materiais de origem e diferentes disposições da topografia (FOTH, 1990; PALMIERI e LARACH, 2010).

2.1.1- Fatores de Formação do Solo

A formação do solo ocorre através de alterações externas, ocasionadas pelo intemperismo. Cada propriedade individual, que caracteriza os diferentes tipos de solo é

dependente de fatores naturais como o material de origem (diferentes tipos de rochas), clima, organismos (ação de organismos vivos), relevo (formas da superfície terrestre), tempo (idade do solo) (JENNY, 1941; VIEIRA 1975; GUERRA e BOTELHO, 1996; PALMIERI e LARACH, 2010, KAMPF e CURI, 2012).

Os cinco principais fatores de formação do solo foram reconhecidos por Jenny (1941) e valorizadas nos estudos de Dokuchaev e sua equipe, que constataram que existiam solos que apresentavam camadas horizontais semelhantes em locais diferenciados, sobre tipo climático e de vegetação semelhantes. Solos oriundos de um mesmo material de origem podem se diferenciar entre si quando expostos a climas diferentes. (OLIVEIRA, 1972; VIEIRA, 1975; YOUNG, 1976; WHITE, 2009; BRADY E WEIL, 2013).

A atuação dos fatores de formação ocorre em maior ou menor intensidade na formação dos solos, sendo que em determinados locais uma das variáveis terá um ressaltado sobre as outras (WHITE, 2009). A relação entre os fatores de formação do solo podem ser apontadas conforme a variável predominante. Assim uma climosequência indica o controle do clima; uma litossequência é controlada pelo material de origem; uma biossequência tem predomínio da atuação dos organismos; uma topossequência expressa o controle do relevo e uma cronosequência indica o tempo como fator preponderante (JENNY, 1941).

Material de origem

As características do solo dependem e variam conforme seu material de origem. Existem diversos tipos de materiais que podem dar origem a um solo: autóctones ou residuais, intemperismo da rocha subjacente; alóctones, materiais transportados; ou ainda pseudo-autóctones e materiais retrabalhados de diferentes locais. (VIEIRA, 1975; PALMIERI e LARACH, 2010; BRADY e WEIL, 2013).

De acordo como Ferreira (2013) o material de origem tem grande influencia sobre as propriedades e características químicas, físicas e mineralógicas do solo formado, pois são herdados da rocha mãe e caracterizam a formação do solo. O grau de consolidação do solo, textura, resistência dos minerais ao intemperismo são algumas características ligadas à rocha. (JENNY, 1941; VIEIRA, 1975; PORTO, 2010).

Considerando os materiais de origem residuais existem três tipos de rochas que originam solos pela ação do intemperismo: rochas ígneas, sedimentares e metamórficas. No

caso do extremo oeste paranaense são encontradas rochas ígneas, básicas, denominada de basalto da Formação Serra Geral, idade Juro-Eo- Cretáceo (NARDY *et al.*, 2002).

Clima

O clima é um dos fatores de formação do solo que mais se destaca (TOLEDO *et al.*, 2000). Os dois principais elementos do clima para a formação de solos são a temperatura e precipitação. Ambos controlam a velocidade das reações químicas que ocorrem no solo. Quanto mais quente e úmido for o ambiente mais rápida e maior será a alteração química das rochas e mais intensa será a pedogênese. (JENNY, 1941; TOLEDO *et al.*, 2000; LEPSCH, 2011; WHITE, 2009). Segundo Ferreira (2013) e Vieira (1988) a temperatura influencia a percolação da água no solo, podendo acelerar as reações químicas e aumentar a evaporação interferindo na lixiviação de constituintes do solo.

Materiais de origem iguais, porém sob condições climáticas diferentes, podem formar variados tipos de solos, enquanto que materiais de origem diferentes, estando em condições climáticas iguais por um longo período de tempo podem formar solos parecidos (LEPSCH, 2011).

Na região de Marechal Cândido Rondon- PR a clima atual, conforme classificação de Koppen é do tipo Cfa, subtropical com chuvas bem distribuídas durante o ano e verões quentes. As temperaturas médias anuais são de 22°C e 23°C e precipitação pluvial variada de 1.600 a 1.800 mm.

Organismos

Os organismos que atuam na formação do solo englobam as plantas (flora), os animais, os micro-organismos e os seres humanos. A vegetação pode influenciar no desenvolvimento dos perfis e na diferenciação dos horizontes pedológicos, contribuindo na fragmentação da rocha pelas raízes, o input e distribuição de matéria orgânica do solo (MOS) e suas implicações nas propriedades químicas do solo. A vegetação protege também o solo, servindo como barreira contra ação de processos erosivos (GUERRA E BOTELHO, 1996; BRADY e WEIL, 2013).

Os insetos e animais (micro, meso e macro fauna) podem provocar alterações nos horizontes pedológicos, revolvendo os materiais entre os horizontes e também podem promover uma maior aeração e movimento da água no solo. (VIEIRA, 1988; GUERRA E BOTELHO, 1996; BRADY e WEIL, 2013).

As atividades antrópicas como as queimadas e devastação da cobertura vegetal natural podem promover alterações da estrutura e tipo de vegetação, tornando os solos mais vulneráveis e suscetíveis aos processos erosivos; as atividades agropecuárias (pisoteio do gado; atividades agrícolas) podem causar danos estruturais por meio da compactação do solo e desencadear processos erosivos (BRADY e WEIL, 2013; WHITE, 2009).

Relevo

O relevo interfere na formação à medida que varia a situação topográfica da paisagem onde o solo se encontra (diferentes altitudes, grau de inclinação do relevo e também posição na paisagem). Tudo isso pode influenciar diretamente nas taxas de infiltração/deflúvio da água no sistema pedológico.

Em locais que apresentam um relevo mais íngreme a taxa de deflúvio é maior que a de infiltração, ocasionando a ocorrência de solos mais rasos e menos desenvolvidos pedologicamente. Já o solo em situação topográfica mais plana ou suave ondulada, que permite uma boa infiltração da água e uma menor taxa de deflúvio acaba permitindo uma manutenção do intemperismo na base do perfil, promovendo o espessamento do mesmo e a evolução do solo (GUERRA E BOTELHO, 1996; TOLEDO *et al.*, 2000 BRADY e WEIL, 2013).

Na região de estudo, o relevo regional varia de suave ondulado à ondulado, com formação de solos espessos, bem desenvolvidos, caracterizado pela alta taxa infiltração/deflúvio da água no solo, como os LATOSSOLOS e NITOSSOLOS VERMELHOS (MORESCO, 2007, CALEGARI e MARCOLIN, 2014).

Tempo

O fator tempo está relacionado à evolução dos horizontes do solo, seu grau de intemperismo. O tempo de desenvolvimento da gênese do solo é dependente da natureza dos

outros fatores de formação, alguns solos e suas propriedades se desenvolvem em um tempo mais curto e outras requerem um tempo mais longo para se desenvolverem. Por exemplo, a formação de horizontes A pode evoluir em algumas décadas, já um horizonte B envolve mais do que décadas para se desenvolver (DUCHAUFOR, 1997).

Considera-se também o tipo de material de origem, topografia, temperatura e organismos dos locais de desenvolvimento dos solos. Em lugar de clima quente e úmido com relevo relativamente plano e material de origem permeável o imtemperismo será muito intenso, formando solos mais rapidamente que em local de clima seco, com material de origem mais resistente e topografia mais íngreme (FOTH, 1990; DUCHAUFOR, 1997; BRADY e WEIL, 2013).

Processos de Formação do solo

De acordo com Palmieri e Larach (2010), cada tipo de solo possui suas próprias características que determinam os horizontes pedogenéticos. Os horizontes do solo se diferenciam pelas alterações biológicas, químicas e físicas que ocorrem, conferindo então suas diferentes características.

Processos pedogenéticos de acordo com Kampf e Curi (2012) permitem entender os aspectos presentes no perfil do solo, ajudando na sua classificação e identificação.

Young (1976) coloca que a individualização e diferenciação dos solos ocorrem pela ação combinada de fatores e também por processos de formação dos mesmos. A formação de um perfil de solo depende da interação e intensidade dos quatro mecanismos, também conhecidos como processos pedogenéticos (KÄMPF e CURI, 2012; GUERRA e CUNHA, 2010). São conhecidos modelos de processos pedogenéticos, como os processos múltiplos, sendo:

- perdas (erosão, lixiviação, etc.);
- adições (água no sistema, matéria orgânica, etc.);
- transformações (transformações de minerais primários em secundários, etc.);
- translocações (movimentação de materiais entre horizontes no solo).

Juntamente com estes, também ocorrem os processos específicos de formação do solo. Estes processos pedogenéticos específicos ocorrem associados aos processos múltiplos, sendo caracterizados e encontrados variados processos (KAMPF e CURI, 2012).

De acordo com Duchaufour (1997), os processos específicos dependem do clima onde a paisagem esta locada, onde irão variar, em sua maior ou menor intensidade. Em locais de climas tropicais e subtropicais, que é o caso do local de estudo, os três processos mais intensos do intemperismo químico são a ferralitização, a brunificação e a podzolização.

-Ferralitização: ocorre por meio de uma intensa lixiviação de cátions básicos pela grande quantidade de água no sistema onde o Si é totalmente ou parcialmente removido do solo e os silicatos primários são precipitados como óxidos de ferro. O Al dos silicatos se une ao Si e formam argilominerais 1:1 (caulinita). Isso ocorre em áreas de clima tropical. Também pode ocorrer a formação de minerais 2:1 como a montorilonita em clima tropical e subtropical (DUCHAUFOR, 1982; BUOL *et al.*, 1997; KÄMPF e CURI, 2012);

-Brunificação: liberação do Fe^{2+} dos minerais primários. Apresentam solos com cores vermelhas e brunas devido à liberação dos óxidos de ferro (goethita e hematita) (DUCHAUFOR, 1982; BUOL *et al.*, 1997; KÄMPF e CURI, 2012).

-Podzolização: mudança vertical ou lateral de materiais orgânicos ou com Al e Fe. Ocorre a translocação tanto de matéria orgânica como óxidos dos horizontes A para horizontes B (PALMIERI E LARACH, 2010; DUCHAUFOR, 1997; KAMPF e CURI, 2012).

2.2- SUPERFÍCIES DE APLAINAMENTO: ESTUDOS NO PLANALTO DAS ARAUCÁRIAS

A paisagem terrestre é composta de variadas formas de relevo, resultantes da atuação de diferentes climas ao longo de sua história. As superfícies geomórficas ou superfícies aplainadas, segundo Silva (2009) é o termo que mais vem sendo utilizado para definir compartimentos do relevo e explicar a evolução da paisagem.

Em recente revisão Neto *et al.* (2011) destacam que algumas terminologias são mais recorrentemente utilizadas na designação de diferentes compartimentos do relevo conforme sua gênese, evolução, estrutura, altimetria e posição na paisagem: superfície de erosão, superfície de aplainamento, superfície geomórfica, peneplano, pediplano, *primarrumpf*, *etchplano*, entre outros.

A paisagem geomorfológica procura ser explicada para fins de compressão de sua evolução, formação e atual posição e forma na paisagem. Seguindo essa linha de evolução destacam-se na paisagem as superfícies aplainadas ou geomórficas.

Por definição, uma superfície geomórfica é uma parte da superfície da Terra que se define no espaço e no tempo (RUHE, 1969); um acidente geográfico ou grupo de formas de relevo que representam um episódio de desenvolvimento da paisagem (BALSTER e PARSONS, 1968) uma parte da superfície da Terra que possa ser estudada e cartografada (DANIELS *et al.*, 1971).

Assim, entende-se que a superfície da Terra é um composto de superfícies geomórficas que variam em termos de idade, forma e origem (DANIELS e HAMMER, 1992). Uma superfície geomórfica pode estar nivelada e plana ou com forte declividade, variando sua forma desde plana até côncava e convexa ou qualquer combinação possível dessas formas elementares.

Ainda de acordo com Daniels e Hammer (1992) superfícies geomórficas podem ser de natureza erosiva, formada por processos eólicos, glaciais, de movimentos de massa ou por ação da água, bem como de natureza acumulativa, formada pela deposição de sedimentos, como uma superfície fluvial. Para estes autores, uma superfície geomórfica pode ser construcional ou de erosão, ou ambas. Todas as superfícies de erosão ao longo de sua formação gradam para uma superfície de construção.

Portanto, as superfícies de aplainamento configuram áreas de estruturas diversas que foram aplainadas ou cortadas indiferentemente pela erosão, o que repercute em uma forma topográfica discordante da estrutura, localizada acima do nível de base regional e modelada por processos de denudação subaérea, associados ou não a processos de acumulação (PINTO, 1988; NETO *et al.*, 2011).

Autores como Davis (1899), Penk (1924), King (1953) e Budel (1957) que, de maneira pioneira investigaram a origem das superfícies aplainadas, constataram, sobretudo os três últimos, que a gênese e evolução dessas superfícies estão relacionadas aos ciclos de intercalações climáticas de períodos glaciais e interglaciais do período Quaternário, que apresentaram, respectivamente, épocas de clima semi-árido e clima úmido.

No Paraná o reconhecimento e estudo de superfícies geomórficas, ou de remanescentes delas, vêm sendo realizado, a exemplo dos estudos de Mello *et al.* (2003); Camargo e Camargo Filho (2005) no Segundo Planalto Paranaense e Paisani *et al.* (2008a) no Terceiro Planalto Paranaense (Sudoeste do Paraná e Noroeste de Santa Catarina).

Paisani *et al.* (2008a) identificaram oito remanescentes de superfícies incompletamente aplainadas ao longo do noroeste de Santa Catarina e Sudoeste do Paraná, através de descrições em campo e verificação da distribuição espacial das superfícies (Figura 1).

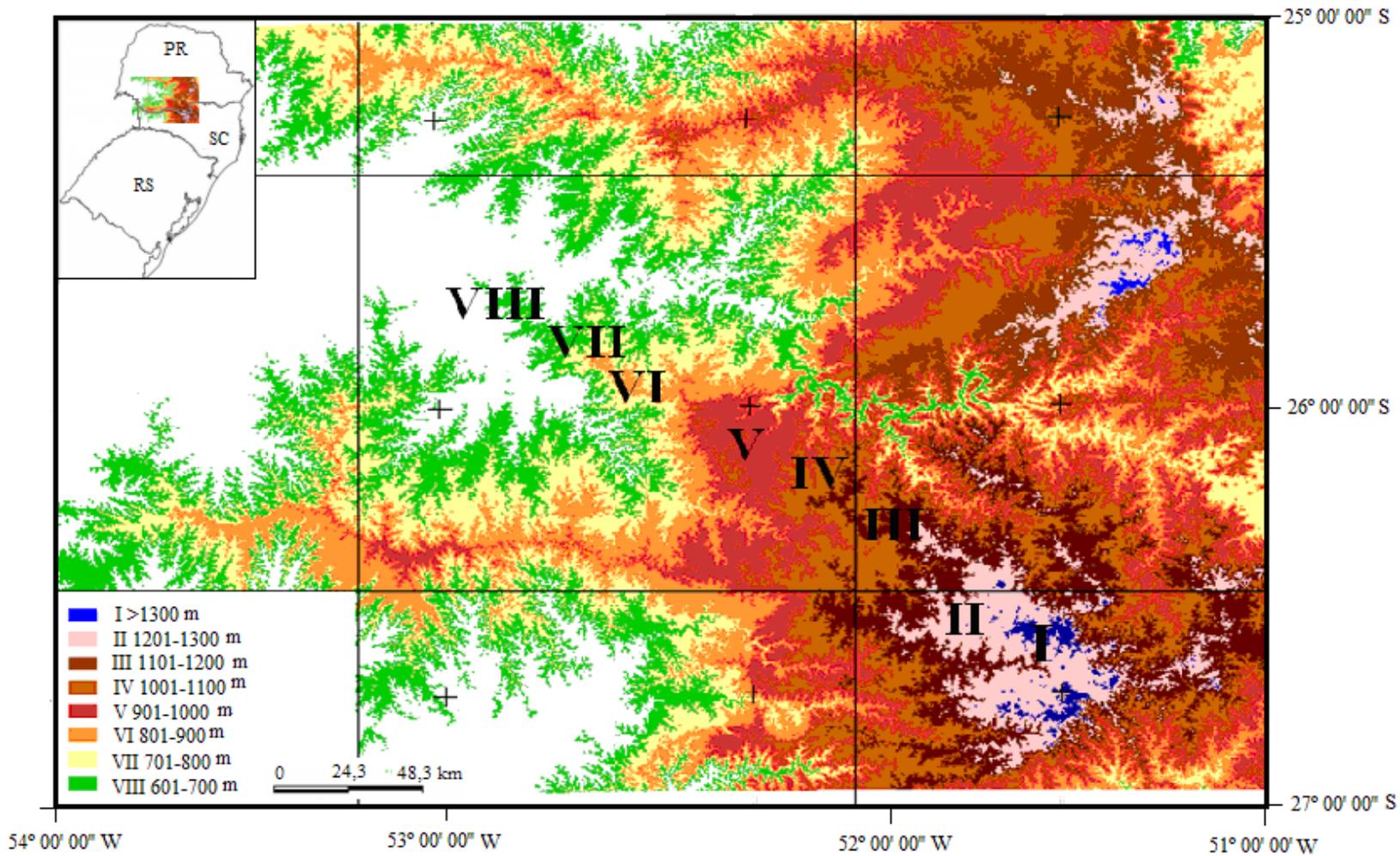


Figura 1: Superfícies geomórficas incompletamente aplainadas do Sudoeste do Paraná e Noroeste de Santa Catarina.
 Fonte: adaptado de Paisani *et al.*, (2008a).

As superfícies estão dispostas em escadarias que, de leste para oeste, diminuem em altitude de 1300m acima do nível do mar (a.n.m) para abaixo de 600 m (a.n.m). O relevo nessas superfícies foi classificado (PAISANI *et al.*, 2008a):

- relevos residuais (maiores cotas altimétricas agrupadas entre 1301-1400m, superfície I);
- planaltos (relevos residuais entre 1201 e 1300m, superfície II);
- patamares (grande extensão, entre as cotas 1101 e 1200m, superfície III- aprox. 25Km de extensão em Palmas-PR e entre 1101-1100m, superfície IV- aprox. 13Km de extensão em Pinhão);
- superfícies interplanálticas (superfície V entre 901 e 1000 m de extensão de aprox. 24 Km em Clevelândia, 29Km em Mangueirinha e 41Km entre Candói e Guarapuava; Superfície VI entre 801-900 m; Superfície VIII entre 601-700m);
- superfícies em elaboração (ombreiras de fundos de vale, abaixo de 600 m).

Os vários estudos já realizados nessas superfícies e que aportam informações importantes sobre a caracterização das unidades geomórficas estão sintetizados na Figura 2. As superfícies de cimeira, ou as superfícies incompletamente aplainadas I e II são mantidas por substrato ácido da Formação Serra Geral, membro Palmas, com rochas tipo riolito e riolacito (LIMA, 2012; NARDY *et al.*, 2002). Vários trabalhos já foram desenvolvidos nestas superfícies (RAITZ, 2012; PAISANI *et al.*, 2012; FACCHIN, 2013; GUERRA, 2012; LIMA, 2013; OLIVEIRA, 2014; PAISANI *et al.*, 2013), e os resultados indicam que, diferentemente das demais superfícies identificadas, estas apresentam maior ocorrência de depósitos de colúvio, colúvio-alúvio e alúvio, bem como paleossolos enterrados (PAISANI *et al.*, 2012).

Nas demais superfícies incompletamente aplainadas, desenvolvidas sobre rochas basálticas da Formação Serra Geral, os resultados de estudos que vêm sendo realizados pelo Grupo GESGFS indicam haver um predomínio de alteração (pedogênese) sobre erosão (morfogênese) favorecendo a formação e espessamentos de solos mais profundos e evoluídos pedologicamente e mineralogicamente (BERTOLDO, 2010; BRAGAS, 2010; RODRIGUES 2011; RAITZ, 2012; PAISANI *et al.*, 2013; BERTUOL, 2014).

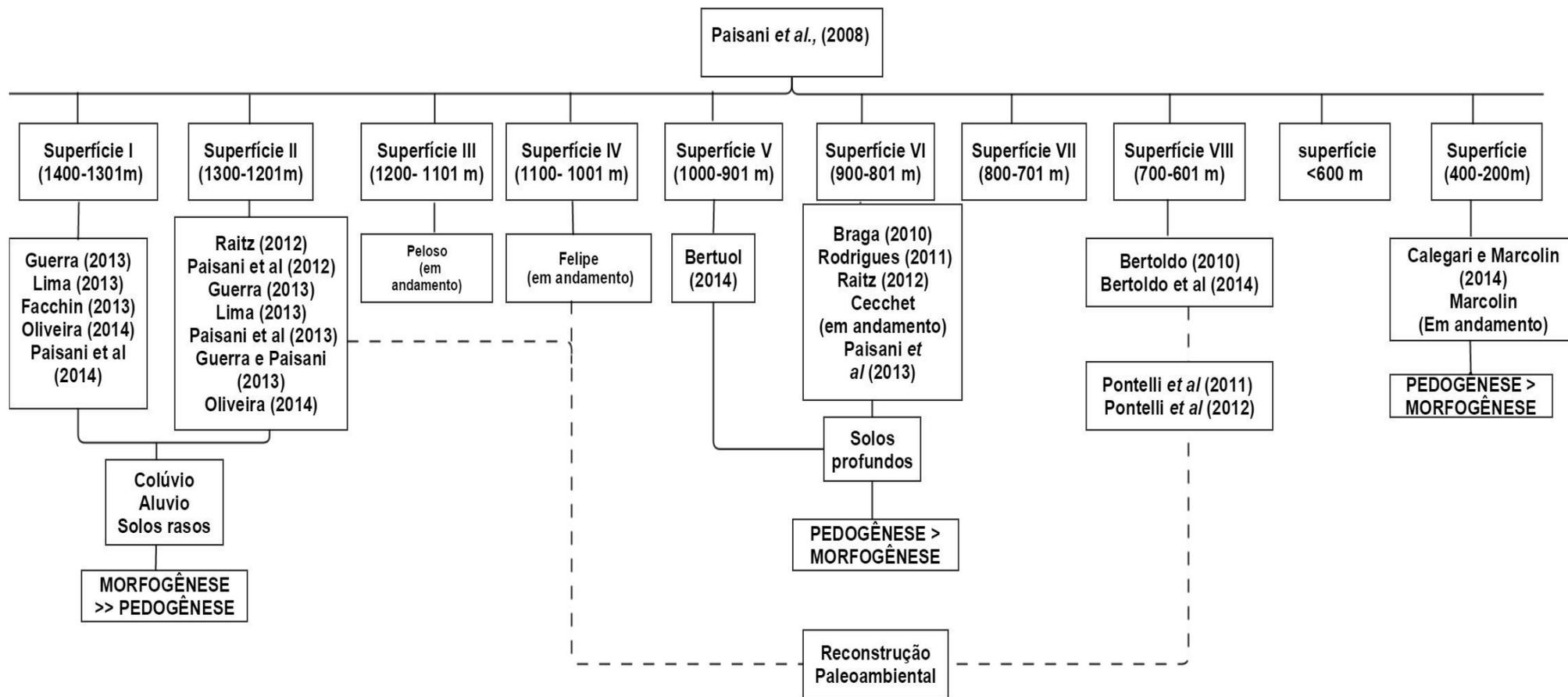


Figura 2: Organograma de trabalhos realizados pelo Grupo Gênese e Evolução de Superfícies Geomórficas e Formações Superficiais nas Superfícies Incompletamente Aplainadas de Paisani et al., (2008a).

Fonte: elaborado pela autora.

Desta forma, o entendimento da gênese dessas superfícies incompletamente aplainadas tem gerado vários questionamentos, tais como qual teoria melhor explicaria a formação dessas superfícies. Até o momento, os resultados obtidos indicam que a teoria da etchplanação é a que melhor se aplica (PAISANI *et al.*, 2013), pois se identificam na paisagem evidências da atuação de mecanismos conhecidos como duplo front de alteração, necessários para que ocorra a etchplanação (SALGADO, 2007) sendo elas:

- superfície exumada de lavagem (na superfície predominam os processos mecânicos de escoamento pluvial);
- superfície basal de intemperismo: ocorre em subsuperfície, lixiviando a rocha e ocorrendo a denudação química;

A presença de perfis de LATOSSOLOS e NITOSSOLOS espessos e evoluídos mineralogicamente também corrobora a atuação de uma frente de intemperismo químico intensa na região (PAISANI *et al.*, 2013).

Em geral os estudos realizados até o momento procuraram realizar caracterizações dessas superfícies por meio de um conjunto de análises que se complementam e favorecem a compreensão de cada uma delas isoladamente e do conjunto da paisagem abarcada por essas oito superfícies incompletamente aplainadas.

Visando uma caracterização do Planalto de Palmas/PR e Água Doce/SC, Guerra (2012) identificou registros de paleossolos, depósitos de colúvio e alúvio e interpretou a evolução da paisagem como resultado de intercalações entre processos, ora prevalecendo a morfogênese, ora a pedogênese.

Nas superfícies incompletamente aplainadas I e II Lima (2013) identificou em seu estudo a ocorrência de rocha ácida alterada intercalada com o riolito inalterado. A ocorrência de derrame intemperizado sobre a rocha sã, indica que a superfície de cimeira esta disposta sob dois derrames de rocha inalterada. Nos locais onde se encontram os relevos residuais já houve o dissecamento dos derrames que ali existiam. Assim, devido a presença desse sistema aflorando próximo a superfície no planalto de cimeira, interpretou-se que esse planalto sofreu soerguimento (leste) e que a oeste (calha do rio Paraná) ocorreu uma subsidência, como indicado por Paisani *et al.* (2008 a).

Estudo em escala de detalhe foi realizado por Oliveira (2014) em um leque aluvial na Superfície incompletamente aplainada II. Foi constatada a ocorrência, anteriormente a sua formação, de uma mudança tectônica. Também foram encontradas evidências que indicaram

mudanças paleoambientais na área, passando de um clima mais úmido para um mais seco durante o Holoceno médio.

Estudo de caracterização da cobertura superficial foi realizado por Bragas (2010), em uma cabeceira de drenagem localizada no interior da Superfície incompletamente aplainada VI, em posição de topo, local considerado como divisor de águas. Esse estudo buscou compreender se a formação da cabeceira corresponde a processos erosivos ou de alteração pedogeológica. Na cabeceira de drenagem foram individualizados e caracterizados três segmentos que formam a cabeceira: *nose*, *sideslope* e *hollow*. Em posição de *nose* e *sideslope* ocorreu uma formação autóctone e pedogenética. Já em *hollow* foram identificados dois depósitos coluviais.

Na Superfície incompletamente aplainada VI, Rodrigues (2011) também realizou a caracterização das formações superficiais. Nessa superfície foi constatado o predomínio de pedogênese, com formação de profundos perfis de alteração. Por meio da análise do estágio intempérico do solo o estudo buscou relacionar a evolução da paisagem e a formação da superfície, concordando com o que foi apontado por Paisani *et al.* (2008a) que o melhor modelo evolutivo aplicado para explicar a sucessão de remanescentes na paisagem do sudoeste paranaense seria a da teoria da Etchplanação, por perda e alteração geoquímica. Os resultados mostraram que a paisagem apresenta solos com avançado estágio de intemperismo (LATOSSOLO VERMELHO Distroférico). Considerando os resultados mineralógicos e químicos do solo, compreende-se que a superfície VI evoluiu por perda isovolumétrica, ocasionada pela atuação da etchaplanção, possibilitando o aplainamento.

Bertuol (2014), buscando a compreensão sobre a evolução da cobertura superficial da Superfície V realizou análises de caráter pedológico, onde constatou, por meio de estudos de um perfil de alteração, que o solo está em avançado estágio de intemperismo e que a superfície esta evoluindo por processo de etchaplanção.

Estudos de reconstrução e registros paleoambientais também estão sendo realizados nessas superfícies a fim de estabelecer a trajetória evolutiva das trocas de vegetação e inferir sobre condições climáticas que possam ter atuado ou interferido na evolução dessa paisagem.

Bertoldo (2010), Bertoldo *et al.* (2014) realizaram estudos utilizando palinórfos e datação por ^{14}C , em materiais coletados na Superfície VIII. Os resultados permitiram interpretar características autóctones, datado com idade do final do Pleistoceno, época de clima mais seco que o atual. Essa condição climática foi corroborada pelo conjunto polínico obtido, composto por espécies de vegetação campestre.

Considerando que na maioria das oito superfícies ocorre o predomínio de solos minerais não hidromórficos e que a presença de turfeiras e ORGANOSSOLOS é baixa, tem-se assim um quadro em que nem sempre há condições ideais para preservação dos grãos de pólen. Portanto, técnicas adicionais têm sido empregadas para contribuir nos estudos de reconstrução paleoambiental no sudoeste do Paraná, como as análises isotópicas do carbono da matéria orgânica do solo ($\delta^{13}\text{C}$) e de fitólitos. Ambos se preservam muito bem nos solos em condição redutora (hidromórfico), quanto oxidante (seco).

Neste sentido, como uma primeira etapa para a aplicação da análise fitolítica nos solos e sedimentos das diferentes superfícies no Paraná foi elaborada a coleção de referência de fitólitos extraídos de plantas e solos (RAITZ, 2012).

Foram identificados e nomeados todos os morfotipos produzidos pelas plantas mais representativas em termos de significado taxonômico e ocorrência em um fragmento de Floresta Ombrófila Mista com Araucária e em fragmento de campo localizados, respectivamente, em Francisco Beltrão e Palmas (Paraná). Os fitólitos extraídos do horizonte superficial do solo e da serapilheira definiram, de maneira pioneira, o sinal fitolítico para essas duas fitofisionomias no estado do Paraná. Essas coleções estão sendo empregadas como suporte aos estudos que vem sendo realizado pelo grupo, onde a análise fitolítica tem sido aplicada para investigar a trajetória histórica da vegetação nas superfícies V e VI e assim, aportar dados sobre as condições paleoambientais.

2.3- RELAÇÃO SOLO/PAISAGEM

De acordo com Knuepfer e Fadden (1990), estudos sobre o solo na evolução da paisagem estão relacionados à grande importância do solo como um elemento essencial da paisagem, necessário para a compreensão da gênese e evolução de superfícies geomórficas. Em trabalhos que envolvem pesquisas pedológicas, estudos mais detalhados de solos são importantes para entender a sua formação e a história geológica-geomorfológica local, a fim de explicar suas características e atributos atuais, bem como sua distribuição na paisagem, podendo inferir em um melhor uso e ocupação da terra (VIDAL TORRADO *et al.*, 2005).

A ciência do solo nasceu com as pesquisas de Dokuchaev, século XIX. A relação solo-relevo foi ressaltada a partir dos estudos em Catenas (sucessão lateral de diferenciação de solos em uma vertente) realizados por Milne (1935) que evidenciam a importância da topografia no desenvolvimento e ajuste pedológico na encosta. Esses estudos repercutiram em

vários seguidores de Milne, principalmente na década de 1970 (VIDAL TORRADO *et al.*, 2005).

Delvigne (1965) apresentou elementos da gênese dos minerais secundários em relação a posição e evolução do relevo. Na década seguinte, Bocquier (1973) e Chauvel (1977) mostram novos resultados sobre os processos de transformações dos elementos do solo ao longo de uma vertente. Boulet (1976) traz os pressupostos sobre a variação pedológica lateral, que mais tarde seriam conhecidos e amplamente difundidos no Brasil como Análise Estrutural da Cobertura Pedológica, com representações bi e tridimensionais de tais variações, em bacias de primeira ordem (BOULET *et al.*, 1982, a, b).

O entendimento da distribuição espacial dos solos na paisagem e a sua relação com as condições de formação e evolução necessitam da compreensão da paisagem, que envolve o estudo da geologia, das superfícies geomórficas e de suas morfochronologias sobre os fatores paleoambientais de que originaram (VIDAL TORRADO *et al.*, 2005).

Queiroz Neto (2000) considera que a relação morfogênese/pedogênese pode influenciar e/ou refletir a relação entre os solos (grau de intemperismo baseados nos teores de argila e perda de bases) e as superfícies de idades diferentes. Quanto maior o grau de pedogênese, maior o grau de alteração dos minerais primários em argilominerais e maiores são as perdas de bases, pois proporcionam o intemperismo e a pedogênese dos solos.

Em trabalhos de levantamento de solos as formas de relevo são importantes, pois condicionam o tempo de exposição dos materiais, intensidade e direção da água no perfil do solo, regulando as variações de processos pedogenéticos decorrentes no solo (CAMPOS *et al.*, 2006). Neste sentido, Bockheim *et al.* (2005) e Sommer e Schlichting (1997) relembram que as formas do relevo passaram a ter papel importante em levantamentos pedológicos após o surgimento do conceito de “Catena”, enfatizando a influência do relevo sobre a drenagem-movimento anisotrópico (vertical e horizontal) promovendo alterações nos atributos do solo e favorecendo a identificação de superfícies geomórficas ou superfícies pedométricas que são genética e evolutivamente interdependentes (CAMPOS, 2009).

Segundo Neto (2010), Tricart (1968) foi um dos primeiros geomorfólogos a considerar essa relação. A atuação da geomorfologia nos sistemas pedológicos seria o condicionamento da atuação da água no solo em relação à posição deste na vertente. O transporte, remoção, exportação dos elementos existentes no solo estariam condicionados à água, que estaria influenciada pela morfogênese da paisagem/vertente (NETO, 2010).

No balanço pedogênese - morfogênese, ambos atuam de maneira onde os atributos de um sempre se sobressairão sobre os atributos do outro, assim, um perfil de solo espesso,

intemperizado, com variação de horizontes demonstra o predomínio de pedogênese na paisagem/vertente. Enquanto que solos rasos, de baixa evolução pedogenética e mineralógica refletem o predomínio de processos erosivos mais atuantes, mais intensos, isto é, da morfogênese sobre a pedogênese (TRICART e KILLIAN, 1979; NETO, 2010).

A investigação sobre a predominância de morfogênese ou de pedogênese em uma paisagem pode ser realizada por meio de estudos morfopedológicos. Nesses estudos são consideradas as mudanças climáticas que ocorreram no Cenozóico, que indicam que as atuais zonas tropicais e subtropicais se intercalaram com climas úmidos e semiáridos em fase com ciclos interglaciais-glaciais (PEULVAST e SALES, 2002). Esses apontamentos são aplicados nos dias de hoje para interpretação de superfícies aplainadas.

A evolução do modelado terrestre é também observada através de agentes erosivos que agem sobre as paisagens (LEÃO, 2011). As superfícies de aplainamento são “porções continentais de relevo plano ou suavemente ondulado, modelado pela ação da erosão subareal e que trunca indistintamente estruturas geológicas de natureza e resistência diferenciada” (VALADÃO, 1998).

Muitos modelos de evolução de relevo não explicam por si só a gênese das superfícies, sendo de mais fácil compreensão, a junção das várias teorias existentes (SALGADO, 2007). Davis (1899) e Penck (1924) basearam seus modelos de evolução da paisagem na tectônica e King (1953), Wayland (1933) e Budel (1957), cada um deles influenciado pelos paradigmas e conhecimento existentes em cada época, contribuíram para explicar a gênese do relevo (SALGADO, 2007).

Os estudos sobre reconhecimento de superfícies aplainadas, no Brasil, segundo Ab’Saber (2001) datam de 1915, por Harder e Chamberlin e se intensificaram a partir da década de 1950 (LIMA, 2012). Na Região Sul, estudos dessa natureza foram realizados na década de 1960 por Almeida (PAISANI *et al.*, 2008).

No Paraná, destacam-se os estudos de João José Bigarella, que apontara variações climáticas no Quaternário (sucessões de climas úmidos e semiáridos) como explicação para as feições policíclicas da paisagem (BIGARELLA *et al.*, 1965). Nas fases de clima úmido teria ocorrido predomínio de erosão linear e a principal dissecação do relevo e nas fases semiáridas se formaram as superfícies de pedimentação. Os dois processos atuando juntos modelaram o relevo, porém em época de clima úmido ocorrera à transformação geoquímica das rochas (rebaixamento das encostas) e no clima semiárido ocorrera a degradação lateral da vertente.

Os estudos de Bigarella *et al.* (1965) contribuíram para a ciência geomorfológica com a perspectiva de mudanças climáticas globais que ocorreram no Cenozóico – em que

períodos glaciais e interglaciais corresponderiam, respectivamente, a fases de semiaridez e a fases de umidade - e são aplicados para interpretação de superfícies geomórficas em vários estudos no Brasil. Eles identificaram três aplainamentos no território brasileiro, sendo denominados de (Pd3, Pd2 e Pd1). O aplainamento mais antigo seria o Pd3, formado no Cretáceo-Eoceno. Entre mudanças climáticas que ocorreram no Terciário médio teria se formado o Pd2, e o Pd1 teria sido formado durante o Quaternário (BIGARELLA *et al.*, 1965).

No Paraná, o Grupo de Pesquisa da UNIOESTE (Campus de Francisco Beltrão) “Gênese e Evolução de Superfícies Geomórficas e Formações Superficiais” tem se dedicado a investigar a ocorrência de superfícies incompletamente aplainadas, que se distribuem em forma de escadaria de leste para oeste no sudoeste do Paraná e noroeste de Santa Catarina (PAISANI *et al.*, 2008a).

Diante dos vários modelos de evolução da paisagem apontados e dos estudos já realizados nessa região, os modelos propostos por Penck (1924), justapostos às ideias de Wayland (1933) e Budel (1957), foram as que melhor se aplicaram no entendimento do desenvolvimento dessas superfícies geomorfológicas incompletamente aplainadas identificadas por Paisani *et al.* (2008a).

A teoria da evolução de Wayland e Budel (1957), denominada de Etchplanação, explica a evolução do relevo considerando a maior força pedológica em seu conceito evolutivo de paisagens, pois abrange transformações e processos geoquímicos envolvendo a relação morfogênese/pedogênese.

De acordo com a teoria da Etchplanação, as superfícies aplainadas estariam evoluindo através da erosão parcial ou total em um espesso manto de alteração, provocadas pelo intenso intemperismo químico. Segundo as ideias de Budel (1957) e Wayland (1933), a evolução da paisagem seria baseada em uma relativa estabilidade tectônica em clima tropical semiúmido. A partir dessas duas condições, as superfícies se formariam devido ao “mecanismo de duplo front” envolvendo: superfície exumada de lavagem (superfície em si, ocorrendo escoamento pluvial) e superfície basal de intemperismo (subsuperfície onde ocorre a denudação química da rocha).

A atuação do intemperismo age na superfície basal e acarreta a alteração das rochas e perda de massa por solução da água. Esse processo gerado pelo intemperismo químico colabora para a remoção do material intemperizado pela remoção mecânica, onde o escoamento laminar da água acaba erodindo o material e rebaixando as vertentes (SALGADO, 2007; ÁVILA, 2009).

A formação do solo e horizontes pedogenéticos ocorre, segundo Chauvel e Lucas (1992) devido aos *fronts* pedogenéticos (*front* de degradação, microagregação e pedoplasmação) que avançam sobre o saprolito, onde o material original sofre uma perda de aproximadamente 70% do seu volume devido a um colapso nas ligações ferro-argila e perda dos oxidróxidos de ferro e alumínio. Assim permanece apenas o esqueleto residual no horizonte superficial, conduzindo a etchplanação (VITTE, 2005).

2.4- PEDOGEOQUÍMICA DO SOLO

A pedologia é o estudo do solo, abrangendo a compreensão da sua evolução, transformação e também dos constituintes nele encontrados, servindo estes como registros de sua formação.

A geoquímica de superfície e sua ramificação, denominada Pedogeoquímica, revestem-se de grande importância no estudo da pedogênese, permitindo o entendimento dos processos de alteração que ocorrem ao longo da evolução pedológica, pois avaliam o comportamento dos elementos químicos, a partir da distribuição e migração destes elementos e as reações químicas envolvidas ao longo do processo evolutivo, desde a rocha fresca até o *solum* (LACERDA *et al.*, 2002).

Dokoutchaev, em 1883, já analisava os solos em relação a sua posição na paisagem, considerando a composição química e mineralógica do horizonte superficial variável, determinada pelo tipo climático, acompanhando as diferentes latitudes (PEDRO, 1969). Atualmente os estudos que visam compreender as alterações químicas dos minerais do solo e sua evolução pedogenética têm considerado a intensa ação do intemperismo químico, sendo este elemento essencial na alteração e formação da gênese dos solos.

Em locais de clima tropical o intemperismo químico prevalece, sendo um dos principais transformadores da superfície. Os fatores que controlam o intemperismo químico são principalmente a precipitação média, a quantidade de CO₂ dissolvido na água de percolação na rocha, tempo de residência da água em contato com os minerais e a temperatura ambiente do intemperismo (NAHON, 1991). É através desse tipo de intemperismo que se tem a neoformação de minerais, com destaque a formação dos argilominerais (LIMA *et al.*, 2007).

Como parte da evolução do relevo em regiões de clima tropical e subtropical o intemperismo químico atua como um dos principais agentes responsáveis pela elaboração das formas de relevo, devido às altas pluviosidades e temperaturas que podem potencializar os

processos químicos sobre os minerais das rochas, através de várias reações químicas e assim gerar espessos mantos de alteração (TRICART, 1972).

A atuação do intemperismo químico nas rochas provoca diferentes tipos de alterações químicas. As principais alterações são a dissolução, a hidrólise e a oxidação (FONTES, 2012). Segundo Melfi e Pedro (1977), a hidrólise é o principal agente de alteração superficial das rochas em zonas de clima tropical e subtropical.

A hidrólise, ataque das estruturas dos cristais pela acidez da água, é o principal processo químico de intemperismo, podendo decompor completamente ou modificar drasticamente os minerais primários existentes nas rochas. Tem como principais reagentes o hidrogênio (H) e/ou a hidroxila (OH), que são obtidos através da quebra ou ionização da molécula da água. Ocorre pela dissolução de CO₂ da água da chuva (FONTES, 2012).

A reação química hidrólise pode ser incongruente, quando gera novos minerais como resultado da sua reação. Um exemplo de reação é o feldspato potássico que resulta no potássio (K) e sílica solúvel. Pode gerar também minerais secundários 2:1, ocorrendo quando o intemperismo não é intenso, onde os produtos solúveis são mantidos no solo (FONTES, 2012).

Em zonas tropicais e subtropicais a hidrólise pode ocorrer em diferentes graus: hidrólise total e hidrólise parcial. Na hidrólise total os plagioclásios liberam Si, Al, Na e K na forma de hidróxidos. A sílica e os cátions são liberados e o hidróxido de Al forma a gibsitita. (MELFI e PEDRO, 1977).

Na Hidrólise parcial uma parte da sílica é perdida do material primário e esta reage com o elemento alumínio, formando sais básicos insolúveis. É chamada de sialitização a dessilicificação incompleta do meio onde a perda dos cátions básicos pode ser alta. A perda de quase todos os cátions básicos forma minerais do tipo 1:1 (monossialitização). Já a eliminação parcial dos cátions permite a ocorrência de minerais tipo 2:1 (bissialitização) (MELFI e PEDRO, 1977).

Lacerda *et al.* (2001) apontam que a intensidade da hidrólise pode ocorrer em três diferentes níveis: Dessilicificação limitada (Bissialitização) com formação de argilominerais 2:1 pela quantidade de sílica; Dessilicificação moderada (Monossialitização) com formação de argilominerais 1:1; e a Dessilicificação completa (Alitização), com permanência apenas de alumínio no sistema.

A alteração provocada nos constituintes do solo pela hidrólise se dá de maneira diferenciada, devido ao material mineral que constitui as rochas ser diferenciado. Seguindo a sequência de alteração de Goldich, a sequência de minerais menos resistentes aos mais

resistentes a alteração pela hidrólise é o Plagioclásio cálcico, Plagioclásio sódico, Biotita, Feldspato potássico, Muscovita e o Quartzo. (MELFI e PEDRO, 1977).

A caulinita é o principal produto da hidrólise incongruente, sendo esta um importante mineral secundário, encontrado em LATOSSOLOS e ARGISSOLOS de zonas tropicais e subtropicais. Quando o intemperismo é mais intenso e avançado o produto resultante é a gibbsita, encontrada em locais com elevada precipitação e temperaturas mais altas (FONTES, 2012), como na região Amazônica.

A oxidação, perda de elétrons por átomos ou íons, diminuindo a carga negativa promove a desintegração de minerais que possuem ferro mais solúvel e móvel (Fe^{2+}), transformando-o em óxidos pouco solúveis. A oxidação é definida como uma reação entre diferentes elementos químicos e o oxigênio, tendo como resultado a remoção de elétrons de um elemento formador do mineral, causando uma instabilidade estrutural (FONTES, 2012).

O ferro como sendo o material mais oxidado é alterado de ferro ferroso (Fe^{2+}) para ferro férrico (Fe^{3+}). A cor dos solos tropicais (vermelha, marrom amarelado) é devida a presença e alteração dos óxidos de ferro de hematita e goethita (BLAND e ROLLS, 1998; FONTES, 2012).

O processo de redução é o oposto da oxidação (ganho de elétrons por átomos ou íons) aumentando a carga negativa. Ele permite a dissolução do ferro no estado menos solúvel (Fe^{3+}).

A hidratação, processo que ocorre quando os minerais absorvem moléculas de água em sua superfície, sem alterações na composição química do material original, leva ao aumento de seu volume (TOLEDO *et al.*, 2000). Minerais de diferentes composições apresentam diferentes comportamentos diante dos processos intempéricos, alguns precisam de mais tempo para sua decomposição, outros, menos tempo (FONTES, 2012). Classificar os minerais conforme sua ordem de estabilidade e resistência ao intemperismo depende da sua composição química, seu tamanho e estrutura (FONTES, 2012).

2.5-ORDEM DOS LATOSSOLOS

O termo Latossolo deriva de “*laterite*” e “*solum*”, significando respectivamente tijolo relacionado a um material muito intemperizado e solo, denominação proposta pelo pedólogo Charles E. Kellog (KER, 1997).

Lateritas são depósitos residuais endurecidos formados pelo intemperismo e alteração de rochas, registrados pela primeira vez em 1807 por Buchanan, na Índia (SCHELLMANN, 1981; ESPÍNDOLA, 2008; OLLIER e SHETH, 2008; AUGUSTIN *et al.*, 2013). São materiais intemperizados que apresentam muitos óxidos de ferro e/ou alumínio com poucas bases e silicatos primários podendo apresentar relativamente muitos minerais primários de quartzo e minerais secundários de caulinita (THOMAS, 1974).

Inicialmente laterita era um termo designado apenas a materiais pedogenéticos endurecidos, de grande interesse econômico. Com os avanços das pesquisas, a laterita ganhou nova abordagem científica e, conseqüentemente, maior ampliação do termo, chegando a serem admitidas lateritas de materiais não endurecidos, considerando as características químicas do material. Em 1940 já era aplicado o conceito de laterita como solo (AUGUSTIN *et al.*, 2013). As lateritas estão relacionadas à evolução do relevo, são encontradas em superfícies geomórficas, justamente por oferecerem as condições necessárias para seu desenvolvimento (área estáveis, boa infiltração, boa drenagem) formando solos espessos.

Os LATOSSOLOS inicialmente eram retratados pelo termo *Latosol* como classe de solo, para fins de agrupamento dos solos intemperizados de regiões tropicais. Como conceito inicial era definido como solos de características relacionadas ao intenso intemperismo e lixiviação e responsável pela baixa atividade de argila; capacidade de troca de cátions; relações moleculares sílica/alumínio ($\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$) e sílica/óxidos de ferro e alumínio ($\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$). Essas relações moleculares, denominadas de índices Ki e Kr, respectivamente são indicadores do grau de intemperização do solo e são utilizados como um parâmetro de diferenciação de Latossolos, permitindo inferência sobre sua constituição mineralógica e fração coloidal (RESENDE, 1976).

Em geral os LATOSSOLOS são profundos e apresentam cores de relativa homogeneidade (matizes avermelhadas e/ou amareladas), com distribuição uniforme de argila no perfil e alta estabilidade de agregados com baixo teor de silte, se comparado com o teor de argila (KER, 1997).

A partir da evolução da Classificação Americana de Solos (Soil Taxonomy), os Latosols passaram a ser chamado de Oxisols em inglês. Foi definido o horizonte subsuperficial oxic, denominado horizonte B latossólico (Bw) em português, como o horizonte diagnóstico da ordem dos LATOSSOLOS (EMBRAPA, 2013).

Os LATOSSOLOS, em sua grande maioria, são considerados solos poligenéticos, onde quanto mais processos erosivos ocorreram sobre seu material parental, mais intemperizados serão os solos, tornando-se pobres em cátions básicos (LEPSCH, 2013).

Em termos de taxonomia, são classificados como LATOSSOLOS, aqueles solos que apresentam o *solum* geralmente com espessura superior a 1 m, tendo seqüência de horizontes A,B,C com transições entre horizontes variando entre graduais e difusas. São formados por material mineral e que apresentam horizonte B latossólico abaixo de qualquer horizonte diagnóstico superficial, exceto hístico. São solos típicos de regiões equatoriais e tropicais com ocorrência em regiões subtropicais. Ocorrem predominantemente em áreas de antigas superfícies de erosão, pedimentos ou terraços em relevos planos e suave ondulado e são decorrentes de variados matérias de origem, clima e vegetação. A drenagem da classe dos LATOSSOLOS se define, em condições de perfeito desenvolvimento, em fortemente a bem drenada (EMBRAPA, 2013).

São solos com alto grau de intemperização, sendo muito evoluídos pedogeneticamente, constituídos por uma fração muito pequena de minerais primários ou secundários menos resistentes ao intemperismo. Apresentam baixa capacidade de troca de cátions da fração argila ($> 17 \text{ cmol}_c \text{ Kg}^{-1}$). Variam desde solos predominantemente cauliniticos, com valores de Ki mais altos (2,0-2,2) até solos oxídicos com valores de Ki muito baixo. (EMBRAPA, 2013).

De acordo com Santos (2000) ocorreram divergências entre vários autores sobre o material pedogenético que origina os LATOSSOLOS, onde alguns autores nos anos 60 apontam sua evolução e formação a partir de material *in situ*.

Já nos anos 70 os autores apontam para possibilidade de formação de LATOSSOLOS sobre material alóctone, ocorrendo nestes materiais processos físicos e químicos. Nos anos seguintes a formação *in situ* foi mais difundida e aceita pelos autores e a formação do LATOSSOLO, afirmado por Santos (2000) expõe quatro hipóteses principais de formação:

- fragmentação da rocha;
- perda geoquímica dos cátions com acumulação de ferro;
- bioturbação;
- ação interativa entre todos os fatores.

Os levantamentos de solos no Brasil, de acordo com Embrapa (2013) registram 13 grandes classes de solos (ARGISSOLOS, CAMBISSOLOS, CHERNOSSOLOS, ESPODOSSOLOS, GLEISSOLOS, LATOSSOLOS, LUVISSOLOS, NEOSSOLOS, NITOSSOLOS, ORGANOSSOLO, PLANOSSOLO, PLINTOSSOLOS e VERTISSOLOS), que variam ao longo de todo território nacional, conforme a diversidade de ecossistemas

existentes nas paisagens. Cada classe de solo se subdivide em diferentes tipos, conforme suas características morfológicas e químicas (COELHO *et al.*, 2002).

No estado do Paraná ocorrem 9 classes de solos, segundo ITCG (2008), sendo elas: ARGISSOLOS, CAMBISSOLOS, ESPODOSSOLOS, CHERNOSSOLOS, GLEISSOLOS, LATOSSOLOS, NEOSSOLOS, NITOSSOLOS E ORGANOSSOLOS.

O LATOSSOLO, classe de solo estudada no presente trabalho, é a classe de maior representatividade no Brasil (38,7%) ocorrendo ao longo de todo território nacional, principalmente na bacia do Paraná, Formação Serra Geral (Goiás, Minas Gerais, São Paulo, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul) (IBGE, 2007; COELHO *et al.*, 2002). No estado do Paraná os LATOSSOLOS são predominantes e correspondem a 31,5% dos solos do Paraná, seguido da classe dos NEOSSOLOS (23,1%) e ARGISSOLOS (15,8%) (MELO *et al.*, 2014).

Na mesorregião do oeste do Paraná esses solos predominam nos topos amplos e planos, e nas vertentes longas com baixa declividade. Variam de argilosos a muito argilosos e são derivados de basaltos, o que lhes atribui altos teores de ferro. Os LATOSSOLOS VERMELHOS Férricos e os NITOSSOLOS VERMELHOS Férricos (antigas Terras Roxas Estruturadas) predominam na maior parte da paisagem do Oeste (MORESCO 2007; MAGALHÃES 2013).

O LATOSSOLO VERMELHO Férrico é composto mineralogicamente, na fração argila, por caulinita, gibbsita, goethita e hematita. A proporção entre estes componentes é bastante variável, podendo ocorrer LATOSSOLOS VERMELHOS extremamente intemperizados (oxídicos) até aqueles mais caulíníficos. (KER *et al.*, 1997).

3. LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

3.1. LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

Para este trabalho foram selecionados dois perfis de solo representativos da ordem dos LATOSSOLOS que estão localizados no município de Marechal Cândido Rondon, mesorregião Oeste do Paraná.

O perfil 1, representa uma seção de controle de dois metros de profundidade, está localizado a 24°33'01,88" Lat.S e 54°03'14,93" Long. W, a 427 metros de altitude, sob floresta, em uma reserva particular dentro do núcleo urbano (Figura3). Está localizado em área de topo na vertente.

O perfil 2, representa um perfil de alteração e está geograficamente localizado a 24° 34' 31,7" S e 54° 12' 17,7" W, a 274 metros de altitude, em área de agricultura mecanizada, em área de médio topo da vertente (Figura 3).

3.2. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

Litologia e relevo

Os solos estudados estão situados na mesorregião do Oeste do Paraná, dispostos sobre rochas eruptivas básicas da Formação Serra Geral, correspondente aos derrames mesozóicos, do período Jurássico-Triássico. Esses derrames ocupam cerca de 53% do território paranaense e aproximadamente 75% da extensão da Bacia Sedimentar do Paraná. (SANTOS *et al.*, 2007, MINEROPAR, 2006).

O basalto é uma rocha vulcânica extrusiva, resultante da cristalização rápida do magma em superfície. É uma rocha básica, devido ao baixo teor relativo de sílica (SiO₂). (SANTOS, 1976; LEPSCH, 2010, FERREIRA, 2013).

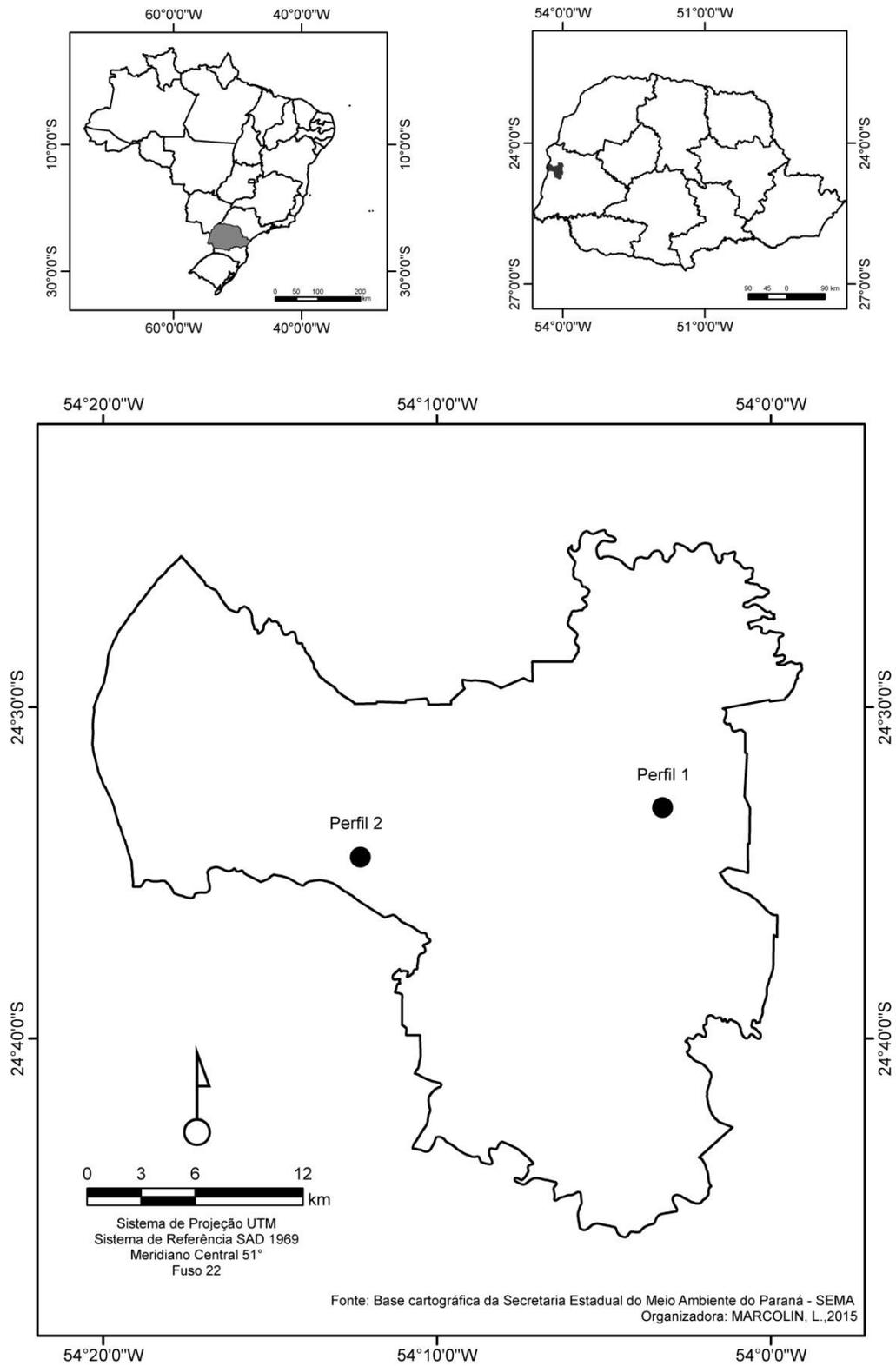


Figura 3: Figura de localização da área de estudo.

Fonte: elaborado por FUJITA, R. H. (2015) e organizado pela autora.

O derrame vulcânico da Bacia do Paraná, conforme SARTORI e GOMES, (1980) não é homogêneo, tendo ocorrência de rochas caracterizadas como básicas e também ácidas com diferentes espessuras (TESKE, 2010).

As rochas ígneas que predominam na região de Marechal Cândido Rondon são compostas por basaltos maciços e amigdalóides, afaníticos, cinzentos a pretos. Essas rochas são classificadas como de baixa vulnerabilidade ambiental, tendo alta resistência ao intemperismo e a erosão (MINEROPAR, 2006).

O Terceiro Planalto, onde está inserida a mesorregião do Oeste do Paraná, é composto não apenas por basaltos, mas também por arenitos (Grupo Caiuá), na região noroeste do Estado. O planalto arenítico-basáltico vem de 1240 metros de altitude (limite com o 2º Planalto) até aproximadamente 250 metros de altitude, próximo ao Rio Paraná. Na mesorregião do Oeste do Paraná aparecem diferentes subunidades morfoesculturais, que se diferem pelo entalhamento da rede de drenagem, influenciando na dissecação do relevo, diferentes altitudes e diferentes unidades geológicas (MAGALHÃES, 2013).

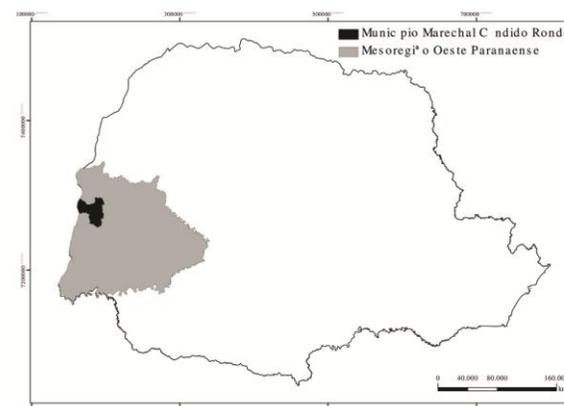
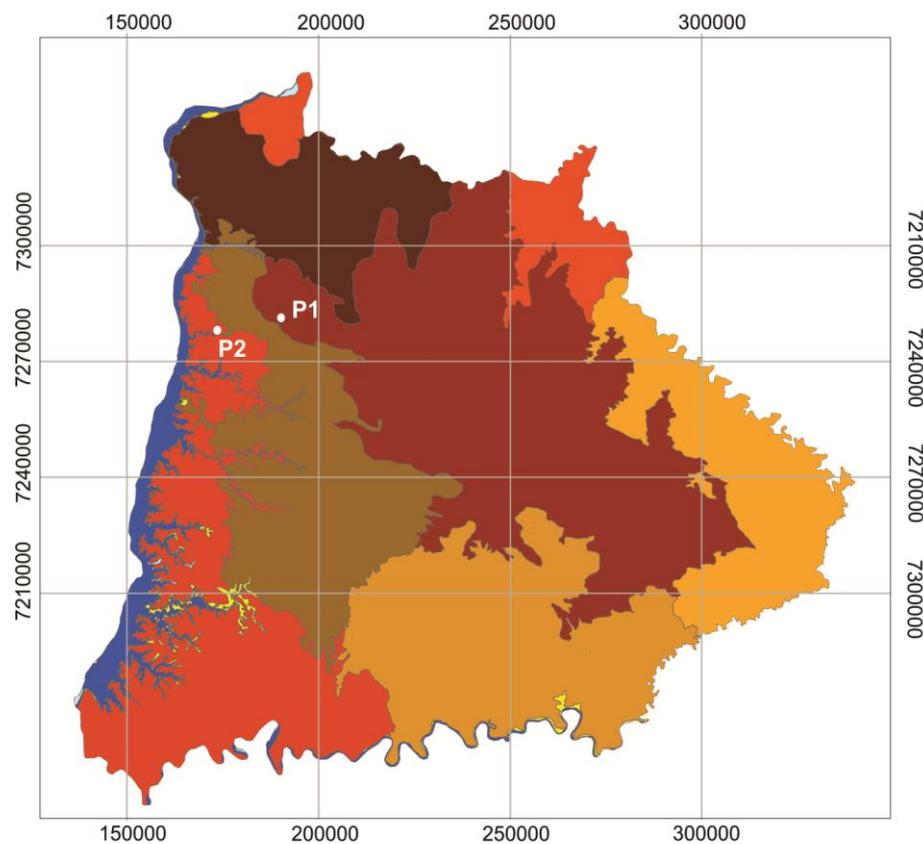
As subunidades em que estão inseridos os perfis Latossólicos estudados pertencem, segundo a divisão geomorfológica da Mineropar (2006), as subunidades de Planalto de Cascavel e Planalto de Foz do Iguaçu (Figura 4).

Marechal Cândido Rondon faz parte dos municípios limieiros do lago formado pela represa de Itaipu e possuem uma densa rede de drenagem de padrão dendrítico, formada por sangas, córregos e rios, fortemente integrada e convergência centrífuga a partir da sede municipal de Marechal, para norte, noroeste, oeste e sudoeste (MINEROPAR, 2001).

A Subunidade Planalto de Cascavel, onde está inserido o Perfil 1, possui dissecação média, ocupando cerca de 208,58 Km². Predominam declividades menores que 12% em uma área de 199,45 Km². O relevo apresenta altitudes que variam de 240 a 480 metros. Predominam topos alongados e aplainados, vertentes convexas e vales em “V”.

O Perfil 2 está inserido na Subunidade Planalto de Foz de Iguaçu. Apresenta dissecação baixa e ocupa uma área de 1.032,31 Km². A classe de declividade predominante é menor que 6% em uma área de 856,32 Km². O relevo se dispõe entre 220 e 420 metros de altitude. As formas predominantes são topos aplainados, vertentes convexas e vales em “V” aberto (MINEROPAR, 2006).

Mapa de Sub-unidades Geomorfológicas da Mesoregião Oeste Paranaense



- Terceiro Planalto Paranaense**
- Planalto de Campo Mourão
 - Planalto de Cascavel
 - Planalto de Foz do Iguaçu
 - Planalto de Umuarama
 - Planalto do Alto/Médio Piquiri
 - Planalto do Baixo Iguaçu
 - Planalto de São Francisco
 - Planícies Fluviais
 - Reservatório de ITAIPU



Sistema de Projeção UTM
 Sistema de Referência SAD 1969
 Meridiano Central: 51°
 Fuso: 22

Fonte e Base Cartográfica: MINEROPAR, 2006.
 Organizadores e Elaboração: MARCOLIN, L.; FUJITA, R.H., 2014.

Figura 4: Sub-unidades Geomorfológicas da Mesoregião Oeste do Paraná.
 Fonte: elaborado e organizado por FUJITA, R. H. (2014).

A Mesorregião do Oeste do Paraná representa cerca de 75% dos solos com potencial agrícola do estado. Os solos são férteis, com pouca susceptibilidade a processos erosivos. As declividades baixas do relevo favorecem a agricultura mecanizada e desenvolvimento de culturas cíclicas como soja, milho, trigo e são boas para pastagens (atividades pecuária) (IPARDES, 2003).

Pedologia

De acordo com o levantamento de solos do oeste do Paraná, realizado em 1972 pelo Ministério da Agricultura foram encontradas as classes de solos, na antiga classificação (SOIL SURVEY STAFF, 1975): LATOSOL VERMELHO Escuro; LATOSOL ROXO; TERRA ROXA Estruturada; CAMBISSOL, SOLOS HIDROMÓRFICOS; SOLOS LITÓLICOS. Na classificação de solos Embrapa (2006), segundo Jacomine (2009) estas classes correspondem: LATOSSOLOS; NITOSSOLOS; CAMBISSOLOS; GLEISSOLOS; NEOSSOLOS.

Moresco (2007) afirma que na região de Marechal Cândido Rondon predominam o LATOSSOLO VERMELHO Eutroférico profundo em locais de relevo mais plano e nos locais de relevo mais ondulado com declividades um pouco maiores há o NITOSSOLO VERMELHO Eutroférico. Já em áreas com declividades mais acentuadas é encontrado o NEOSSOLO LITÓLICO.

Clima e vegetação

Na mesorregião do oeste do Paraná predomina o Clima subtropical (Cfa). (Classificação de Koppen). Nos locais onde estão localizados os perfis em estudo predomina o Clima Subtropical Úmido Mesotérmico (verões quentes e pouca ocorrência de geadas e concentração de chuvas no verão). As médias anuais variam entre 22° e 18°C, com média de chuvas variando entre 1700 e 1800 mm (CAVIGLIONE *et al.*, 2000).

Originalmente, considerando a característica climática regional, a vegetação nativa era a Floresta Estacional Semidecidual (IPARDES, 2003). Esta floresta ocorre na zona subtropical do Brasil e esta condicionada a um clima sem períodos secos, porém com invernos muito rigorosos, que determinam repouso fisiológico e queda parcial da folhagem (IBGE, 2012).

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. DESCRIÇÃO E COLETA DE SOLOS

Os solos foram descritos e coletados por horizonte pedológico conforme Santos *et al.* (2005). Os horizontes foram descritos em termos morfológicos (cor, textura, estrutura, transição e etc.), também conforme Santos *et al.* (2005). Foram coletados cerca de 2 kg de amostras por horizonte para análises químicas e físicas de rotina para fins de classificação dos solos e caracterização físico-químicas e difração de raios-X, bem como amostras em anéis indeformados para determinação da densidade do solo.

4.2. MÉTODOS DE ANÁLISE DO SOLO

4.2.1. Análises físicas de rotina

As amostras coletadas foram secas ao ar e posteriormente destorroadas e peneiradas em malha de 20 mm para obtenção da fração terra fina seca ao ar (TFSA). Essa fração foi submetida às análises granulométrica e de argila dispersa em água.

As análises físicas (granulometria, argila dispersa em água e densidade do solo e de partículas) foram realizadas no laboratório de Física do Solo do Centro de Ciências Agrárias da UNIOESTE- Campus Marechal Cândido Rondon.

4.2.2. Análise granulométrica

A análise granulométrica foi realizada com o objetivo de expressar a composição granulométrica e a textura do solo através da distribuição percentual das partículas primárias do solo (areia, silte, argila). A análise foi realizada através do método da pipeta (adaptado de EMBRAPA, 1997).

Os teores de argila dispersa em água (ADA) foram determinados seguindo o mesmo método, sem a adição de dispersante. Essa análise visa determinar o teor de argila dispersa

somente em água e calcular o grau de flocculação do solo. O grau de flocculação é uma característica importante, pois indica quanto da fração argila se encontra flocculada naturalmente.

O Grau de flocculação (GF) (EMBRAPA, 1997) foi calculado segundo a fórmula:

$$GF (\%) = [(argila\ total - argila\ dispersa\ em\ água) \times 100] / argila\ total$$

Para determinação da densidade do solo foram coletadas três réplicas para cada horizonte descrito nos perfis e determinadas pelo método anel volumétrico (Kopecky) (EMBRAPA, 1997).

A densidade do solo foi estipulada considerando-se o volume do anel ($V = \pi r^2 h$) e massa do solo (em gramas), usando a seguinte Equação (EMBRAPA, 1997):

$$Densidade\ do\ solo\ (g/cm^3) = a / b$$

a = peso da amostra seca a 105°C (g)

b = volume do anel ou cilindro (cm³).

Densidade das partículas (EMBRAPA, 1997) foi calculada em função do volume de álcool necessário para preencher a capacidade de um balão volumétrico de 50mL, com cerca de 20 g de amostra seca a 105°C.

A Porosidade total foi calculada segundo a seguinte fórmula:

$$Porosidade\ total\ (\%) = 100 \times [1 - (D_s/D_p)].$$

4.2.3. Análise química de rotina

As análises químicas (macro e micronutrientes) foram realizadas no Instituto Agrônomo de Campinas (IAC), o ataque sulfúrico para determinação dos óxidos de ferro (Fe₂O₃), Silício (SiO₂), Alumínio (Al₂O₃) Titânio (TiO₂) e Manganês (MnO) e cálculo das relações moleculares Ki e Kr foi realizado no Laboratório de Análise de Solos da Escola Superior de Agricultura – ESALQ/USP

Para fins de caracterização e classificação dos solos foram determinados os seguintes elementos químicos: Cálcio e Magnésio ($\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$), Fósforo (P), Potássio (K^+), Alumínio trocável (m), Acidez potencial (H+Al) (tampão SMP) e pH (Acidez ativa) em CaCl_2 . As análises seguiram as recomendações do Boletim Técnico IAC (2009) e Embrapa (1997).

Foram utilizadas amostras deformadas, coletadas nos horizontes pedogenético de ambos os perfis.

A Capacidade de Troca de Cátions (CTC) foi determinada através dos valores da soma de bases (Ca+Mg+K) e da acidez potencial (H+Al). O teor de matéria orgânica foi determinado conforme o método Walkley-Black (EMBRAPA, 1997), pela obtenção de carbono orgânico na oxidação por via úmida com dicromato de potássio ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 1N) em meio sulfúrico.

4.2.4. Digestão sulfúrica

A digestão sulfúrica foi realizada conforme procedimentos descritos em Embrapa (1997), visando determinar os óxidos de ferro (Fe_2O_3), Silício (SiO_2), Alumínio (Al_2O_3) Titânio (TiO_2) e Manganês (MnO) e cálculo das relações moleculares Ki e Kr.

Os valores são expressos em porcentagem e as relações Ki e Kr são adimensionais. As relações moleculares foram calculadas pelas seguintes fórmulas (EMBRAPA, 1997):

$$K_i = (\% \text{SiO}_2 / \% \text{Al}_2\text{O}_3) \times 1,70$$

$$K_r = (\% \text{SiO}_2 / 0,6) / [(\% \text{Al}_2\text{O}_3 / 1,02) + (\% \text{Fe}_2\text{O}_3 / 1,60)]$$

4.2.5. Análises mineralógicas

A análise mineralógica foi realizada por meio de difratometria de raios X (DRX), com emprego de $\text{CuK}\alpha$, em amostras de todos os horizontes pedogenéticos identificados em ambos os perfis estudados. A análise foi realizada na Universidade Federal de Viçosa- MG, Departamento de solos. As amostras foram previamente tratadas com peróxidos de hidrogênio (H_2O_2) e ditionito-citrato-bicarbonato para remoção, respectivamente, da matéria orgânica e das formas de ferro conforme Merha e Jackson, (1960) e dispostas em laminas de vidro. As

laminas saturadas com potássio foram irradiadas a temperatura ambiente (25°C) e após aquecimento a 350°C e 500°C, e aquelas saturadas com Mg-glicerol foram irradiadas apenas a temperatura ambiente. Foram analisadas as frações argila, silte (desferrificada) e solo total.

Os difratogramas de Raio X foram interpretados analisando os reflexos minerais pela distância interplanar (d) que cada mineral apresenta. Estas distâncias interplanares são encontradas pela medida do reflexo em 2θ . Os atributos dos minerais são identificados e medidos pela largura a meia altura (LMA) e a área do pico e pela distância interplanar (RESENDE *et al.*, 2005). A identificação dos minerais foi feita de acordo com as distâncias interplanares propostas por Brown e Brindley (1980) e Moore e Reynolds (1989).

5- APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

5.1. CARACTERIZAÇÃO MACROMORFOLÓGICA

A descrição macromorfológica completa dos solos estudados está apresentada no Apêndice I.

Os solos estudados são solos minerais, profundos, com colorações avermelhadas (Matizes 2,5 YR), textura argilosa a muito argilosa, com horizonte B latossólico espesso, porosos, muito freáveis e acentuadamente drenados, típicos da classe dos LATOSSOLOS VERMELHOS formados a partir de rochas eruptivas básicas.

O LATOSSOLO VERMELHO Distrófico úmbrico (Lvdf) (Perfil 1) (Figura 5) foi descrito em uma seção de controle de 2 metros de profundidade, sob floresta. Este perfil é usado neste trabalho como um perfil de referência em relação aos atributos químicos e físicos naturais dessa classe de solo.

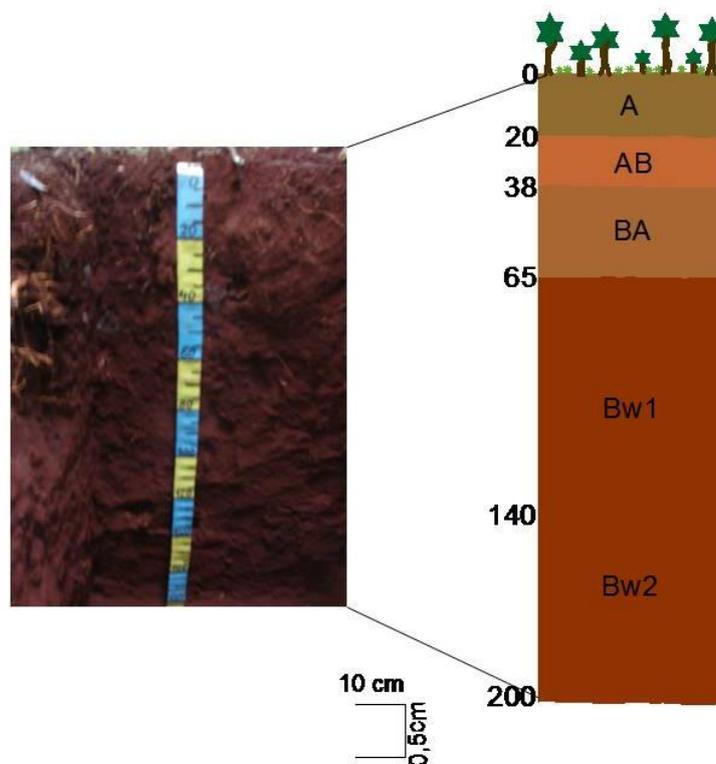


Figura 5: Perfil 1. LATOSSOLO VERMELHO Distrófico úmbrico.
Fonte: elaborado pela autora.

Tabela 1: Atributos morfológicos e físicos dos perfis dos LATOSSOLOS.

Horiz	Prof. Cm	Cor úmida	Areia	Silte	Argila	ADA	GF	Textura	Transição	Consistência		Silte/Argila	Ds	Dp	Porosidade Total %
										úmida	seca				
			g.kg ⁻¹				%								
Perfil 1: LATOSSOLO VERMELHO Distrófico úmbrico, textura argilosa (LVdf)															
A	0-20	10 R 3/3	52,45	132,55	815	490	40	M A	Difusa e plana	Ligeir.dura; Plástica; pegajosa	Extrem. firme	0,16	1,11	2,38	53,6
AB	20-38	10 R 3/3	44,08	23,92	932	190	79	M A	Difusa e plana	Friável; mto. plástica; mto pegajosa	macia	0,02	1,0	2,38	58,0
BA	38-65	2,5 YR 3/3	45,59	22,41	932	60	93	M A	Difusa e plana	Friável Mto. Plástica; mto. pegajosa	Macia;	0,02	1,07	2,4	55,4
Bw ₁	65-140	2,5 YR 3/3	45,65	14,35	940	60	94	M A	Difusa e plana	Plástica; pegajosa	Macia;	0,02	1,05	2,8	62,5
Bw ₂	140-200	2,5 YR 3/3	37,05	33,95	929	40	95	M A	Difusa e plana	Mto Friável Plástica e Pegajosa	Macia;	0,03	1,05	2,5	58
Perfil 2- LATOSSOLO VERMELHO Eutroférico típico textura argilosa (LVef)															
Ap	0-10	2,5YR 3/4	98,47	452,53	449	210	54	A	gradual	Mto. Friável Plástico; lig. pegajoso	Mto. Dura;	1,00	0,87	2,8	68,9
AB	10-25	2,5YR 3/4	63,37	423,63	513	310	39	A	difusa	Friável; Mto. Plástica; mto. pegajosa	Mto. Dura	0,82	1,31	2,5	47,6
BA	25-40	2,5YR 3/4	71,21	330,79	598	330	44	A	difusa	Friável; Mto. Plástica; mto. pegajosa	Mto. Dura	0,55	1,80	3,33	45,9
Bw ₁	40-80	2,5YR 3/4	71	292	637	0	100	M A	difusa	Friável; Mto. Plástica; mto. pegajosa	Mto. Dura	0,45	2,10	3,22	34,8
Bw ₂	80-150	2,5YR 3/4	71,56	293,44	635	0	100	M A	difusa	Friável; Ligeir.Plástico e pegajoso	Mto. Dura	0,46	2,03	4,0	49,3
Bw ₃	150-210	2,5YR 3/4	87,06	194,94	718	0	100	M A	difusa	Friável; ligeir. Plástico e pegajoso	Mto. dura	0,64	2,05	3,33	38,4
Bw ₄	210-290	2,5YR 3/4	79,52	239,48	681	0	100	M A	difusa	Friável; ligeir. Plástico e pegajoso	Ligeir. dura	0,35	2,06	2,5	17,6
B/Cr	290-320	2,5YR 3/4	91,04	236,96	672	0	100	M A	Clara a gradual	Friável; ligeir. Plástico e pegajoso	Ligeir. dura	0,35	-	3,07	-

*Textura: A= Argilosa; M A= Muito argilosa

ADA: Argila Dispersa em Água; GF: Grau de Flocculação; Ds: Densidade do Solo; Dp: Densidade de Partículas.

Fonte: elaborado pela autora.

Este LVdf apresenta sequência vertical de horizonte A, AB, BA, Bw1 e Bw2 (Figura 5). O horizonte A apresenta textura muito argilosa, é relativamente pouco espesso (20 cm), possui cor úmida bruno-avermelhado (10R3/3) (Tabela 1). Apresenta estrutura primária em blocos subangulares que se desfaz em grumos, plástica e pegajosa a muita pegajosa, com transição para o horizonte AB difusa e plana.

O horizonte AB possui 18 cm de espessura no perfil e cor úmida bruno-avermelhado (10R3/3), textura muito argilosa, com estrutura em blocos subangulares médios que se desfazem em pequenos, com consistência muito plástica e muito pegajosa, apresentando uma transição difusa e plana.

O horizonte BA apresenta cor úmida bruno-avermelhada (2,5 YR 3/3), textura muito argilosa, estrutura primária em blocos angulares a subangulares grandes que se desfazem em média e pequenos. Apresenta consistência molhada muito plástica e muito pegajosa e a transição é difusa e plana.

O horizonte BA apresenta cor úmida bruno avermelhada escura (2,5 YR 3/4), textura argilosa, estrutura primária em blocos angulares a subangulares médios a pequenos, moderada, consistência muito plástica e pegajosa.

O horizonte B latossólico (Bw) é espesso (135 cm) e foi subdividido em Bw1 e Bw2. Apresenta cor úmida bruno avermelhada (2,5 YR 3/3 e 2,5 YR 3/4), textura muito argilosa, estrutura primária em blocos subangulares médios que se desfazem em pequenos a muito pequenos (microagregados típicos), consistência plástica e pegajosa à ligeiramente pegajosa. A subdivisão do horizonte Bw é baseada na alteração do tamanho da estrutura primária dos agregados, maiores em Bw1 e mais friáveis em Bw2.

No LATOSSOLO VERMELHO Eutroférico típico (Lvdf) (Perfil 2) (Figura 6), foi identificada a sequência de horizontes Ap, AB, BA, Bw espesso e B/Cr, cuja classe textural variou entre argilosa a muito argilosa ao longo do perfil. Este solo também é formado a partir da alteração do basalto pouco alterado que aflora a partir de 320 cm de profundidade (Apêndice 1).

O horizonte Ap apresenta textura argilosa (Tabela 1). É pouco espesso, (10 cm) apresenta cor úmida bruno-avermelhado escuro (2,5YR 3/4), estrutura em blocos subangulares médios, moderados; e consistência plástica e ligeiramente pegajosa, com transição gradual para o horizonte AB.

O horizonte AB apresenta cor úmida bruno-avermelhada escura (2,5 YR 3/4), textura argilosa, estrutura em blocos subangulares médios a pequenos, fracos; e consistência muito plástica e pegajosa com transição para o horizonte BA difusa.

O horizonte BA apresenta cor úmida bruno avermelhada escura (2,5 YR 3/4), textura argilosa, estrutura primária em blocos angulares a subangulares médios a pequenos, moderada, consistência muito plástica e pegajosa.

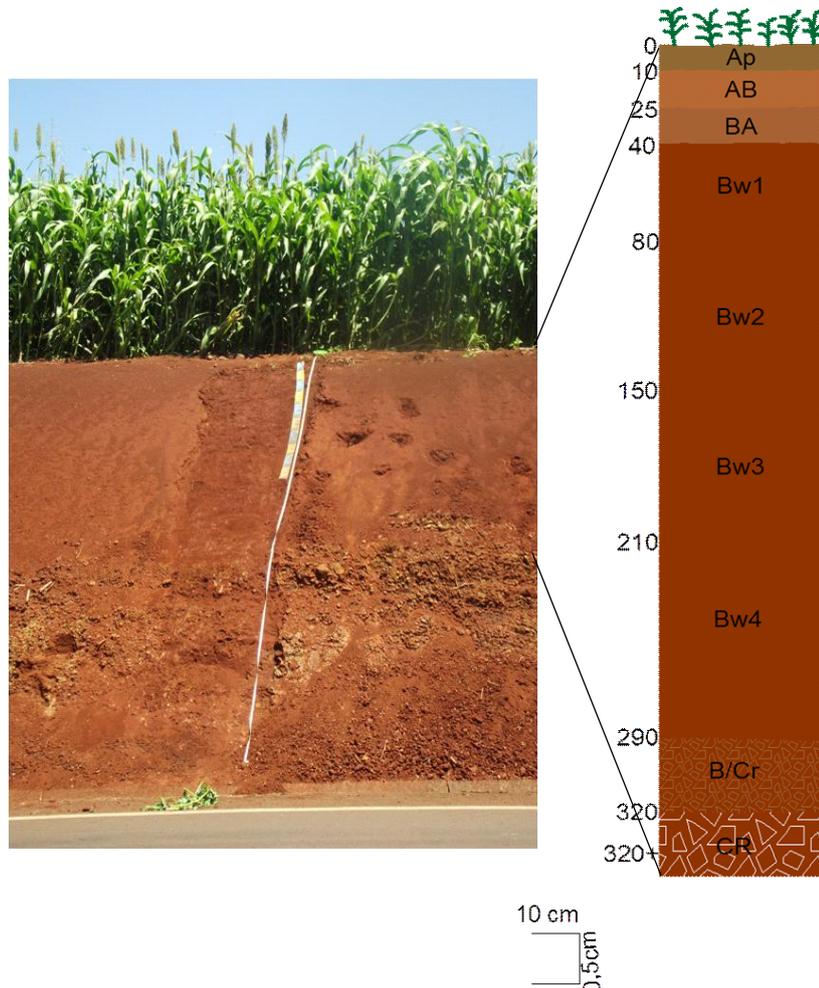


Figura 6: Perfil 2. LATOSSOLO VERMELHO Eutroférico típico.
Fonte: elaborado pela autora.

A partir de 40 cm de profundidade ocorre o horizonte B latossólico (Bw), espesso (250 cm), subdividido em Bw1, Bw2, Bw3 e Bw4. Apresenta cor úmida bruno-avermelhado escuro (2,5 YR 3/4), textura muito argilosa, estrutura primária em blocos angulares a subangulares grandes e médios, fraca, que se desfaz em microagregado, é muito plástico e pegajoso, com transição difusa entre horizontes. A subdivisão seguiu o mesmo critério empregado no solo sob floresta.

Ambos os solos apresentaram atração magnética ao imã comum (Figura 7) sendo mais forte no Perfil 2, marcando a forte presença de minerais pesados (RESENDE, 1976; FASOLO, 1978).



Figura 7: Atração magnética nos LATOSSOLOS; A- Perfil 1; B- Perfil 2.
Fonte: elaborado pela autora

5.2. CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DOS SOLOS

Os atributos físicos dos solos estão apresentados na Tabela 1.

De modo geral a composição granulométrica da TFSA dos solos é dominada pelas frações finas, predominantemente argila, sugerindo que esses solos se formaram a partir de um mesmo material de origem: alteração do basalto.

No LVdf sob floresta os teores de argila variaram entre 815 g.kg⁻¹ a 940 g kg⁻¹, apresentando tendência de aumento em profundidade. A fração areia variou da base, para o topo do perfil, de 52,45 g kg⁻¹ a 37,05 g kg⁻¹. Os maiores teores das frações silte e areia foram encontrados em superfície (horizonte A). Não foram observados gradientes granulométricos entre os horizontes desse perfil. Os valores da relação silte/argila foram muito baixos, inferiores a 0,2. De acordo com Embrapa (2013) relação silte/argila inferior a 0,6 em solos argilosos e muito argilosos indicam alto grau de intemperismo, assim como a textura muito argilosa, que também evidencia intensa alteração sofrida pelo material de origem (GHIDIN *et al.*, 2006a).

A argila dispersa em água (ADA) apresentou significativa diminuição em profundidade, variando de 490 g.kg⁻¹ no horizonte superficial à 40 g.kg⁻¹ no horizonte Bw2.

Tendência inversa foi observada nos valores do grau de flocculação (GF) que é elevado em todo o perfil (>79%), à exceção dos horizontes superficiais que apresentaram apenas 40%.

A densidade do solo constatada foi baixa para todo o perfil ($<1,2\text{gcm}^{-3}$), típica de LATOSSOLO e de solos sob floresta que não foram submetidos aos efeitos do uso, sobretudo agrícola. A densidade de partículas variou de $2,38\text{ g.cm}^{-3}$ a $2,8\text{ g.cm}^{-3}$ do topo para base do perfil.

Quanto a porosidade total do LVdf constatou-se aumento linear em profundidade, refletindo os baixos valores de D_s e a estrutura microagregada dos horizontes subsuperficiais. (Tabela 1).

O perfil sob cultivo, LVef (Perfil 2), é menos argiloso do que o perfil de LVdf (Perfil 1), sob mata. O LVef apresentou variação nos teores de argila, da base para o topo, de 449 g.kg^{-1} a 718 g.kg^{-1} , apresentando tendência de aumento em profundidade. Mesma tendência foi observada para os teores da fração areia que variaram de $63,37\text{ g.kg}^{-1}$ a $91,04\text{ g.kg}^{-1}$. A fração silte, ao contrário, apresentou maiores teores nos horizontes superficiais, variando de $452,53\text{ g.kg}^{-1}$ a $194,94\text{ g.kg}^{-1}$. Os maiores de teores das frações silte e areia, assim como no LVdf, foram encontrados em superfície (horizonte A), indicando a ocorrência de erosão seletiva de finos (elutriação) no horizonte superficial. Não foram observados gradientes granulométricos entre os horizontes desse perfil. Os valores da relação silte/argila foram mais elevados do que no solo sob floresta, porém são valores inferiores a 0,6, que indicam ser um solo evoluído do ponto de vista pedogenético.

Os teores de ADA apresentaram abrupta diminuição em profundidade a partir do horizonte B, passando de valores entre 201g. kg^{-1} e 330 g. kg^{-1} nos horizontes superficiais à zero nos horizontes Bw. Tendência inversa foi observada no GF que variou entre 54 e 39% nos horizontes superficiais e 100% no horizonte Bw, com valores mais baixo se comparado aos do LVdf sob floresta. Também apresentou densidade do solo mais elevada, variando de $0,87\text{ g.cm}^{-3}$ em superfície à $2,10\text{g.cm}^{-3}$ na base do perfil. No horizonte Bw os valores mantiveram-se entre $2,03\text{ g.cm}^{-3}$ e $2,10\text{ g.cm}^{-3}$. A densidade de partículas do LVef apresentou valores entre $2,8$ e 4 g/cm^{-3} , sendo maiores que os valores da D_p do LVdf.

Giarola *et al.* (2002) colocam que de acordo com Schwertmann e Taylor (1977) em solos tropicais e subtropicais os óxidos de ferro na fração argila apresentam uma densidade de partículas elevada.

Quanto a porosidade total do LVdf constatou-se aumento linear em profundidade, refletindo os baixos valores de Ds e a estrutura microagregada dos horizontes subsuperficiais. (Tabela 1).

5.3. CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA DOS SOLOS

Os atributos químicos de rotina dos solos são apresentados na Tabela 2.

Os dois solos estudados são ácidos e apresentam variações em relação aos macronutrientes, provavelmente em decorrência de aplicação de insumos para correção do solo do perfil 2 (LVdf).

No perfil de LATOSSOLO VERMELHO Distrófico úmbrico, sob floresta, todos os horizontes apresentaram baixo conteúdo de cátions básicos trocáveis, (sendo eles: Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ Al^{3+} , Na^{2+}), com os maiores valores nos horizontes superficiais. Consequentemente, a soma de base desse solo se apresentou baixa, com máximo de $2,49 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ no horizonte superficial. Em relação à acidez potencial (H + Al) foram observados valores mais elevados nos horizontes superficiais ($4,7 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$). A CTC do solo apresentou-se baixa ($8,29 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ a $5,42 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$). De acordo com critérios descritos no sistema Brasileiro de classificação de solo (Embrapa, 2013) este solo é distrófico ($V\% < 50\%$).

Os micronutrientes (B, Cu, Fe Mn, Zn) desse solo são baixos, assim como o conteúdo de fósforo assimilável. O teor de matéria orgânica apresentou diminuição linear em profundidade variando de 28 g.dm^{-3} , no horizonte A à 12 g.dm^{-3} nos horizontes B.

O segundo perfil estudado apresenta acidez moderada, com pH variando entre 5,9 e 4,1. Em todos os horizontes desse LVdf o conteúdo de cátions básicos trocáveis (Ca^{2+} , Mg^{2+} e K^+) foi baixo, à exceção do Ca^{2+} que apresentou valores considerados elevados para essa classe de solo (Tabela 2). Essa característica pode ser atribuída ao grau de evolução desse solo e ao aporte de insumos para correção do solo, haja vista que este solo é intensamente utilizado para cultivo de grãos. Consequentemente, a soma de bases (SB) desses solos e a saturação de bases (V) também se apresentou mais elevadas do que o perfil natural de LVdf, sob floresta, variando, respectivamente, entre $4,85$ a $0,64 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ e entre 66% e 12%.

De acordo com os critérios do sistema brasileiro de solos (EMBRAPA, 2013) esse perfil é classificado como eutrófico, pois os horizontes até 150 cm apresentam V% acima de 50%. Porém, também vale ressaltar que este perfil está sob cultura agrícola, sofrendo

correções e adubações, em que se pode ter uma influência de fertilidade no solo por insumos e não naturalmente.

Tabela 2: Atributos químicos dos LATOSSOLOS

Horiz.	Prof. Cm	pH CaCl ₂ 0,01 mol L ⁻¹	V%	Mg	K	Ca	CTC	Tampão SMP		S.B	P	B	Cu	Fe	Mn	Zn	MO
								cmol _c dm ⁻³									
Perfil 1- LATOSSOLO VERMELHO Distrófico úmbrico																	
A	0-20	4,4	30	0,5	0,19	1,8	8,29	5,8		2,49	10	0,69	8,6	22	46	0,9	28
BA	38-65	4,2	16	0,4	0,02	0,6	6,22	5,2		1,02	5	0,28	3,1	7	8,1	0,1	12
Bw1	65-140	4,3	13	0,2	0,03	0,5	5,43	4,7		0,73	4	0,29	0,8	2	1,1	0	9
Bw2	140-200	4,1	6	0,1	0,04	0,3	6,84	6,4		0,44	5	0,29	1	6	1,7	0,2	12
Perfil 2- LATOSSOLO VERMELHO Eutroférico típico																	
Ap	0-10	4,9	51	0,6	0,45	3,8	9,55	4,7		4,85	25	0,34	16,3	23	75,8	4,2	32
BA	25-40	5,6	66	0,4	0,06	4,3	7,26	2,5		4,76	11	0,41	7	6	19,9	0,3	12
Bw1	40-80	5,8	54	0,6	0,17	2,2	5,47	2,5		2,97	9	0,28	2,3	3	5,3	0,1	10
Bw2	80-150	5,9	57	0,4	0,07	2,9	5,87	2,5		3,37	11	0,37	5	5	10,6	0,1	12
Bw3	150- 210	4,1	12	0,1	0,04	0,5	5,34	4,7		0,64	4	0,28	0,6	1	0,8	0,1	9
Bw4	210-290	4,6	38	0,5	0,28	1,5	6,08	3,8		2,28	4	0,38	0,9	2	2,3	0	8

Fonte: elaborado pela autora.

O conteúdo dos micronutrientes (B, Cu, Fe Mn, Zn) desse solo apresentaram tendência semelhante ao do perfil 1, sob floresta, isto é, teores variando de baixo à médio, diminuindo em profundidade

O teor de matéria orgânica foi mais elevado no horizonte superficial e apresentou diminuição linear em profundidade variando de 32 g.dm^{-3} , no horizonte superficial a 8 g.dm^{-3} no horizonte Bw. À exceção do horizonte A que apresentou teor superior de matéria orgânica, devido ao resto fresco de cultura, o teor de matéria orgânica nos horizontes subjacentes são bastante parecidos numericamente entre os dois perfis.

5.4. DIGESTÃO SULFÚRICA

Na Tabela 3 são apresentados os resultados da digestão sulfúrica dos dois perfis estudados.

Observa-se que em ambos os perfis os teores de óxidos de ferro, titânio e manganês apresentam sutis diminuições em profundidade e os óxidos de silício e alumínio apresentam tendência inversa. Constata-se também que em ambos os perfis os teores de SiO_2 , TiO_2 e MnO são bastante parecidos. Verificou-se que, embora haja pequenas variações nos teores de Al_2O_3 e Fe_2O_3 , entre perfis, o conjunto de dados reflete a natureza mais básica do material de origem desses solos, rico em minerais ferromagnesianos.

Os valores para as relações molares K_i ($\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$) e K_r ($\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$) foram relativamente baixos, demonstrando avançado estágio de intemperismo desses solos. Valores semelhantes para estas relações foram reportados pela Embrapa (1984) em áreas próximas à Marechal, em Margarida, Toledo e Cascavel

5.5. CARACTERIZAÇÃO MINERALÓGICA

Os difratogramas de Raio-X obtidos através da análise mineralógica, realizada nas amostras de solo dos Perfis estudados são apresentados nas Figura 8 e 9. Na análise mineralógica da difratometria são interpretados os reflexos minerais pela distância interplanar (d) que cada mineral apresenta. Estas distâncias interplanares são encontradas pela medida do reflexo em 2θ . Os atributos dos minerais são identificados e medidos pela largura a meia altura (LMA) e a área do pico e pela distância interplanar (RESENDE *et al.*, 2005).

Tabela 3: Análise de Ataque sulfúrico dos LATOSSOLOS.

Horiz.	Prof. Cm	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃ %	TiO ₂	MnO	Ki	Kr
Perfil 1- LATOSSOLO VERMELHO Distrófico úmbrico								
A	0-20	19,30	21,16	19,66	6,67	0,0604	1,55	0,97
AB	20-38	20,80	22,32	17,30	5,08	0,0426	1,58	1,06
Bw2	140-200	21,70	22,92	16,19	5,14	0,0255	1,61	1,11
Perfil 2-LATOSSOLO VERMELHO Eutroférico típico								
Ap	0-10	17,50	16,37	24,18	6,03	0,1059	1,82	0,93
AB	10-25	21,80	17,83	20,36	4,78	0,0765	2,08	1,20
Bw2	80-150	23,70	21,36	18,28	4,45	0,0491	1,89	1,22

Fonte: elaborado pela autora.

De modo geral constata-se que a constituição mineralógica da fração argila dos solos estudados é relativamente simples e qualitativamente bastante parecida, sem ocorrência de nenhum mineral diferente daqueles esperados para o basalto, material de origem dos dois perfis classificados como LATOSSOLO VERMELHO.

Na fração argila de todos os horizontes do perfil de LVdf, (Perfil1) sob floresta, foram identificados picos de caulinita (argilominerais 1:1), vermiculita com hidróxi-entrecamada – VHE (argilominerais 2:1) e gibbsita (hidróxidos de alumínio) (Figuras 8 e 9).

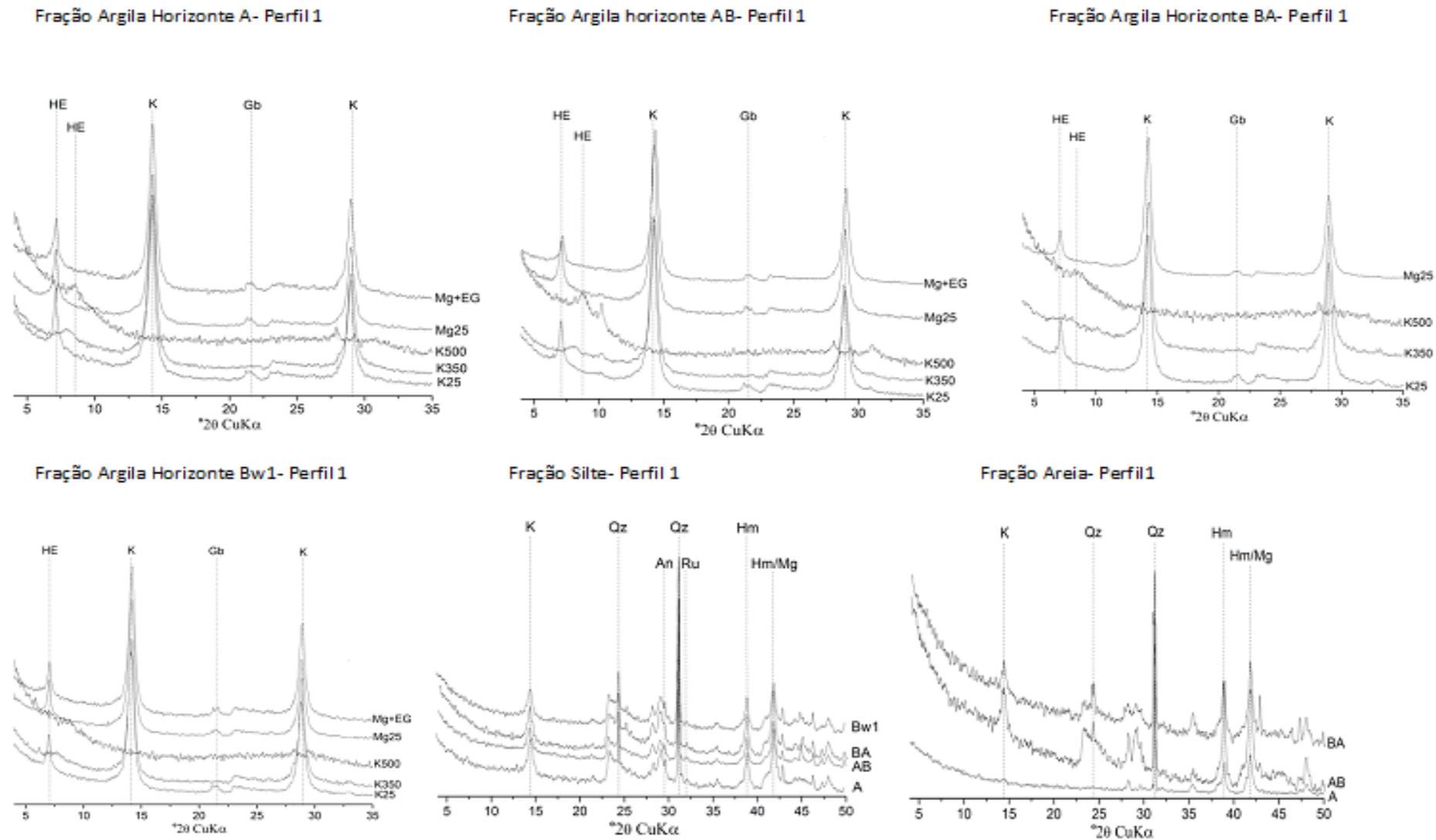
No perfil de LVdf, sob cultura essa mesma assembléia mineralógica se repetiu nos horizontes B latossólico, nos horizontes AB, BA e B/Cr.

Essa mineralogia, sobretudo a presença de VHE, concorda com a literatura corrente. De acordo com Azevedo e Vidal-Torrado (2009) o espaçamento deste argilomineral quando a amostra é saturada com K apresenta valor correspondente a 1,0 nm e expande para 1,4 nm quando saturadas com Mg, de acordo com o valor correspondente observado no espaçamento dos reflexos minerais (1,4 nm d 001) das amostras analisadas. O horizonte B/Cr do perfil 2 apresenta o mineral VHE (vermiculita hidróxi-entrecamadas) com maior largura a meia altura (LMA) indicando, portanto o menor grau de cristalização mineralógica desse argilomineral. Já nos horizontes A e Bw, em ambos os perfis, observou-se a presença de VHE com menor largura a meia altura indicando maior grau de cristalização, como de acordo com Resende *et al.* (2005).

A caulinita na fração argila de ambos os perfis apresenta picos indicados por 001, 002, 003, sendo estes, sequências basais da caulinita, com diferentes ordens e os valores de espaçamento interplanar correspondendo, respectivamente: a 0,716, 0,358, e 0,239 nm. Um indicativo de caulinita no solo é que em tratamento a K 550° o pico da caulinita desaparece (MELO e WYPYCH, 2009), conforme observado em ambos os perfis.

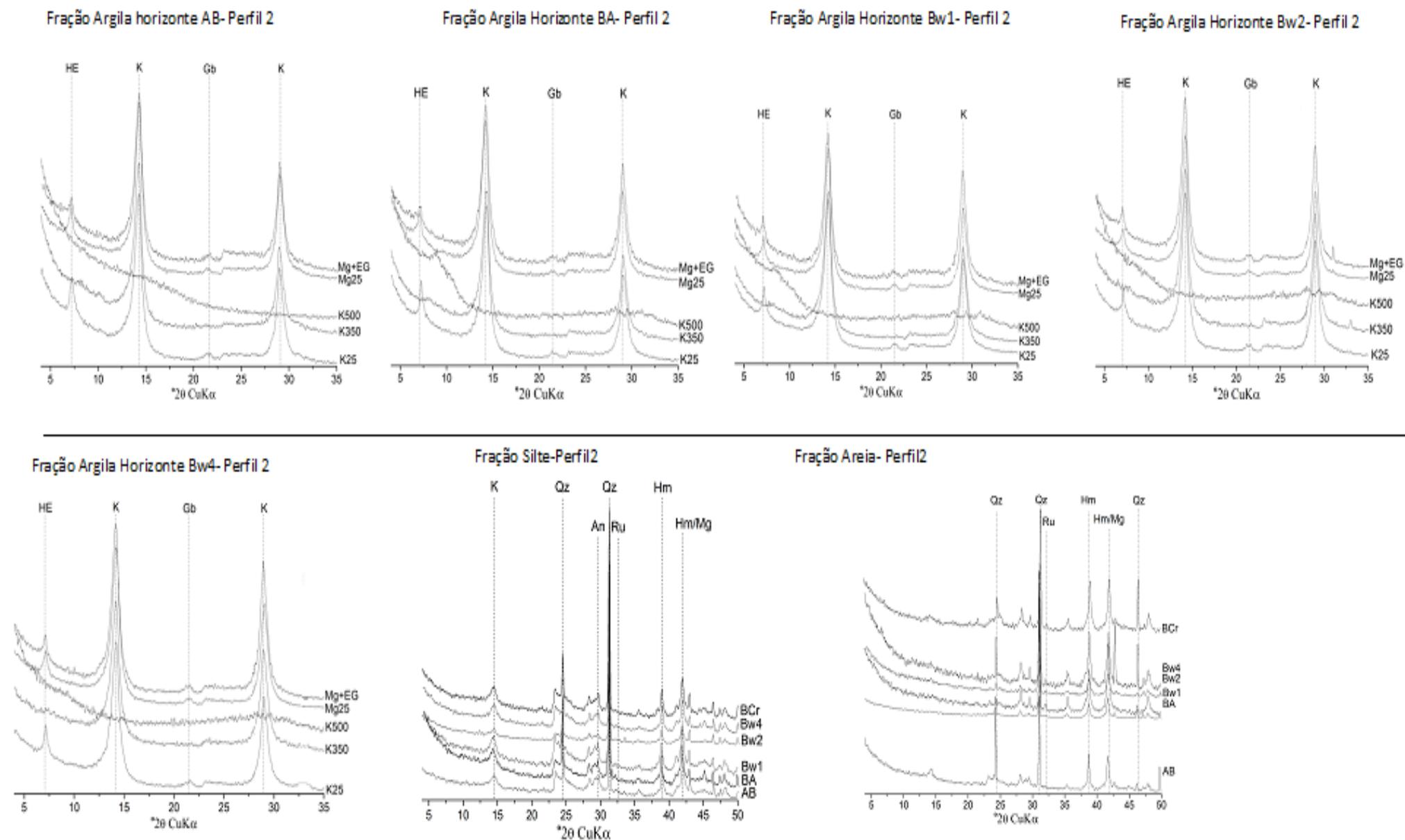
A fração silte também apresentou semelhança entre e intra perfis. Essa fração é composta por minerais primários (quartzo), minerais secundários (caulinita) e óxidos de ferro (hematita; hematita/magnetita) e óxidos de titânio (anatásio e rutilo) e correspondem a minerais encontrados em ambientes de elevada intemperização (Figuras 8 e 9).

Na fração areia dos dois perfis predomina o quartzo, mineral primário com alto grau de estabilidade, muito resistente ao intemperismo (POPP, 1998). As quantidades expressivas de quartzo na fração areia dos horizontes latossólicos são indicadas pelos reflexos a 0,42 e 0,33 nm com pequena largura a meia altura e elevado grau de cristalinidade. Também foram encontrados picos de hematita, hematita/magnetita e caulinita no LVdf (Perfil 1- Figura 8) e picos de hematita, hematita/magnetita no perfil de LVef (Perfil2 – Figura 9).



$^{\circ}2\theta$ Cu Ka: K: Caulinita; Qz: Quartzo; Hm: Hematita; Hm/Mg: Hematita/Magnetita; Na:Anatásio; Ru: Rutílio; Gb: Gibbsita; Na: anidrita; HE: hidroxi- entrecamada.

Figura 8: Difratoformas de Raio X - Perfil 1.
Fonte: organizado pela autora.



$^{\circ}2\theta$ Cu Ka: K: Caulinita; Qz: Quartzo; Hm: Hematita; Hm/Mg: Hematita/Magnetita; Na:Anatásio; Ru: Rutílio; Gb: Gibbsita; Na: anidrita; HE: hidroxi- entrecamada

Figura 9: Difratoformas de Raio X- Perfil 2.

Fonte: organizado pela autora

6- DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

De acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2013), os solos estudados foram classificados como LATOSSOLO VERMELHO Distrófico úmbrico (LVdf) (Perfil 1) e LATOSSOLO VERMELHO Eutroférico típico (LVef) (Perfil 2). Eles correspondem à classe dos antigos Latossolos Roxos e se enquadram na ordem dos Ferralsols (FAO/WRB, 2006) e dos Oxisols (SOIL TAXONOMY, 2009).

No Paraná a classe dos LATOSSOLOS VERMELHOS abrangem cerca de 28.203 km² e se distribuem, predominantemente, no Terceiro Planalto Paranaense (EMBRAPA, 1984). Na mesorregião oeste é encontrado em área de relevo plano à suave ondulado, ocupando os setores de topo e média alta vertente (MORESCO, 2007; MAGALHÃES, 2013; CALEGARI e MARCOLIN, 2014).

Tavares Filho (1995) destaca que regionalmente os setores de declividade mais forte são indicados a partir de rupturas de declividades na média vertente e que as maiores variações em termos de classes de solos e grau de evolução mineralógica estariam à jusante dessas rupturas, pois acima predominam os LATOSSOLOS, a exemplo das áreas estudadas neste trabalho e de outros nas regiões oeste (MORESCO, 2007; MAGALHÃES, 2013; CALEGARI e MARCOLIN, 2014) e no sudoeste do Paraná (EMBRAPA, 1984; 2004; BRAGAS, 2010; RODRIGUES, 2011; BERTUOL, 2014).

A textura muito argilosa dos LATOSSOLOS VERMELHOS estudados (Tabela 1) evidencia intensa alteração sofrida pelo material de origem (GHIDIN *et al.*, 2006a). Os elevados teores de silte, pouco comum para essa classe de solo, são semelhantes aos encontrados em LATOSSOLOS VERMELHOS, estudados por Rodrigues (2011) na Superfície VI (Mariópolis/PR), por Bragas (2010) em Campo Erê/SC e Bertuol (2014) na Superfície V (Clevelândia/PR).

Ghidin *et al.* (2006a) também encontrou teores semelhantes em LATOSSOLOS VERMELHOS Distroféricos em Cascavel (PR). Para esses autores tais teores são maiores que alguns encontrados em outras áreas do sul Brasil por Netto (1996), também em LATOSSOLOS formados a partir do basalto e que estariam relacionados à: (i) posição na paisagem (média e baixa vertente), caso que não se aplica aos solos aqui estudados, pois todos foram amostrados em situação de topo; e, (ii)

ineficiência do método de dispersão para solos com altos teores de óxidos de Fe e Al, conforme observado por Melo et al. (2000).

Segundo análise mineralógica a fração silte é constituída, em grande parte, por partículas de minerais da fração argila com alta estabilidade, sendo cimentadas pelos óxidos de Fe e por minerais primários como o quartzo, indicando que estes teores estão mais relacionados ao grau de intemperismo, sobretudo nos horizontes mais profundos do LVdf. Os valores da relação silte/argila foram baixos (Tabela 1), sendo inferiores ao limite de 0,6 determinado para Latossolo de textura argilosa, indicando que estes solos estão bastante evoluído do ponto de vista pedogenético (EMBRAPA, 2013), semelhante aqueles que ocorrem nas superfícies V e VI (BRAGAS, 2010; RODRIGUES, 2011; BERTUOL, 2014).

O maior conteúdo da fração areia presente nos horizontes superficiais, em ambos os perfis, é devido a erosão seletiva de finos (elutriação) nas camadas superficiais (VIDAL TORRADO *et al.*, 2006), haja visto que os solos foram amostrados em situação de topo onde o transporte lateral é praticamente nulo, insuficiente para criar uma camada de colúvio. Também pode estar relacionado ao teor e qualidade da matéria orgânica do solo, pois o fenômeno da dispersão-floculação dos finos é influenciado pela matéria orgânica do solo (OADES, 1988), a qual afeta o desenvolvimento da estrutura e relaciona-se com o balanço das cargas elétricas do solo (GOMES *et al.*, 1994; PRADO E CENTURION, 2001).

No perfil sob floresta, LVdf, a matéria orgânica provavelmente apresenta-se mais humificada, tendo um efeito de cimentação bem mais pronunciado que o de dispersão pelo aumento da carga líquida. O efeito da floculação da argila pela ação da matéria orgânica, em áreas com vegetação nativa, foi constatado por Carvalho Júnior *et al.* (1998).

Nos horizontes superficiais os teores mais elevados de matéria orgânica indicam a condições favoráveis a incorporação e manutenção de carbono no solo. Entretanto, não significativa a ponto de criar transições mais nítidas entre os horizontes A e B em ambos os perfis. Esse tipo de transição gradual à difusa é mais comum em condições de clima mais quente, como o clima Cfa que ocorre na mesorregião oeste paranaense, pois o acúmulo de matéria orgânica no horizonte superficial é relativamente baixo se comparado a zonas mais frias, contribuindo para este menor contraste entre os horizontes (EMBRAPA, 1984). Neste sentido, os solos aqui estudados se diferem daqueles da região sudoeste do Paraná (clima Cfb), onde o horizonte superficial tende a

apresentar valor e croma mais baixos (<4) (RODRIGUES, 2011; PAISANI *et al.*, 2013; BERTUOL, 2014;), e está de acordo com as condições climática atuais, mais frio e úmido do que o observado na área de estudo.

Ambos os solos apresentaram atração magnética ao imã comum, sendo mais pronunciada no LVef (Perfil 2), classificado como férrico. Isso marca a presença de minerais pesados como a magnetita na fração mais grossa do solo (areia e silte) e de maghemita na fração argilosa (RAUEN 1980; EMBRAPA, 2004), semelhantemente ao identificado em ambos os perfis estudados (Figuras 7 e 8). De acordo com Resende (1976) e Fasolo (1978) solos derivados de rochas ígneas extrusivas apresentam alta correlação entre a suscetibilidade magnética e as cores avermelhadas, tal como observado nos solos estudados (Apêndice 1). Assim, de acordo com esses autores, quanto mais vermelho for o solo, maior seria a suscetibilidade magnética.

Botelho *et al.* (2006) e Barron e Torrent (1986) afirmam que o matiz avermelhado do solo é atribuído a hematita presente no solo, e que a partir dessa informação é possível inferir que a cor vermelha (Matiz 2,5 YR) também seja indicativo da presença deste óxido no solo. Fato que foi comprovado pela mineralogia que indicou a presença de Hematita em todas as frações estudadas em ambos os perfis (Figuras 8 e 9).

A estabilidade desses solos e resistência aos processos de erosão é corroborada pelo alto grau de floculação das argilas dos horizontes B (entre 95% e 100%), boa permeabilidade e alta porosidade (Tabela 1). A completa floculação da argila no horizonte B latossólico é comum a classe dos LATOSSOLOS VERMELHOS, considerada uma importante característica desse solo (EMBRAPA, 1984; EMBRAPA, 2004). O perfil sob floresta, exemplo de condições naturais dessa classe de solo, apresenta valores semelhantes ao encontrados por outros autores em solos da região (EMBRAPA, 1984) que ressaltam a inerente resistência desse solo a erosão e o estágio de evolução, já atingindo um nível de maturidade e estabilidade de solos evoluídos.

Este grau de maturidade é também refletido pelos atributos químicos desses solos que apresentaram argilas de baixa capacidade de troca de cátions (gibbsita, caulinita e óxidos) e elevados teores de sesquióxidos de ferro e de alumínio e óxidos de Titânio e manganês (Tabela 3). Resultado semelhante foi encontrado por Bragas (2010) em LATOSSOLO da Superfície V, indicando que o grau de evolução dos solos naquela superfície assemelha-se aos solos estudados em Marechal.

A assembléia mineralógica dos solos estudados vem ao encontro da literatura corrente sobre a classe dos LATOSSOLOS VERMELHOS, provenientes do basalto, que aponta o predomínio de argilominerais como a caulinita, gibbsita, goethita e hematita na fração argila (RESENDE, 1976; CURI, 1983; SANTANA, 1984; RESENDE *et al.*, 1988; KER, 1995; BOGNOLA, 1996; KER 1997; MELO *et al.*, 2001a, b; GHIDIN *et al.*, 2006; SCHAEFER *et al.*, 2008).

A presença de VHE e minerais como o rutilo e o anatásio, mesmo em baixa quantidade, também são comum em LATOSSOLOS (ALVES *et al.*, 2008; SCHWERTMANN e HERBILLON, 1992). Fontes e Weed (1991), considerando os óxidos de Fe, discutem que a maghemita é um dos óxidos mais encontrados na fração argila dos LATOSSOLOS VERMELHOS provenientes do basalto. Este foi encontrado na fração silte e areia de ambos os perfis aqui discutidos.

A presença da caulinita predominando na fração argila corrobora o elevado grau de evolução dos solos estudados, pois este argilomineral é mais abundante em solos de climas quentes e úmidos onde ocorre a perda parcial da sílica, o que permite a ocorrência da monossilização, sendo condição favorável a formação e estabilidade desse argilomineral 1:1 no solo (DIXON 1977; KAMPF *et al.*, 2009; KAMPF *et al.*, 2012). A caulinita pode se formar a partir de vários minerais diferentes, desde que ocorra a remoção parcial dos cátions básicos e da sílica. Assim, solos caulíníticos, como os LATOSSOLOS, possuem baixa reserva de nutrientes (KER, 1995; LIMA, 2001; MELO e WYPYCH, 2009; KAMPF *et al.*, 2012).

Bragas (2010) e Rodrigues (2011) também encontraram predomínio da caulinita na fração argila de LATOSSOLOS e interpretaram como sendo solos em estágio avançado de intemperismo, evoluindo de ferruginosos para ferralíticos.

Ainda que todos os atributos físicos, químicos levem a uma interpretação de que os solos aqui estudados apresentam elevado grau de intemperismo, a presença do argilomineral vermiculita indica que este grau de intemperismo não é tão evoluído quanto de outros LATOSSOLOS caulíníticos comuns na região (EMBRAPA, 1984).

Ker (1995) e Melo (2009), entre outros autores, apontam a ocorrência de VHE em LATOSSOLOS brasileiros. Ghidin *et al.*, (2006a) também encontraram VHE na fração argila de LVdf ao longo de uma topossequência estudada no Planalto de Cascavel. Os argilominerais 2:1 com Al interlamelar são mais comuns em LATOSSOLOS BRUNOS do Sul do Brasil (LIMA, 1979; PALMIERI, 1986; KER,

1988) e sua origem é atribuída à intemperização dos feldspatos presentes no material de origem (ANTONELLO *et al.*, 1984; GHIDIN *et al.*, 2006a).

Em condições subtropicais e tropicais, o intemperismo de rochas básicas origina solos argilosos com grandes quantidades de óxidos e hidróxidos de ferro. Dentre os óxidos mais comuns estão a hematita e a goethita (TREMOCOLDI, 2003, INDA JUNIOR e KAMPF 2005; MUGGLER, 1998). Os óxidos de ferro apresentam baixa solubilidade, podendo permanecer no solo até mesmo em condições de mudanças ambientais, portanto é necessário saber em que condições se formaram esses óxidos, caracterizar e quantificar as fases minerais (KAMPF *et al.*, 2012) para compreender as condições pedoambientais em que os solos se formaram.

A hematita, encontrada na mineralogia dos solos estudados, como já ressaltado anteriormente é responsável pela coloração vermelha do solo. Em altas temperaturas, em solos de drenagem livre e geralmente em relevos mais estáveis tem-se favorecida a formação e ocorrência desse óxido e já em locais com pH baixo, alta umidade e altos teores de carbono orgânico tem-se condições a formação da goethita, podendo os óxidos serem indicadores de pedoambientes (CURI, 1993, TREMOCOLDI, 2003, COSTA & BIGHAM, 2009).

Michelon (2006) aponta que os elementos titânio e zircônio ocorrem em minerais primários muito resistentes ao intemperismo (BRIMHALL e DIETRICH, 1986; BRIMHALL *et al.*, 1991). Estes elementos, quando em forma de óxidos (TiO_2 e ZrO_2) são oriundos de rochas ígneas e metamórficas. O titânio está presente mais predominantemente nas frações grossas do solo, mas também podem ser encontradas na fração argila (KAMPF *et al.*, 2012). Na mineralogia dos LATOSSOLOS VERMELHOS estudados também foram encontrados o rútilo e o anatásio, os quais são originados do intemperismo dos silicatos compostos de Ti (Titânio) (KAMPF *et al.*, 2009). O rútilo é um óxido de titânio (TiO_2) muito resistente ao intemperismo e por sua constituição é considerado um mineral residual, típico de ambientes com avançado grau de intemperismo (KAMPF *et al.*, 2009).

O quartzo é um mineral com alto grau de estabilidade, muito resistente ao intemperismo (POPP, 1998) e predomina na fração areia dos solos estudados (Figura 8 e 9). Observa-se que nessa fração, em ambos os perfis, também foram identificados picos de hematita e hematita/magnetita. A magnetita apresenta forte atração magnética, e sua identificação nesta fração corroborando a forte atração magnética observada em campo, sobretudo para o LVe f.

Gill (2014), afirma a ocorrência de piroxênio (mineral primário) na fração areia dos LATOSSOLOS provenientes de material basáltico, porém nos perfis estudados não foram identificados picos deste mineral. Isso indica que os constituintes do solo estão de acordo com o grau elevado de intemperismo indicado por outros atributos desses solos, pois o mineral apontado é facilmente intemperizável, devido sua constituição ferromagnésiana.

6.1. ANÁLISE DA MINERALOGIA E RESSALVAS SOBRE MUDANÇAS AMBIENTAIS.

Os perfis não apresentam reflexos de minerais primários facilmente intemperizáveis na fração grossa e apresenta maior quantidade de gibbsita na fração argila. A partir dessas características, e considerando os demais atributos anteriormente discutidos é possível interpretar que estes solos se encontram em um estágio avançado de intemperismo. O quartzo foi o único mineral primário encontrado nas frações grossa em ambos os perfis, também é um indicativo do estágio de evolução desses solos, haja vista a composição do basalto. O quartzo é o mineral mais resistente ao intemperismo (GOLDICH, 1938).

Os solos estudados não apresentam distinção pedogenética. Ambos apresentam horizontes de elevado grau de intemperismo (Bw) assim como aqueles estudados por Bragas (2010), Rodrigues (2011) e Bertuol (2014). A comparação das assembléias mineralógica desses solos indica que eles se encontram em estágios semelhantes de evolução mineralógica, isto é, são solos ferruginosos.

Embora a mineralogia dos solos dos perfis estudados em Marechal Cândido Rondon mostre ocorrência de mineral 2:1, identificado como VHE, mineral que também foi identificado por Rodrigues (2011), os demais atributos atestam se tratar de LATOSSOLOS.

A ocorrência de minerais 2:1 nesses LATOSSOLOS subsidia a interpretação de que em épocas pretéritas esses solos passaram por condições de menor drenagem livre e acúmulo de bases, Si e Al, fundamentais para a formação destes minerais. Com o restabelecimento de condições mais úmidas, polímeros de Al entraram na entrecamada desse mineral e estão progressivamente se dissolvendo, contribuindo para o processo de

formação de caulinita (monossilicização), em um processo gradual e parcial de dessilicização (CURI, 1993, TREMOCOLDI, 2003, COSTA e BIGHAM, 2009).

Estudo de reconstrução paleoambiental realizado por Granja e Calegari (2013), por meio da análise de fitólitos extraídos de amostras do LVdf (Perfil 1, sob floresta), indicou sensível mudança na composição da vegetação local. Os índices fitolíticos (Índice Climático – Ic e Índice de Aridez – Iph) calculados para este perfil indicaram a ocorrência de condições mais frias e secas no passado, a partir da assembléia das amostras correspondente ao horizonte B latossólico, cuja cronologia não foi determinada.

Caso tenha ocorrido algum tipo de mudanças ambientais na região, essas não foram sensíveis aos constituintes oxídicos dos solos, pois os óxidos encontrados nos solos estão em concordância com o ambiente de sua formação. Provavelmente os solos em estudo não passaram por mudanças paleoclimáticas acentuadas que pudessem afetar o ambiente edáfico, e promover a formação de um constituinte em detrimento de outros. A homogeneidade de cor dos solos, observada em campo, demonstra predomínio do mesmo óxido de ferro ao longo da evolução pedogenética desses solos, comprovadamente a hematita.

Os atributos químicos, físicos e mineralógicos dos solos estudados parecem apresentar grau de intemperização semelhante aos observados nas superfícies incompletamente aplainadas V e VII (PAISANI *et al.*, 2008 a) que foram estudados de maneira similar por Rodrigues (2011) e Bortuol (2014) e Paisani *et al.* (2013), respectivamente. Considerando a posição geomorfológica, o grau de dessecação e as cotas altimétricas mais baixas da área, é possível interpretar que os LATOSSOLOS que ocorrem nos segmentos de topo das unidades geomórficas inseridas no oeste do Paraná apresentem solos com composição mineralógica e grau de intemperização semelhante.

6.2. RELAÇÃO DA REGIÃO OESTE E AS SUPERFÍCIES INCOMPLETAMENTE APLAINADAS IDENTIFICADAS POR PAISANI *et al.* (2008 a).

Os estudos realizados até o presente momento conforme verificados na Figura 2 mostram que as Superfícies Geomórficas Incompletamente Aplainadas mapeadas do noroeste de Santa Catarina ao sudoeste do Paraná (Figura 1) apresentam dois momentos

de evolução de paisagem, onde nas superfícies mais à noroeste catarinense ocorre de maneira mais acentuada a ação da morfogênese sobre a pedogênese, comprovado pelas características e estudos locais realizados. Já nas superfícies mais baixas topograficamente, a partir da superfície IV até as chamadas superfícies em elaboração, a paisagem aparece controlada pela maior atuação da pedogênese sobre a morfogênese, conforme os estudos realizados.

Enquanto nas superfícies I e II são encontrados materiais colúviais não pedogeneizados, nas demais superfícies em que foram realizados estudos predominam solos espessos e bem evoluídos pedogeneticamente, formados *in situ*. Estas superfícies com material pedogeneizado foram classificadas como um relevo evoluído pela ecthplanação, conforme aplicado por Budel (1957) o “mecanismo de duplo front” (rebaixamento do relevo influenciado pelo acentuado intemperismo químico ocorrente) nivelando aplainamentos escalonados.

No extremo oeste do Paraná a tendência de escalonamento altimétrica se mantêm, e mais quatro níveis altimétricos foram observados, entretanto, não se observou morfologia que suportem a interpretação de que estas áreas correspondem a superfícies geomórficas.

Confrontando os estudos pedológicos já realizados com os dados pedológicos da região de Marechal Cândido Rondon, extremo oeste, observou-se valores e resultados muito similares, e ambos os solos de adiantado grau de evolução pedogenética. Porém, não foram realizadas as mesmas análises em todos os estudos, o que interfere na interpretação final desta análise, pois apesar de serem solos parecidos não se pode comprovar se todos se encontram no mesmo grau de evolução morfopedogenética e continuação das superfícies.

Desta forma seria prematura a afirmação de se tratar de uma continuação das superfícies identificadas por Paisani *et al.* (2008a) ou outras superfícies, que não foram descritas por estes autores, pois ainda se carece de estudos geomorfológicos mais completos.

7- CONSIDERAÇÕES FINAIS

Visando alcançar os objetivos propostos para esta pesquisa, foram realizadas análises morfológica, físicas, químicas e mineralógicas de dois perfis de solos, que permitiram caracterizar os solos estudados e compará-los com solos de outras regiões do estado.

As análises morfológicas e físico-químicas de rotina permitiram conhecer os principais atributos desses solos. A composição mineralógica foi determinada por meio da análise de difração de raio-X.

Assim, os dados levantados e os resultados obtidos permitiram inferir que:

- a distribuição dos estudados está de acordo com a paisagem local, assim como com o clima subtropical úmido atual.

- a baixa CTC, a soma de bases e a saturação por bases evidenciam forte pedogênese, considerando principalmente os valores obtidos no Perfil 1 (Perfil sem interferência antrópica).

- o valor de $K_i > 0,75$ mostra concordância com as análises mineralógicas onde se confirma que são LATOSSOLOS cauliníticos. Considerando a relação silício/alumínio, apresentando uma relação 1:1 mostram a característica caulinitica do solo, considerando a monossilitização.

- a grande quantidade de teores de ferro no solo é atribuída ao elevado nível de alteração e intenso intemperismo ocorrido nas rochas ígneas básicas (basalto). A gibbsita encontrada nos solos caracteriza um indicativo de mudanças nos processos de intemperismo, passando de monossilitização para alitização.

- os atributos mineralógicos identificados nos dois perfis latossólicos estudados apresentam-se em concordância em relação aos minerais identificados com o material de origem (Basalto) e também estão de acordo com o grau de intemperização destes solos (ocorrência de minerais 1:1).

O avançado estágio de intemperismo nos solos estudados (estágio de monossilitização e hidrólise parcial) está em concordância com os solos estudados no sudoeste do Paraná.

No contexto da região oeste a tendência de escalonamento altimétrico do relevo se mantém, porém não foram realizados estudos sobre a geomorfologia dessas áreas para subsidiar uma interpretação de que existe uma continuação das superfícies

incompletamente aplainadas para o extremo oeste paranaense, onde predomina clima subtropical com solos muito alterados. Para isso seriam necessários mais estudos para comparações utilizando o mesmo conjunto de técnicas e análises já realizadas no sudoeste .

Ao final constatou-se que no extremo oeste do Paraná a tendência de escalonamento altimétrica se mantém, e mais quatro níveis altimétricos foram observados, entretanto, não foram realizadas análises que permitisse reconhecer as formas do relevo, em nível suficiente para suportar uma interpretação de que estas áreas corresponderiam a superfícies geomórficas, a exemplo daquelas constatadas no sudoeste do Paraná.

8- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AB'SÁBER, Aziz Nacib. Megageomorfologia do território brasileiro. In: CUNHA, S. B.; GUERRA, A. J. T. (Org.). **Geomorfologia do Brasil**. 2. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2001.

ALVES, Maurício Vicente, SANTOS, Júlio Cesar Pires, GOIS, Deisi Tatiani; ALBERTON, Janaina Veronezi; Dilmar BARETTA. Macrofauna do solo influenciada pelo uso de fertilizantes químicos e dejetos de suínos no Oeste do Estado de Santa Catarina. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 2, p. 589-598, 2008.

ANTONELLO, L.L.; MOLLER, R.M.F.; MONIZ, A.C., DURIEZ, M.A. Mineralogía de argilas de horizontes B de Latossolos do Sudeste e Sul do Brasil. In: **EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – SERVIÇO NACIONAL DE LEVANTAMENTO E CONSERVAÇÃO DE SOLOS**. Investigações coligadas em variedades selecionadas de Latossolos do Brasil Sudeste e Sul. Rio de Janeiro, p.32-67. 1984.

AUGUSTIN, Cristina Helena Ribeiro Rocha. Lateritas: Um Conceito Ainda Em Construção. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 14, nº 3, ISSN 2236-5664, 2013.

ÁVILA, Frederico Fernandes de. **Análise da cobertura pedológica em umatopossequência na bacia do córrego dos Pereiras - depressão de Gouveia/MG**. Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Geociências- Programa de Pós-Graduação em Geografia. Belo Horizonte. 133p. Dissertação (Mestrado em Geografia). 2009

AZEVEDO, Antônio Carlos; BONUMÁ Angélica Silveira. Partículas coloidais, dispersão e agregação em Latossolos. **Ciência Rural**, ISSN 0103-8478 Santa Maria, v.34, n.2, p.609-617. 2004.

AZEVEDO, Antônio Carlos; VIDAL-TORRADO, Pablo. **Esmectita, vermiculita, minerais com hidróxi entrecamadas e clorita**. In: Melo, V.F.; Alleoni, L.R.F. (Ed.). Química e mineralogia do solo: Parte I - Conceitos básicos. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, cap. 6, p. 381-426, 2009.

BALSTER, C. A; PARSONS, R. B. **Geomorphology and Soils, Willamette Valley, Oregon**. Oregon State University Corvallis. 1968.

BARRON, V.; TORRENT, J. Use of the Kubelka-Munk theory to study the influence of iron oxides on soil colour. **Journal of soil Science**, Oxford, v.37, p.499-510, 1986.

BECKER, Elsbeth Léia Spode; BURIOL, Galileo Adeli; STRECK, Nereu Augusto. Clima e Intemperismo na Formação dos Solos do Rio Grande do Sul, Brasil. **Revista Brasileira de Geografia Física** 01 (2012) 33-46, 2012.

BENNEMA, Jakob; CAMARGO, M.N. Segundo **esboço parcial de classificação de solos brasileiros**. Rio de Janeiro, Ministério da Agricultura, Divisão de Pedologia e Fertilidade do Solo. 17p. (mineogr.), 1964.

BENNEMA, J. & VETORI, L. The influence of the carbon/clay and silica/sesquioxides ratios on the pH of Latosols. In: Internacional Congress of soil Science, 7., Madison, Anais. **Madison, International Soil Science Society**, v. 4, p. 244-250. 1960.

BERTOLDO, Édson. **Registro paleambiental em cabeceira de drenagem inscrita no remanescente de superfície aplainada VIII (A.R.I.E. do Buriti-SW PR)**. Francisco Beltrão, 79f. Dissertação (Mestrado em Geografia), 2010.

BERTUOL, Elizandra Carla. **Estágio de intemperismo da cobertura superficial na superfície geomorfológica V (Clevelândia/PR)-Planalto das Araucárias**. Francisco Beltrão, 83f. Dissertação (Mestrado em Geografia), 2014.

BIGARELLA, João José; ANDRADE, Gilberto O. Contribution to the Study of the Brazilian Quaternary. **Geological Society of America**, n. 84, p. 307-323. 1965.

BIGARELLA, João José; MOUSINHO, M. R.; SILVA, J. X. Considerações a Respeito da Evolução das Vertentes. **Boletim Paranaense de Geografia**, N. 16 e 17, p. 85-117. 1965.

BIGARELLA, João José; MOUSINHO, M. R.; SILVA, J. X. Pediplanos, Pedimentos e seus Depósitos Correlativos no Brasil. **Boletim Paranaense de Geografia**, N. 16 e 17, p. 119-151. 1965.

BIGARELLA, João José; PASSOS, E. Superfícies de Erosão. In: CUNHA, S.B., GUERRA, A.J.T. **Geomorfologia do Brasil**. São Paulo: Bertrand Brasil, p 107-141. 2003.

BLAND, Will; ROLLS, David. **Weathering: an introduction to the scientific principles**. Arnold, London, 271p. 1998.

BOCKHEIM, J.G.; GENNADIYEV, A.N.; HAMMER, R.D. & TANDARICH, J.P. Historical development of key concepts in pedology. **Geoderma**, 24:23-36, 2005.

BOCQUIER, G. Genèse et évolution de deux toposéquences de sols tropicaux du Tchad. Paris: **ORSTOM**, 350 p. (Mémoires, 62). 1973.

BOGNOLA, I.A. **Caracterização química, física e mineralógica de solos intermediários entre Latossolos Brunos e Latossolos Roxos**. Viçosa, MG, Universidade Federal Viçosa (Tese) 205p. 1996.

BOTELHO, Márcio Ramos; DALMOLIN, Ricardo Simão Diniz; PEDRON, Fabrício de Araújo; AZEVEDO, Antonio Carlos; RODRIGUES, Rodrigo Borkowski; MIGUEL, Pablo. Medida da cor em solos do Rio Grande do Sul com a carta de Munsell e por colorimetria. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.36, n.4, p.1179-1185, ISSN 0103-8478. 2006.

BOULET, René. **Toposéquences de sols tropicaux en Haute Volta**. Équilibre et déséquilibre pédobioclimatique. Paris, Université du Strasbourg, 85p. (Tese de Doutorado). 1976.

BOULET, René; CHAUVEL, A.; HUMBEL, F. X.; LUCAS, Y. “Analyse structurale et cartographie en pedologie. I- Prise en compte l’organisation bidimensionnelle de la couverture pédologique: les etude de toposéquences et leurs principaux apport à la connaissance des sols”. Cah. **ORSTOM**. Paris, França. Série Pédologie. V. XIX, n. 4. P. 309-322. 1982a.

BOULET, René; HUMBEL, F. X. e LUCAS, Y. Analyse Structurale et Cartographie en Pédologie. II Une méthode d’analyse prenant en compte l’organisation tridimensionnelle des couvertures pédologiques. Cah. **ORSTOM**, sér. Pédol., vol. 19, n. 4, p.323-339, 1982b.

Brady, Nyle C. **Natureza e propriedades dos solos**. 7 ed. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 1989.

BRADY, Nyle C; WEIL, Ray. R. **Elementos da natureza e propriedades dos solos**. Bookman, Tradução: LEPSCH, Igo F. 685p. 2013.

BRAGAS, Lucileia Aparecida Silveira dos Santos. **Caracterização da cobertura superficial em cabeceira de drenagem sobre substrato vulcânico- Campo Êre (SC)**. Francisco Beltrão-PR. Dissertação (Mestrado em Geografia). 94f, 2010.

BRIMHALL, G. H; DIETRICH, W. E. Constitutive mass balance relations between chemical composition, volume, density, porosity, and strain in metasomatic hydrochemical systems: Results on weathering and pedogenesis. **Geochimica et Cosmochimica Acta** V.51, 1986.

BRIMHALL, G.H; CHRITOPHER, A; LEWIS A. J; FORD, C.B; BRATT, J; TAYLOR,G; WARIN, O. Quantitative geochemical approach to pedogenesis: importance of parent material reduction, volumetric expansion, and eolian influx in lateritization. **Geoderma**, V.51, 1991.

BROWN, G.; BRINDLEY G.W. Crystal Structures of Clay Minerals and their X-ray Identification. **Mineralogical Society**, 41 Queen's Gate, London SW7 5HR, 495 pp. 1980.

BÜDEL, Julius. Die doppelten Einebnungsflächen in den feuchten Tropen. **Zeitschrift für Geomorphologie**, Stuttgart, n. 1, p. 201-288, 1957.

BUOL, S.W., HOLE, F.D., MCCRACKEN, R.J. Soil Genesis and Classification, Southard, R.J. 4th edn. **Iowa State Univ.** Press, Ames. 1997.

CALEGARI, Marcia Regina; MARCOLIN, Luciane. Relação Solo - Paisagem na Bacia da Sanga Matilde Cuê, Marechal Cândido Rondon (Pr). **Boletim de Geografia**. Maringá, v. 32, n. 3, p. 110-121. 2014.

CAMARGO, M. N.; KLAMT, E; KAUFFMAN, J. H. Classificação de solos usada em levantamentos pedológicos no Brasil. **Boletim Informativo, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, 12: 11-33. 1987.

CAMARGO, G.; CAMARGO FILHO, M. Aplicação da estratigrafia e da análise de estruturas de detalhe à interpretação de eventos deposicionais. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, 11, 2005, São Paulo. **Anais...** São Paulo: USP, CDRoom, 2005.

CAMPOS, Milton César Costa; CARDOZO, Nilceu Piffer; MARQUES JÚNIOR, José. Modelos de Paisagem e sua Utilização em Levantamentos Pedológicos. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, ISSN 1519-5228. Volume 6. Nº 1, 2006.

CAMPOS, Milton César Costa; Pedogeomorfologia aplicada à ambientes amazônicos do médio Rio Madeira. Recife, Pernambuco. Universidade Federal Rural de Pernambuco. 224p. 2009. Tese (Doutorado).

CAVIGLIONE, João Henrique; KIIHL, Laura Regina Bernardes ; CARAMORI, Paulo Henrique ; OLIVEIRA, Dalziza. **Cartas climáticas do Paraná**. Londrina : IAPAR, 2000.

CARVALHO JÚNIOR, I.A., FONTES, L.E.F., COSTA, L.M. Modificações causadas pelo uso e formação de camadas compactadas e, ou, adensadas em um Latossolo Vermelho-Escuro textura média, na região do Cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.22, p.505-514, 1998.

CHAUVEL, A. Recherches sur la transformation des sols ferrallitiques dans la zone tropicale a saisons contrastées. Paris, **ORSTOM**, 532p. (Série Travaux et Documents, 62). 1977.

CHAUVEL, A e LUCAS, Y. Soil formation in tropically weathered terrains. In: GOVETT, C.J.S (ed) **Handbook of Exploration Geochemistry**. NY, Elsevier, p.57-77. 1992 .

CLINE, Marlin. **Origin of the term Latosol**. Soil Sci. Soc. Am. Proc., 39: 162. 1975.

COELHO, Maurício Rizzato; SANTOS, Humberto Gonçalves; SILVA, Enio Fraga; AGLIO, Mario Luiz Diamante. **O Recurso Natural Solo**. In: MANZATTO, Celso Vainer; FREITAS JUNIOR, Elias; PERES, José Roberto Rodrigues. EMBRAPA, Rio de Janeiro, 174p. 2002.

COSTA, A.C.S. & BIGHAM, J.M. **Óxidos de ferro**. In: MELO, V.F. & ALLEONI, L.R.F., eds. Química e mineralogia do solo; Conceitos básicos. Parte 1. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, v.1. p.505-573, 2009.

CUNHA, Sandra Baptista; GUERRA, Antônio José Teixeira. Degradação ambiental. P.337-379. In: GUERRA, Antônio José Teixeira; CUNHA, Sandra Baptista. **Geomorfologia e Meio Ambiente**. Bertrand Brasil, 9ª edição. 394p. 2010.

CURI, Nilton. **Lithosequence and toposequence of Oxisols from Goiás and Minas Gerais States, Brazil**. West Lafayette, Purdue University, 158p. (Tese de Doutorado). 1983.

DAVIS, William M. The geographical cycle. **Geographical Journal**, [s.l.], v. 14, n. 5, p. 481-504, 1899.

DANIELS, R.B.; GAMBLE, E.F. & CADY, J.G. The relation between geomorphology and soil morphology and genesis. **Adv. Agron.**, 23:51-87, 1971.

DANIELS, R.B. & HAMMER, R.D. **Soil geomorphology**. New York, John Wiley & Sons, 236p. 1992.

DENT, David; HARTEMINK, Alfred; KIMBLE, John. **Soil: Earth skin**. 16p. 2007. Disponível em: <http://www.yearofplanetearth.org/>. Consultado em 24/02/2015.

DELVIGNE, J. Pédogenèse en zone tropicale. La formation des minéraux secondaires en milieu ferrallitique. **Dunod/Orstom**, Paris, 177 p. 1965.

DIXON J.B. **Kaolinite and serpentine group minerals**. In: Minerals in Soil Environments (J.B. Dixon and S.B. Weed, editors). Soil Science Society of America, Madison, U.S.A, p. 357-403. 1977.

DOUGLAS, Lowell A. **Vermiculites**. p.259-292. In: DIXON, J. B. Minerals in Soil environmental. Soil Science Society of America Madison. Wisconsin (USA), 948p. 1977.

DUCHAUFOR, Philippe. **Pedology pedogenesis and classification** (Translated by T.R. Paton). Allen e Unwin. London, 1982.

DUCHAUFOR, Philippe. **Abregé de pedologie: soil environment**. Masson, p. 1997.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. **Levantamento de Reconhecimento dos Solos do Estado do Paraná**. Curitiba, EMBRAPA-SNLCS/SUDESUL/IAPAR, TOMO I, 791p. 1984.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Critérios para distinção de classes de solos e de fases de unidade de mapeamento, normas em uso pelo SNLCS**. Rio de Janeiro, EMBRAPA-SNLCS, 67p. 1988.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Manual de métodos de análise de solo**. 2ª edição, Rio de Janeiro, 1997. 212p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisas de Solos. Rio de Janeiro. **Sistema Brasileiro de classificação de solos**. Brasília, Serviço de Produção de Informação, 1999. 412p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Solos do Estado de Santa Catarina**. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento N° 46. ISSN 1678-0892, 2004.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2.ed. Rio de Janeiro, 306p. 2006.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Boletim de Pesquisa e desenvolvimento**. Conceitos de fertilidade do solo e manejo adequado para as regiões tropicais. ISSN 1806-3322, 2010.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: Embrapa Produção de Informação. 353 p. 2013.

ERHART, H. La génèse des sols en tant que phénomène géologique. Paris: **Masson et Cie**. Ed., 1956.

ESPÍNDOLA, C. R. **Retrospectiva crítica sobre a pedologia**. Campinas: Editora Unicamp, 2008.

FACCHIN, Andressa. **Quadro evolutivo de paleocabeceira de drenagem do Rio Chipinzinho- Planalto das Araucárias (Superfície 2)**. Francisco Beltrão-PR. Dissertação (Mestrado em Geografia). 98f, 2013.

FAO (Roma, Itália). **World reference base for soil resources: draft**. Paris: Unesco. 127 p. 2006.

FASOLO, P.J. **Mineralogical identification of four igneous extrusive rocks derived Oxisols from state of Paraná, Brazil**. West Lafayette, Purdue University, 108 p. 1978. Dissertação (Mestrado).

FERREIRA, Élen Ramos Nichele Campos. **Química e mineralogia de solos desenvolvidos de rochas alcalinas e ultrabásicas do Domo de Lages, SC**. Lages, SC. Universidade do Estado de Santa Catarina- UDESC. 161p. 2013. Tese (Doutorado)

FERREIRA, M. M.; FERNANDES, B.; CURI, N. Mineralogia da fração argila e estrutura de Latossolos da região sudeste do Brasil. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, 23:507-514, 1999.

FONTES, M. P. F.; WEED, S. B. Iron oxides in selected Brazilian Oxisols: I. Mineralogy. **Soil Science Society of America Journal**. V.55, N°4, p.1143-1149. 1991.

FONTES, Maurício Paulo Ferreira; **Mineralogia do Solo: versão resumida**. Viçosa, MG. Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Solos, Centro de ciências agrárias. 95p. 2002.

FONTES, Maurício Paulo Ferreira; **Intemperismo de rochas e minerais**. p.171-206. In: KER, João Carlos; CURI, Nilton; SCHAEFER, Carlos Ernesto G.R; TORRADO, Pablo Vidal. **Pedologia: Fundamentos**. Viçosa, MG, SBCS, 343p. 2012.

FOTH, Henry D. **Fundamentals of Soil Science**. John Wiley & Sons. 8ª Edition, p.250-270. 1990.

GEREMIA, Franciele. **Compreensão da evolução das encostas do médio vale do rio Marrecas (planalto basáltico - SW PR) através da caracterização de depósitos de colúvio**. Francisco Beltrão- PR. Dissertação (Mestrado em Geografia). 72f. 2009.

GILL, Robin. **Rochas e Processos Ígneos: Um Guia Prático**. Editora Bookman, 469 páginas. 2014.

GHIDIN, André Ademir; MELO, Vander de Freitas; LIMA Valmiqui Costa; LIMA, Jane Maria Jonasson Costa. Toposequências de Latossolos originados de rochas basálticas no Paraná. I - Mineralogia da fração argila. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. 30:293-306, 2006a.

GHIDIN, André Ademir; MELO, Vander de Freitas; LIMA Valmiqui Costa; LIMA, Jane Maria Jonasson Costa. Toposequências de Latossolos originados de rochas basálticas no Paraná. II - Relação entre mineralogia da fração argila e propriedades físicas dos solos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. 30:307-319, 2006b.

GIAROLA, Neyde Fabíola Balarezo; SILVA, A. P; IMHOFF, S. Relações entre propriedades físicas e características de solos da região sul do Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 26:885-893, 2002.

GOLDICH. S. S. **A study of Roch weathering**. J. Cool. Ed. 46°. p.17-58. 1938.

GOMES, P. C.; MOURA FILHO, W.; COSTA, L. M.; FORTES, M. P. F. Influência da cobertura vegetal na formação e evolução de húmus e sua relação com grau de floculação de um Latossolo Vermelho-Amarelo do Município de Viçosa, Minas Gerais. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 41, n. 235, p. 223-233, 1994.

GRANJA, Sabrina Matias; CALEGARI, Marcia Regina. Análise isotópica da matéria orgânica de um Latossolo Vermelho férrico em Marechal Cândido Rondon. **Anais: VIII Expedição Geográfica: Ensino, Práticas e Formação em Geografia**. 2013.

GUERRA, Simone. **Abrangência espacial e temporal da morfogênese e pedogênese no planalto de Palmas (PR) e Água Doce (SC): subsídio ao estudo da evolução da paisagem quaternária**. Francisco Beltrão- PR. Dissertação (Mestrado em Geografia), 100f, 2012.

GUERRA, Antonio José Teixeira; BOTELHO, Rosangela Garrido Machado. Características E Propriedades Dos Solos Relevantes Para Os Estudos Pedológicos E Análise Dos Processos Erosivos. **Anuário do Instituto de Geociências** – V. 19, p.93-114. 1996.

GUERRA, Antonio José Teixeira.; CUNHA, Sonia Baptista. **Geomorfologia e Meio Ambiente**. 8. ed. Bertrand Brasil. Rio de Janeiro, 396p. 2010.

HARDER, E.C.; CHAMBERLIN, R.T. The geology of central Minas Geraes, Brazil. Part I **Jour. Geol.**, 23(4):341-378. 1915 a.

HARDER. E.C.; CHAMBERLIN, R.T. The geology of central Minas Gerais, Brazil. Part II. **Jour. Geol.**, 23(5):385- 424. 1915 b.

IAC; Instituto Agrônomo de Campinas. **Boletim Técnico 106: Métodos de Análise Química, Mineralógica e Física de Solos**. São Paulo, 77p. 2009.

IBGE. **Manual Técnico de Pedologia**. Rio de Janeiro: IBGE, 2007.

IBGE; Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual técnico da vegetação brasileira**. In: Manuais Técnicos em Geociências, 2ª edição. Rio de Janeiro, 2012.

INDA JUNIOR, Alberto Vasconcellos; KAMPF, Nestor. Variabilidade de Goethita e Hematita via dissolução reductiva em solos de região tropical e subtropical. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 29: 851-866. 2005.

IPARDES; Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social. **Caderno Estatístico Município de Marechal Cândido Rondon**. 2012.

IPARDES; Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social. Leituras regionais: **Mesorregião Geográfica Oeste Paranaense**. Curitiba, IPARDES: BRDE, 2003. 143p.

ITCG; Instituto de Terras, Cartografia e Geociências. **Solos**: Estado do Paraná. 2008. Disponível em: www.itcg.pr.gov.br. Acessado em: 01/03/2015.

JACOMINE, Paulo Klinger Tito. A nova classificação brasileira de solos. **Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agronômica**, Recife, vol. 5 e 6, p.161-179, 2009.

JENNY, Hans. **Factors of Soil Formation: A System of Quantitative Pedology**. McGraw Hill Book Company, New York, NY, USA. 281 pp. 1941.

KÄMPF, N.; CURI, N. & MARQUES, J.J. Óxidos de alumínio, silício, manganês e titânio. In: MELO, V.F. & ALLEONI, L.R.F., eds. Química e mineralogia do solo. Viçosa, MG, **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, v.1. p.573-610. 2009.

KÄMPF, N.; CURI, N. Formação e evolução do solo (Pedogênese). In: KER, J.C. et al. **Pedologia: Fundamentos**. Viçosa: SBCS, p.207-302. 2012.

KAMPF, Nestor; MARQUES, João José; CURI, Nilton. **IV- Mineralogia de solos brasileiros**, p. 81-145. IN: KER, João Carlos; CURI, Nilton; SCHAEFER, Carlos Ernesto G.R; TORRADO, Pablo Vidal. **Pedologia: Fundamentos**. Viçosa, MG, SBCS, 343p. 2012.

KER, João Carlos. **Caracterização química, física, mineralógica e micromorfológica de solos brunos subtropicais**. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 1988. 148p. (Tese de Mestrado).

KER, João Carlos. **Mineralogia, sorção e dessorção de fosfato, magnetização e elementos traços de latossolos do Brasil**. Viçosa, MG, Universidade Federal de Viçosa (Tese de Doutorado). 181p. 1995.

KER, João Carlos. Latossolos do Brasil: uma revisão. **Geonomos**, 5(1):17-40, 1997.

KING, Lester C. Canons of landscape evolution. **Bulletin of the Geology Society of America**, Washington DC, v. 64, n. 7, p. 721-732, 1953.

KNUEPFER, P. L. K.; MCFADDEN, L.D. **Soil and landscape evolution**: Proceedings of the 21st binghamton symposium in geomorphology held 6-7 october, 1990. Elsevier. p.197-204, 1990.

LACERDA, Marilusa Pinto Coelho; ANDRADE, H; QUÉMÉNEUR, J. J.G. Micropedologia da alteração em perfis de solo com B textural na região de Lavras, Minas Gerais. **Revista Brasileira de Ciência do solo**. 24: 829-841, 2001.

LACERDA, Marilusa Pinto Coelho; ANDRADE, H; QUÉMÉNEUR, J. J.G. Pedogeoquímica em perfis de alteração na região de Lavras (MG). I – elementos maiores - óxidos constituintes. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 26:75-85. 2002.

LEÃO, Marina Ribeiro. **Desnudação Geoquímica e Evolução do Relevo nas vertentes Leste e Oeste da Serra do Espinhaço Meridional- MG**. Belo Horizonte, MG, 82p. Dissertação (Mestrado em Geografia). 2011.

LEMOS, R.C. **Latolização**. In: Processos de formação dos grandes grupos de solos. ETA. Projeto Purdue 55. URMG – Universidade de Purdue. Escola Superior de Agricultura. Viçosa - MG, 21p. (mimeogr.) 1966.

LEPSCH, Igo Fernando. **Formação e Conservação dos Solos**. 2ª edição, 2010.

LEPSCH, Igo Fernando. **19 Lições de Pedologia**. Oficina de Textos, São Paulo. 443p, 2011.

LEPSCH, Igo Fernando. As necessidades de efetuarmos levantamentos pedológicos detalhados no Brasil e de estabelecermos as séries de solos. **Rev. Tamoios**, Ano 09, n. 1, São Gonçalo, Rio de Janeiro, p. 03-15. 2013.

LIMA, V.C. **Características e classificação de solos derivados de eruptivas básicas do terceiro planalto paranaense**. Piracicaba, 1979. 249p. Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" /USP, 1979. Tese (Doutorado).

LIMA, Hedinaldo Narciso. **Gênese, química, mineralogia e micromorfologia de solos da Amazônia Ocidental**. Viçosa, MG, Universidade Federal de Viçosa (Tese de Doutorado) 176p, 2001.

LIMA, Júlio Guilherme da Costa; BITTAR, Sheila Maria Bretas; RIBEIRO, Mateus Rosas; BARRETO, Sandra de Brito. Evolução mineralógica de dois solos de referência do Estado de Pernambuco, Brasil. **Revista de Biologia e Ciências da Terra** ISSN 1519-5228 V.7, N.1, p. 71-83. 2007.

LIMA, Jacson Gosman Gomes. OLIVEIRA, Leandro. Análise de lineamentos no Planalto de Palmas (PR)/Água Doce (SC). In: VI Simpósio Paranaense de Pós-Graduação e Pesquisa em Geografia, Guarapuava, **Anais...**, p. 1499-1515. 2012.

LIMA, Jacson Gosman Gomes. **Ocorrência e gênese de derrame alterado sob rocha sã no planalto de Palmas (PR)/Água Doce (SC)**. Francisco Beltrão- PR. Dissertação (Mestrado em Geografia). 167f, 2013.

MAACK, Reinhard. **Geografia Física do Estado do Paraná**. 3ª edição, Curitiba: Imprensa Oficial, 2002. 432p.

MAGALHÃES, Vanderlei Leopold. **Gênese e evolução de sistemas pedológicos em unidades de paisagem do município de Marechal Cândido Rondon-PR**. Maringá, PR 2013. 123 f. Tese (Doutorado em Geografia).

MARQUES NETO, R.; PEREZ FILHO, A.; VIADANA, A. G. Superfícies geomórficas no planalto do alto Rio Grande (MG): região das cristas quartzíticas. **Revista de Geografia - PPGeo** - v. 2, nº 1, p1-8, 2011.

MEHLICH, A. Determination of cation and anion exchange properties of soils. **Soil Science**, 66: 429-445, 1948.

MEHRA, A O.P.; JACKSON M.L. Clays and Clay Minerals. Proc. 7th Conf., pp. 317-327. Pergamon Press, Oxford. 1960.

MELFI, Adolpho José; PEDRO, Georges. Estudo geoquímico dos solos e formações superficiais do Brasil. Parte 1- Caracterização e repartição dos principais tipos de evolução pedogeológica. **Revista Brasileira Geociências**, p. 271-286. 1977.

MELLO, J.C.A.; VILLAS-BOAS, R.L.; LIMA, E.V.; CRUSCIOL, C.A.C. & BÜLL, L.T. Alterações nos atributos químicos de um Latossolo Distroférico decorrentes da granulometria e doses de calcário em sistemas plantio direto e convencional. **R. Bras. Ci. Solo**, 27:553-561, 2003.

MELO, Vander Freitas; SINGH, B.; SCHAEFER, C.E.G.R.; NOVAIS, R.F. & FONTES, M.P.F. Chemical and mineralogical properties of kaolinite-rich Brazilian soils. **Soil Science Soc. Am. J.**, 65:1324-1333, 2001a.

MELO, Vander Freitas; FONTES, M.P.F.; NOVAIS, R.F.; SINGH, B. & SCHAEFER, C.E.G.R. Características dos óxidos de ferro e de alumínio de diferentes classes de solos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 25:19-32, 2001b.

MELO, Vander Freitas; TOLEDO, F.H.; MOURA, R.; LIMA, V. C.; GUIDIN, A. A. Química e mineralogia do solo: caracterização química e mineralógica de agregados de diferentes classes de tamanho de Latossolos bruno e vermelho localizados no estado do Paraná. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Nº 32, p.67-83. 2008.

MELO, Vander Freitas & WYPYCH, Fernando. Caulinita e Halosita. In: MELO, V.F. & ALLEONI, L.R.F., eds. **Química e mineralogia do solo: Conceitos básicos**. Parte 1. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, v.1. p.427-504, 2009.

MELO, Lara Clímaco; SANQUETTA, Carlos Roberto; HENTZ, Ângela Maria Klein; CORTE, Ana Paula Dalla. Análise da fragilidade ambiental potencial dos solos do Paraná. **Revista do Departamento de Geografia – USP**, Volume 28, p. 101-111. 2014.

MEUNIER, Alain. **Clays**. Springer, 472p. 2005.

MEZZOMO, Maristela Denise Moresco. Vulnerabilidade ambiental do município de Marechal Cândido Rondon-PR. In: **IV EPCT - Encontro de Produção Científica e Tecnológica Fecilcam**, 2009, Campo Mourão. V EPCT, p. 1-8. 2009.

MICHELON, CRISTIANE REGINA. **Balço químico em seis conjuntos solosaprolito do Rio Grande do Sul**. Santa Maria, RS. Universidade Federal de Santa Maria. Centro de Ciências Rurais. 68p. 2006. Dissertação (Mestrado).

MILNE, G. Some suggested units of classification and mapping, particularly for east African soils. **Soil Research**, 4: 183-198. 1935.

MINEROPAR (Minerais do Paraná S/A). **Projeto riquezas minerais**: avaliação do potencial mineral e consultoria técnica no município de Marechal Cândido Rondon. Curitiba, (Relatório Final) 2001.

MINEROPAR, Minerais do Paraná. **Atlas geomorfológico do Estado do Paraná**: Escala base 1:250.000 modelos reduzidos 1500.00. Curitiba, Universidade Federal do Paraná, 2006.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA. Departamento Nacional de pesquisa Agropecuária, Divisão de pesquisa pedológica. **Levantamento de reconhecimento dos solos do oeste do estado do Paraná** (informe preliminar). Curitiba, 1972.

MOORE, D.M; REYNOLDS, R.C. X-ray Diffraction and the Identification and Analysis of Clay Minerals, **Oxford University Press**, Oxford. 1989.

MORESCO, Maristela Denise. MORESCO, M.D. **Estudo de paisagem no município de Marechal Cândido Rondon-PR**. Maringá. Dissertação (Mestrado em Geografia) – DGE/PGE/UEM. 2007.

MUGGLER, C.C. **Polygenetic oxisols on tertiary surfaces, Minas Gerais, Brazil**. Wageningen, Wageningen Agricultural University. 186p. Tese (Doutorado), 1998.

MUNSELL COLLOR CHARTS - Baltimore, **Munsell color company**, 1975.

NAHON, D.B; Evolution of iron crusts in tropical landscape. In: COLEMAN, S.M e DETHIER, D.P (eds) **Rates of Chemical Weathering of Rocks and Minerals**. Academic Press Inc. p.169-191. 1987

NAHON, D. Introduction to the petrology of soils and chemical weathering. New York: **John Wiley & Sons Inc**. 1991.

NAKASHIMA, Paulo. **Sistemas Pedológicos da Região Noroeste do Estado do Paraná**: Distribuição e subsídios para o controle da erosão. São Paulo, FFLCH-USP. (Tese Doutorado)1999.

NARDY, Antônio José Ranalli; OLIVEIRA, Marcos Aurélio Farias; BETANCOURT, R.H.S.; VERDUGO, D.R.H.; MACHADO, F.B. Geologia e estratigrafia da Formação Serra Geral. *Geociências*, UNESP, v.21, n.1;2, p.15-32, 2002.

NETTO, A. R. **Influência da mineralogia da fração argila sobre propriedades físico químicas de solos brasileiros**. Viçosa: – Universidade Federal de Viçosa. 144p. 1996. Dissertação (Mestrado).

- NETO, José Pereira de Queiroz. O papel da pedogênese no modelado do relevo: busca de novos paradigmas. **VI Seminário Latino Americano de Geografia Física II Seminário Ibero Americano de Geografia Física**, Universidade de Coimbra, 19 p. 2010.
- OADES, J.M. The retention of organic matter in soils. **Biogeochemistry** 5, 35-70, 1988.
- OLLIER, Cliff. **Weathering**. NY, Longmann, 304 p. 1975.
- OLLIER, Cliff; SHETH, Hetu. The high Deccan durecrusts of Índia and their significance for the 'laterite' issue. **J. Earth Syst. Sci.** 117, N°5, p.537-551, 2008.
- OLIVEIRA, J. B. Fatores de formação. In: MONIZ, A. C. **Elementos de Pedologia**. São Paulo: Polígono, p. 275-288, 1972.
- OLIVEIRA, Leandro. **Evolução de pequeno leque aluvial quaternário no planalto das Araucárias**, Francisco Beltrão-PR. Dissertação (Mestrado em Geografia). 110f, 2014.
- PAISANI, Julio Cesar; PONTELLI, Marga Eliz; ANDRES, Juliano. Superfícies aplainadas em zona morfoclimática subtropical úmida no Planalto Basáltico da Bacia do Paraná (SW Paraná/ Nw Santa Catarina): primeira aproximação. In: *Geociências*, São Paulo, UNESP, v.27, n 4. P. 541-553, 2008a.
- PAISANI, J.C.; PONTELLI, M.E.; CALEGARI, M.R. Evolução de bacias de baixa ordem nos 41.000 anos AP – Brasil Mericional. **Mercator**, UFC, v.11 (26), p.131-148, 2012. doi:10.4215/RM2012.1126.0009
- PAISANI, Julio Cesar; PONTELLI, Marga Eliz; CORRÊA, Antônio Carlos de Barros; RODRIGUES, Rafaela Ana Rech. Pedogeochemistry and micromorphology of oxisols e A basis for understanding etchplanation in the Araucárias Plateau (SouthernBrazil) in the Late Quaternary. **Journal of South American Earth Sciences**, 48, p.1-12, 2013.
- PALMIERI, Francesco. **A study of a climosequence of soils derived from volcanic rock parent material in Santa Catarina and Rio Grande do Sul States, Brazil**. Purdue University, West Lafayette, Indiana, 259 p., 1986 Ph.D. (thesis).
- PALMIERI, Francesco; LARACH, Jorge Olmos Iturri. **Pedologia e Geomorfologia**, p.59-122. In: GUERRA, Antonio José Teixeira; CUNHA, Sandra Baptista. **Geomorfologia e meio ambiente**. Bertrand Brasil, 9º edição. 396p. 2010.
- PAROLIN, Mauro; VOLKMER-RIBEIRO, Cecília; LEANDRINI Josimeire Aparecida. **Abordagem ambiental interdisciplinar em bacias hidrográficas no Estado do Paraná**. Editora da Fecilcam, Campo Mourão, PR, 158p.2010.
- PEDRO, Georges. A alteração das rochas em condições superficiais (perimorfismo)-caracterização geoquímica dos processos fundamentais. **Notícia Geomorfológica**, V.9. Campinas-SP, p. 3-14. 1969.
- PENK, Walther. **Morphological analisys of landforms**: a contribution to physical geology. London: MacMillan, 1953. First edition, 1924.

PEUVAST, Jean Pierre; SALES, Vanda Claudino. Aplainamento e geodinâmica: revisitando um problema clássico em geomorfologia. **Mercator**, UFC, ano 1, n. 01, p. 113-150, 2002.

PINTO, Maria Novaes. Aplainamento nos trópicos: uma revisão conceitual. **Geografia**, Rio Claro, v. 13, n. 26, p. 119-129, 1988

PIRES, Luiz Fernando; ROSA, Jadir Aparecido; TIMM, Luis Carlos. Comparison of methods to evaluate soil bulk density/Comparacao de metodos de medida da densidade do solo. *The Free Library*. (January, 1). 2011. Disponível em: http://www.thefreelibrary.com/Comparison_of_methods_to_evaluate_soil_bulk_density/Comparacao_de...-a0346140707 Acesso em: 27 de abril de 2014.

PLANO DIRETOR **Marechal Cândido Rondon**. Vertrag Planejamento Ltda, 2007.

POPP, José Henrique. **Geologia geral**. LTC- livros técnicos e científicos, 5ª edição. 376p, 1998.

PORTO, C. G. Intemperismo em Regiões Tropicais. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. da. **Geomorfologia e meio Ambiente**. 8ª ed. Rio de Janeiro. Bertrand Brasil, p. 25-57. 2010.

PRADO, Renato de Melloand; CENTURION, José Frederico. Alterações na cor e no grau de floculação de um Latossolo Vermelho-Escuro sob cultivo contínuo de cana-de-açúcar. Pesquisa Agropecuária brasileira.[online].,vol.36, n.1, pp. 197-203.ISSN 1678-3921. 2001.

QUEIROZ NETO, José Pereira de Geomorfologia e Pedologia. **Revista Brasileira de Geomorfologia**. Volume 1, Nº 1, 59-67, 2000.

RAITZ, Edenilson. **Coleção de referência de silicofitólitos da flora do sudoeste do Paraná**: subsídios para estudos paleoambientais. Francisco Beltrão, Universidade Estadual do Oeste do Paraná- PPGG. 204f. 2012. Dissertação (mestrado em Geografia).

RAUEN, M.J. **Mineralogical identification of a toposequence of soils from basaltic rocks in the State of Paraná**, Brazil. Lafayette, – Purdue University. 161p., 1980. Tese (M. S.)

REICHARDT, K.; TIMM, L. C. **Solo, planta e atmosfera**: conceitos, processos e aplicacoes. Barueri: Manole, 2008.

RESENDE, Mauro**Mineralogy, chemistry, morphology and geomorphology of some soils of the Central Plateau of Brazil**.West Lafayette, Purdue University (Tese de Doutorado), 237p. 1976.

RESENDE, Mauro& SANTANA, D.P. Uso das relações Ki e Kr na estimativa da mineralogia para a classificação dos Latossolos. In: Reunião de classificação, correlação de solos e interpretação de aptidão agrícola, 3., Rio de Janeiro, 1988. Anais. Rio de Janeiro, **Embrapa – SNLCS, SBCS**, p.225-232. 1988.

RESENDE, Mauro; CURI, Nilton; KER, João Carlos; REZENDE, Sérvulo Batista. **Mineralogia de solos brasileiros: interpretações e aplicações**. Editora UFLA. 192p. 2005.

RODRIGUES, Rafaela Ana Rech. **Estágio de intemperismo de perfil laterítico em área subtropical com substrato basáltico- Superfície Aplainada VI (SW PR)**. Francisco Beltrão- PR. Dissertação (Mestrado em Geografia). 67f, 2011.

ROSS, Jurandir Luciano Sanches. **Geomorfologia, Ambiente e Planejamento**. S. Paulo, Ed. Contexto, 1990.

RUELLAN, A.; DOSSO, M. & FRITSCH, E. - “L’ analyse structural de la couverture pédologique”. **Science du Sol**, vol.27, p. 319-334. 1989.

RUELLAN, A. & DOSSO, M. **Regards sur le sol**. Paris, Universités Francophones, Ed. Soucher, 1993. 192 p.

RUHE, R.V. Quaternary landscapes in Iowa. *Iowa State University Press, Ames, Iowa*. 1969.

SALGADO, André Augusto Rodrigues. Superfícies de aplainamento: antigos paradigmas revistos pela ótica dos novos conhecimentos geomorfológicos. **Geografias artigos científicos**. p. 64-78. 2007.

SANTANA, D.P. **Soil formation in a toposequence of Oxisols from Patos de Minas region, Minas Gerais State, Brazil**. West Lafayette, Purdue University, 129p. (Tese de Doutorado). 1984.

SANTOS, Leonardo José Cordeiro. **Pedogênese no topo do Platô de Bauru (SP): o caso da bacia do Córrego da Ponte Preta**. Universidade de São Paulo, FFLCH, Departamento de Geografia. 2000. 183p. Tese (Doutorado).

SANTOS, Raphael David et al. **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. 5. ed. rev. e ampl. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência de Solos, 91p. 2005.

SANTOS, Leonardo José Cordeiro; OKA-FIORI, Chisato; CANALI, Naldy Emerson; PIO FIORI, Alberto; SILVEIRA, Claudinei Taborda; SILVA, Julio Manoel França; ROSS, Jurandir Luciano Sanches. Mapeamento Geomorfológico do Estado do Paraná. **Revista Brasileira de Geomorfologia** - Ano 7, nº 2, p.03-12. 2006,

SANTOS, Leonardo José Cordeiro; OKA-FIORI, Chisato; CANALLI, Naldy Emerson; FIORI, Alberto Pio; SILVEIRA, Claudinei Taborda da; SILVA, Julio Manoel França da. Mapeamento da vulnerabilidade Geoambiental do estado do Paraná. **Revista Brasileira de Geociências**. 37(4): 812-820. 2007.

SARTORI, P. L.; GOMES, C. B. Composição química-mineralógica das últimas manifestações vulcânicas na região de Santa Maria, RS. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, v. 52, n. 1, p. 125-133, 1980.

SCHELLMANN, W. **II International semiar on laterization processes.** Considerations on the definition and classification of laterites. Institut de géologie. France, 1981.

SCHAEFER, C.E.G.R.; FABRIS, J.D. & KER, J.C. Minerals in the clay fraction of Brazilian Latosols (Oxisols): A review. **Clay Miner.**, 43:137-154, 2008.

SCHAETZL, Randall; ANDERSON, Sharon. **Soils: Genesis and geomorphology.** Cambridge, University Press. 2005.

SCHERER, Elói Erhard. Níveis críticos de potássio para soja em latossolo húmico de Santa Catarina. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 22:57-62. 1998.

SCHWERTMANN, U. & TAYLOR, R.M. Iron Oxides. In: DIXON, J.B., ed. Minerals in soil environments. Madison, Soil Science Society of America, 948p. 1977.

SCHWERTMANN, U. & HERBILLON, A.J. Some aspects of fertility associated with the mineralogy of highly weathered tropical soils. In: LAL, R. & SANCHES, P.A. MYTHS AND SCIENCE OF SOILS OF THE TROPICS: OF AN INTERNATIONAL SYMPOSIUM Madison, 1992. Proceedings. Madison, American Society of Agronomy. USA: **Soil Science Society of America**, p.47-59, 1992.

SÉGALEN, P. **Les sols ferrallitiques et leur répartition géographique.** Tome 1. Introduction générale. Les sols ferrallitiques: leur identification et environnement immédiat. Paris, éditions de l'ORSTOM. Collection Études et Thèses. 197p. 1994.

SILVA, Telma Mendes. Superfícies Geomorfológicas do planalto sudeste brasileiro: revisão teórico-conceitual. **Geo UERJ**, Ano 11, v.3, n.20 ISSN 1981-902. P.1-22. 2009.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO (SBCS). Comissão de Química e Fertilidade do Solo. **Manual de Adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina.** 10ª edição, Porto Alegre, 2004. 400p.

SOIL CONSERVATION SERVICE. **Soil Survey Staff.** Soil taxonomy; a basic system of soil classification for making and interpreting soil surveys. Washington, D.C., USDA., (Agriculture Handbook, 436p) 1975.

SOIL TAXONOMY. United States Department of Agriculture. Natural Resource Conservation Service. **A Basic System of Soil Classification for Making and Interpreting Soil Surveys.** Second Edition, 1999.

SOMMER, Michael; SCHLICHTING E. **Archetypes of catenas in respect to matter-a concept for**, 1997.

SUMMERFIELD, Michael A. **Global Geomorphology.** NY, John Wiley & Sons. 245p. 1991.

TAN, Kim H. Degradation of soil minerals by organic acids. In Huang, P.M. and M. Schnitzer (Eds): Interactions of Soil Minerals with Natural Organics and Microbes. SSSA Special Publication 17, **Soil Sci. Soc. Am. Inc.**, Madison, WI, pp. 1-27, 1986.

TAVARES FILHO, J. **Organisation et comportement des latosols du Paraná (Brasil)**. Influence de leur mise en valeur. Nancy, Université de Nancy I, 1995. 229p. (Tese de Doutorado).

TESKE, Rodrigo. Relações solo – litologia numa sequência de solos desenvolvidos de rochas efusivas no planalto sul de Santa Catarina. Lages, SC. Universidade do Estado de Santa Catarina- UDESC. 121P, 2010. Dissertação (Mestrado).

THOMAS, Michel. **Tropical Geomorphology**. A study of weathering on landform development in warm climate. NY, John Wiley & Sons, 313p. 1974.

TOLEDO, Maria Cristina Motta & OLIVEIRA, Sonia Maria B; MELFI, Adolpho José. Intemperismo e formação do solo. IN: TEIXEIRA, W. TOLEDO, M. C. M. FAIRCHILD, T. R., TAIOLI, F.(ORG.). **Decifrando a Terra**. São Paulo: Oficina de Textos, p. 139-166. 2000.

TOMÉ JÚNIOR, Juarez Barbosa. **Manual para interpretação de análise de solo**. Guaíba, SP: Agropecuária, 274 p. 1997.

TREMOCOLDI, Wanderley Antônio. Mineralogia dos silicatos e dos óxidos de ferro da fração argila de solos desenvolvidos de rochas básicas no estado de São Paulo. **Revista biociências**. Taubaté, V. 9, N°1, p.15-22, 2003.

TRICART, Jean. As relações entre a morfogênese e a pedogênese. Campinas, **Notícia Geomorfológica**, 8:5-18. 1968.

TRICART, Jean. The Landforms of the Humids, Forests and Savanas. **Longman**. London. 1972.

TRICART, Jean; KILIAN, Jornet. **L'éco-géographie**. Librairie François Maspéro, col. Hérodote, 326 p.1979.

VALADÃO, Roberto Célio. **Evolução de Longo-Termo do Relevo do Brasil Oriental** (Desnudação, Superfícies de Aplanamento e Soerguimento Crustais). Tese de Doutorado. Salvador, Universidade Federal da Bahia, 243f. 1998.

VIDAL TORRADO, Pablo; LEPSCH, Igo Fernando; CASTRO, Selma Simões de. Conceitos e Aplicações das relações Pedologia-geomorfologia em regiões tropicais úmidas. **Tópicos em Ciência do Solo**, 4:145-192. 2005.

VIDAL-TORRADO, P.; MACIAS, F.; CALVO, R.; CARVALHO, S. & SILVA, A.C. Gênese de solos derivados de rochas ultramáficas serpentinizadas no sudoeste de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 30:523-541, 2006.

VIEIRA, L. S. **Manual da Ciência do solo**. SP, Editora Agronômica- Ceres. 464p, 1975.

VIEIRA, L. S. **Manual da ciência do solo: com ênfase aos solos tropicais**. São Paulo, 2. ed. Agronômica Ceres, 464p. 1988.

VITTE, Antônio Carlos. Etchplanação dinâmica e episódica nos trópicos quentes e úmidos. **Revista do Departamento de Geografia** 16, p. 105-118. 2005. 2005

WAYLAND, E. J. Peneplains and some other plataforms. In: ADAMS, G. **Planation surfaces**. Downen, Pennsylvania: Hutchinson & Ross, 1975. p. 355-358. (Benchmark Papers in Geology, n. 22). First editio, 1933.

WHITE, Robert E. **Princípios e Práticas da Ciência do Solo: o solo como um recurso natural**. Andrei, 4ªedição. 426p. 2009.

WIETHÖLTER, Sirio. **Adubação nitrogenada no sistema plantio direto**. Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT, 1996. 44p

YOUNG, A. Tropical Soils and Soil Survey. **Cambridge Geographical Studies**. ISSN 0068-6654. 480p. 1976.

9- APÊNDICES

9.1- Apêndice 1

PERFIL 1

CLASSIFICAÇÃO: LATOSSOLO VERMELHO Distrófico úmbrico.

LOCALIZAÇÃO: Av Maripa, zona Urbana de Marechal Cândido Rondon (reserva particular).

Coordenadas: 24°33'01,88'' Lat.S; 54°03'14,93'' Long. W

ALTITUDE: 427 metros

SITUAÇÃO NA PAISAGEM: Perfil coletado em topo de elevação com declive inferior a 3%, sob floresta.

LITOLOGIA E CRONOLOGIA: Basalto – Formação Serra Geral (Juro- Cretáceo)

MATERIAL DE ORIGEM: Alteração de basalto

RELEVO LOCAL: Plano (<3%), vertentes longas e convexas.

RELEVO REGIONAL: Ondulado (>8%) a suave ondulado (<8%)

DRENAGEM: Acentuadamente drenado

EROSÃO: ausente

CONTATO LÍTICO: ausente

PEDREGOSIDADE: Não pedregosa

ROCHOSIDADE: não rochosa

LENÇOL FREÁTICO: não presente

VEGETAÇÃO NATIVA: Floresta Estacional Semidecidual (IBGE, 2005).

USO ATUAL: reserva particular

DESCRITO E COLETADO: Márcia Regina Calegari; Sabrina Matias Granja; Lucas Tagliari Brustolin; Caroline Menegazzi; Fernanda Cecchet e Luciane Marcolin.

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

A 0-20cm	Bruno Avermelhado (10R 3/3 seca); (10R 3/3 úmida); muito argilosa, blocos subangulares (grumos); ligeiramente dura, extremamente firme, plástica e pegajosa a muita pegajosa; transição difusa e plana.
AB 20-38cm	Bruno Avermelhado (10R 3/3 4/3 seca); (10R 3/3 úmida) muito argilosa; blocos subangulares médios que se desfazem em pequenos; macia; friável, muito plástica e muito pegajosa; transição difusa e plana.
BA 38-65cm	Bruno Avermelhado (2,5YR 3/3 seca); (2,5 YR 3/3 úmida), muito argilosa a argilosa; blocos subangulares grandes que se desfazem em médio e pequenos; macia; friável, muito plástica e muito pegajosa; transição difusa e plana.
Bw1 65-140cm	Bruno Avermelhado (2,5YR 3/4 seca); (2,5 YR 3/3 úmida), muito argilosa a argilosa; blocos subangulares grandes que se desfazem em

pequenos, muito pequenos (microagregados típicos); macia; friável, plástica e pegajosa á ligeiramente pegajosa.

Bw2 140-200cm Bruno Avermelhado(2,5YR 3/4 seca); (2,5 YR 3/3 úmida). Muito argilosa a argilosa; blocos subangulares médios que se desfazem em pequenos, muito pequenos (microagregados típicos); macia; muito friável, plástica e pegajosa á ligeiramente pegajosa.

OBSERVAÇÕES:

- Coletadas amostras deformadas para análises químicas e físicas de rotina (por horizonte pedológico);
- Coletadas amostras indeformadas em anéis para determinação da densidade do solo;
- Perfil amostrado após quatro dias de uma chuva (solo com umidade natural);

Raízes: Abundantes finas e médias no horizonte A; comuns médias e grossas pivotantes no AB e BA e comum a poucas finas fasciculadas no BW.

9.2. Apêndice2

PERFIL2

CLASSIFICAÇÃO: LATOSSOLO VERMELHO Eutroférico típico

LOCALIZAÇÃO: Pato Bragado, Rodovia Estadual 495. Coordenadas: 24° 34' 31,7" Lat. S; 54° 12' 17,7" Long. W

ALTITUDE: 274 metros

SITUAÇÃO NA PAISAGEM: Perfil descrito em barranco com 560 cm em situação de médio topo da vertente.

LITOLOGIA E CRONOLOGIA: Basalto – Formação Serra Geral (Juro- Cretáceo)

MATERIAL DE ORIGEM: Alteração de basalto

RELEVO LOCAL: suave ondulado

RELEVO REGIONAL: suave ondulado

DRENAGEM: Acentuadamente drenado

EROSÃO: Não aparente

CONTATO LÍTICO: aparente

PEDREGOSIDADE: Não pedregosa

ROCHOSIDADE: Rochosa

LENÇOL FREÁTICO: não presente

GETAÇÃO NATIVA: Floresta Estacional Semidecidual (IBGE, 2005).

USO ATUAL: Agrícola (cultivo de Sorgo Forrageiro)

DESCRITO E COLETADO: Marcia Regina Calegari; Luciane Marcolin; Fernanda Aparecida Cecchet; Ademar da Silva.

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

Ap 0-10 cm

Bruno-avermelhado escuro (2,5 YR 3/4, úmido); (2,5 YR 3/4, seco) argilosa; blocos subangulares médios, moderados; muito dura (seca) a muito friável (úmida); plástico e ligeiramente pegajoso; transição gradual.

AB 10-25 cm

Bruno-avermelhado escuro (2,5 YR 3/4, úmido); (2,5 YR 3/4, seco) argilosa; blocos subangulares médios a pequenos, fraco; muito dura(seca) à friável (úmida); muito plástico e pegajoso; transição difusa.

BA 25-40 cm

Bruno-avermelhado escuro (2,5 YR 3/4, úmido); (2,5 YR 3/4, seco) argilosa; blocos angulares a subangulares médios a pequenos, moderada; muito dura(seca) à friável (úmida); muito plástico e pegajoso; transição difusa.

Bw1 40-80 cm

Bruno-avermelhado escuro (2,5 YR 3/4, úmido); (2,5 YR 3/4, seco) muito argilosa; blocos angulares a subangulares médios, fraca; muito dura (seca) à friável (úmida); muito plástico e pegajoso; transição difusa.

Bw2 80-150 cm

Bruno-avermelhado escuro(2,5 YR 3/4, úmido); (2,5 YR 3/4, seco) muito argilosa; blocos angulares a subangulares médios, fraca;muito dura(seca) à friável (úmida); ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; transição difusa.

Bw3 150-210 cm	Bruno-avermelhado escuro(2,5 YR 3/4, úmido); (2,5 YR 3/4, seco) argilosa; blocos angulares a subangulares médios a grandes, fraca; muito dura(seca) à friável (úmida); ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; transição difusa.
Bw4 210-290 cm	Bruno-avermelhado escuro(2,5 YR 3/4, úmido); (2,5 YR 3/4, seco) muito argilosa; blocos angulares a subangulares médios a grandes, moderada a forte (adensamento natural); ligeiramente dura(seca) à friável (úmida); ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; transição difusa.
B/Cr 290-320 cm	Horizonte B com basalto alterado em estrutura de empilhamento de rochas. Bruno-avermelhado escuro(2,5 YR 3/4, úmido); (2,5 YR 3/4, seco) muito argilosa; blocos angulares a subangulares médios a grandes, ligeiramente dura(seca) à friável (úmida); ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; transição clara a gradual.
CR 320 cm +	Rocha alterada

OBSERVAÇÕES:

- 0 a10cm: evidência de compactação do solo pela atividade agrícola;
- 10-25cm: atividade biológica
- 25-210: atividade biológica (toca de tatu) e cristais de quartzo centimétricos.
- 210-290cm: macroporosidade abundante (poros de atividade biológica e porosidade natural)
- Adensamento natural e fragmentos milimétricos à centimétricos de basalto alterado que aumentam a partir de 230 cm em quantidade até a transição com B/Cr.
- chuva abundante há uma semana antes da descrição do perfil.

RAÍZES

Horizonte Ap apresenta raízes em quantidade comum e horizonte AB poucas raízes.