

UNIOESTE – UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA – PPGG

ELIZANDRA CARLA BERTUOL

**ESTÁGIO DE INTEMPERISMO DA COBERTURA SUPERFICIAL NA
SUPERFÍCIE GEOMORFOLÓGICA V (CLEVELÂNDIA/ PR) – PLANALTO DAS
ARAUCÁRIAS**

Francisco Beltrão

2014

ELIZANDRA CARLA BERTUOL

**ESTÁGIO DE INTEMPERISMO DA COBERTURA SUPERFICIAL EM AMBIENTE
SUBTROPICAL COM SUBSTRATO BASÁLTICO – SUPERFÍCIE
GEOMORFOLÓGICA V (SW PR).**

Francisco Beltrão

2014

UNIOESTE – UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA – PPGG

ELIZANDRA CARLA BERTUOL

**ESTÁGIO DE INTEMPERISMO DA COBERTURA SUPERFICIAL EM AMBIENTE
SUBTROPICAL COM SUBSTRATO BASÁLTICO – SUPERFÍCIE
GEOMORFOLÓGICA V (SW PR).**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia, Área de concentração “Produção do Espaço e Meio Ambiente” - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Campus Francisco Beltrão, como requisito a obtenção do título de Mestre em Geografia.

Orientadora: Prof^a · Dr^a. Marga Eliz Pontelli.

Francisco Beltrão

2014

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

Bertuol, Elizandra Carla

B552e Estágio de intemperismo da cobertura superficial em ambiente subtropical com substrato basáltico – superfície geomorfológica V (SW PR). / Elizandra Carla Bertuol. – Francisco Beltrão, 2014.
83 f.

Orientador(a): Prof^a. Dr^a. Marga Eliz Pontelli.

Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná – Campus de Francisco Beltrão, 2014.

1. Intemperismo. 2. Solos - Formação. 3. Geologia. I. Pontelli, Marga Eliz. II. Título.

CDD 20. ed. – 551.305

Sandra Regina Mendonca CRB – 9/1090

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

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

ESTÁGIO DE INTEMPERISMO DA COBERTURA SUPERFICIAL NA
SUPERFÍCIE GEOMORFOLÓGICA V (CLEVELÂNDIA/PR) –
PLANALTO DAS ARAUCÁRIAS

Autora: Elizandra Carla Bertuol

Orientador: Prof^ª. Dr^ª. Marga Eliz Pontelli

Este exemplar corresponde à redação final da
Dissertação defendida por Elizandra Carla Bertuol e
aprovada pela comissão julgadora.

Data: 21 / 07 / 2014

Assinatura:

Elizandra C. Bertuol.

Comissão Julgadora:

M. Pontelli
Prof^ª. Dr^ª. Marga Eliz Pontelli (UNIOESTE – F.B)

J. Paisani
Prof. Dr. Julio Cesar Paisani (UNIOESTE – F.B)

F. Beltrão
Prof^ª. Dr^ª. Michelle Milanez França (UTFPR/Francisco
Beltrão)

Francisco Beltrão - PR

2014

*Dedico à minha família,
em especial, aos meus pais,
Antonio Carlos Bertuol e
Senira Garcia Bertuol*

AGRADECIMENTOS

A minha gratidão a Deus, pela sua presença constante em todos os momentos de minha vida.

À minha filha querida Emily, que procurou me compreender sem me impedir, jamais, de estudar, de pesquisar, o meu abraço de reconhecimento.

Ao meu esposo Everton, pela ajuda e apoio ao longo da minha vida.

À minha tia Cleonice e às minhas amigas queridas, Simone e Andressa, sem vocês minha trajetória tornar-se-ia muito mais íngreme.

À minha orientadora, também inspiradora, Professora Dr^a. Marga Eliz Pontelli que apostou em mim, o meu reconhecimento.

A todos os meus colegas do Grupo de Pesquisa “Gênese e Evolução de Superfícies Geomórficas e Formações Superficiais”, em especial ao Prof^o. Dr. Julio Cesar Paisani e minha colega Bruna, pelo companheirismo e ajuda no trabalho de campo.

À Andreia Zuchelli Cucchi, por auxiliar nas questões burocráticas.

Ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da UNIOESTE – PR e à CAPES, pela bolsa de estudo concedida, possibilitando um ano de dedicação integral à pesquisa.

Aos órgãos financiadores dos trabalhos de campo e análises externas à UNIOESTE – PR: Fundação Araucária (Convênios 204/2012 e 205/2012); CAPES/PROAP.

***“O rio atinge os objetivos por que
aprendeu a contornar os obstáculos”.***

RESUMO

O presente trabalho verificou o estágio de intemperismo da cobertura superficial para a superfície geomorfológica V, localizado em Clevelândia (PR), no domínio do Planalto das Araucárias. Para tal, analisou-se as características dos atributos físicos e químicos dos materiais no perfil; determinou-se o ferro livre, total e amorfo e a química total dos dez (10) principais óxidos por fluorescência de raios-X e, por fim, verificou-se a organização micromorfológica dos materiais. O perfil de intemperismo apresentou mais de 710 cm de material exposto, com transição gradual de horizontes: A (0 – 20 cm), AB (20- 60 cm), BA (60 – 110 cm), Bw1 (110 - 210 cm), Bw2 (210 – 350 cm), BC (350 – 470 cm), CB (470- 540 cm) e C (540 – 710+ cm). A caracterização dos atributos físicos e químicos do perfil de intemperismo mostrou cobertura pedológica autóctone, com características de Latossolo Vermelho Distroférico com caráter ácido. A análise mineralógica dos materiais indica estágio de intemperismo avançado, caracterizado pelo ambiente de hidrólise parcial, do tipo monossilificação. Associando características pedológicas e geoquímicas, percebe-se que se trata de perfil de intemperismo cujo processo evolutivo é o de ferruginização. Os resultados confirmam a hipótese de que a superfície V foi elaborada pela ação da etchplanação, a partir do rebaixamento do substrato por perda isovolumétrica gerando o aplainamento.

Palavras Chave: Perfil de intemperismo, autoctonia, estágio de evolução, etchplanação.

STAGE OF WEATHERING OF SURFACE COVERAGE ON SURFACE GEOMORPHOLOGICAL V (CLEVELÂNDIA / PR) - THE ARAUCÁRIA PLATEAU

ABSTRACT

The present study examined the stage of weathering of the surface coverage for the geomorphologic surface V, located in Clevelândia (PR) in the field of the Araucária Plateau. To this end, we analyzed the characteristics of the physical and chemical properties of materials in the profile; was determined from the free, total, and the crystalline iron and the total chemical ten (10) major oxides by X-ray fluorescence finally, there is the micro morphology organization of materials. The weathering profile presented more than 710 cm of exposed material, with gradual transition horizons: A (0-20 cm), AB (20-60cm), BA (60-110 cm), Bw1 (110-210 cm), Bw2 (210-350 cm), BC (350-470 cm) and CB (470- 540 cm) and C (540 - 710+ cm). The characterization of physical and chemical attributes of the weathering profile showed native soil cover, with features Oxisols red with acric character. The mineralogical analysis of the material indicated weathering stage characterized by partial hydrolysis environment, the monossialitization type. Associating soil and geochemical characteristics, one realizes that it is weathering profile whose evolutionary process is to ferruginization. The results confirm the hypothesis that the surface V was prepared by the action of etchplanation from the lowering of the substrate by isovolumetric loss generating planing.

Keywords: weathering profile, autochthonous, stage of evolution, etchplanation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Localização da Serra da Fartura identificada a partir de imagens do radar SRTM.....	13
Figura 2. Localização da área pesquisada.....	16
Figura 3. Perfil de intemperismo estudado.....	17
Figura 4. Mapa Litoestratigráfico dos membros Palmas e Chapéco.....	18
Figura 5: Climograma da estação meteorológica de Clevelândia.....	19
Figura 6: Corte exposto na rodovia BR – 280, município de Clevelândia, demonstrando o perfil de intemperismo estudado.....	21
Figura 7: Perfil da área de estudo indicando as análises laboratoriais, dispostos segundo a profundidade.....	23
Figura 8: Fases de juventude, maturidade e senilidade na evolução do relevo, de acordo com o ciclo de Erosão de Davis.....	28
Figura 9: Teoria de Penck para elaboração de escadaria de piedmont.....	29
Figura 10: Teoria de evolução proposto por King para o desenvolvimento das vertentes através do recuo paralelo das encostas (backwearing), levando á pediplanação.....	29
Figura 11: Representação da evolução do relevo a partir da ação da etchplanação.....	30
Figura 12: Modelo hipotético da disposição em escadaria das superfícies geomorfológicas identificadas no SW do Paraná e NW de Santa Catarina.....	31
Figura 13: Estabilidade de alteração dos minerais primários.....	34
Figura 14: Tempo da pedogênese em climas quentes.....	40
Figura 15: A) Comportamento granulométrico dos materiais no perfil descrito; B) Esboço representativo do perfil de intemperismo.....	41
Figura 16 : Classes texturais do material analisado, segundo diagrama textural do Sistema Americano de Solos	45
Figura 17: Perfil de intemperismo descrito na superfície geomorfológica V, Clevelândia(PR).....	46
Figura 18: Imagens micrográficas dos horizontes AB (A, B), Bw1(C,D), Bw2(E,F) e BC(G,H,I), com lente 4x e luz natural.....	58

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Características morfológicas dos materiais a partir da descrição de campo.....	47
Quadro 2: Análise química de rotina - macronutrientes.....	51
Quadro 3: Teores dos elementos e relações moleculares da fração argila no perfil de intemperismo.....	52
Quadro 4: Teores de ferro e respectivas razões	53
Quadro 5: Percentuais dos principais óxidos.....	55

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	12
2. ÁREA DE ESTUDO.....	16
3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	21
3.1. CARACTERIZAÇÃO MORFOLÓGICA DO PERFIL DE ALTERAÇÃO.....	21
3.1.1. Atributos físicos em campo.....	21
3.1.2. Caracterização granulométrica.....	22
3.1.2.1. Química de rotina.....	24
3.1.2.2. Análise total das argilas pelo ataque sulfúrico.....	24
3.1.2.3. Determinação do teor de ferro (Fe_d), Ferro total (Fe_t) e Ferro amorfo (Fe_0).....	25
3.1.2.4. Determinação dos 10 principais óxidos por fluorescência de raio-X.....	25
3.2. Caracterização micromorfológica dos materiais.....	26
4. REFERENCIAL TEÓRICO.....	27
4.1. TEORIAS DE EVOLUÇÃO DE SUPERFÍCIES GEOMÓRFICAS.....	27
4.1.1. O Ciclo Geográfico de Erosão (peneplanção).....	28
4.1.2. Teoria da <i>Primärrumpf</i>	29
4.1.3. Teoria da pediplanação.....	30
4.1.4. Teoria da etchplanção.....	30
4.1.5. Considerações sobre as teorias geomorfológicas.....	32
4.2. PERFIL DE ALTERAÇÃO E AS CARACTERÍSTICAS PEDOGEOQUÍMICAS DA COBERTURA SUPERFICIAL.....	34
4.2.1. Conceito de Formações Superficiais.....	34
4.2.2. As reações do intemperismo e a formação do perfil de alteração.....	36
4.2.3. As Características Pedogeoquímicas das Formações Superficiais.....	39
4.4. CARACTERÍSTICAS DA COBERTURA SUPERFICIAL EM AMBIENTE SUBTROPICAL.....	43
5. RESULTADOS.....	44
5.1 . CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS DO PERFIL DE ALTERAÇÃO.....	44
5.1.1. Atributos Físicos.....	44
5.1.2. Atributos Químicos.....	50

5.1.2.1. A Química de Rotina	50
5.1.2.2. Análise Total das Argilas pelo Ataque Sulfúrico.....	51
5.1.2.3. Os teores de ferro livre (fe_d), total (fe_t) e amorfo (fe_o).....	53
5.1.2.4. Os Teores dos 10 Principais Óxidos (Fluorescência Raio- X).....	54
5.2. A ORGANIZAÇÃO MICROMORFOLÓGICA DOS MATERIAIS.....	57
5.2.1. Horizonte AB.....	57
5.2.2. Horizonte Bw1	59
5.2.3. Horizonte Bw2.....	59
5.2.4. Horizonte BC.....	60
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	62
REFERÊNCIAS.....	65
APÊNDICE I.....	77

1. INTRODUÇÃO

O relevo é caracterizado como o conjunto de irregularidades contidas na superfície terrestre. Sua formação resulta da atuação de dois grupos de forças que podem ser contínuas ou simultâneas, as endógenas (dobras, falhas, vulcões, terremotos) e exógenas (desgastes e acumulação). As forças endógenas atuam no sentido de acentuar o relevo, e as forças exógenas no sentido de atenuá-lo (GUERRA, 1994).

Nesse sentido o estudo do relevo exige entendimento não só da sua gênese, mas também de sua dinâmica evolutiva. Para tanto se faz necessário considerar tanto o funcionamento quanto a inter-relação de todos os componentes naturais que se manifestam na interface atmosfera/litosfera. Como resultado dessa interação surge às coberturas superficiais (TRICART, 1983), que podem apresentar tanto natureza alóctone quanto autóctone (DEWOLF, 1965).

Entender a relação de gênese e evolução entre cobertura superficial e formas de relevo encontradas no Planalto das Araucárias (ALMEIDA, 1956), é um dos objetivos do grupo de Pesquisa Gênese e Evolução de Superfícies Geomórficas e Formações Superficiais. De modo geral, a morfologia do Planalto das Araucárias apresenta-se fortemente dissecada pelos sistemas hidrográficos que drenam da Serra da Fatura para o norte, bacia do Rio Iguazú e para o sul, bacia do Rio Chapecó (Figura 1). A análise preliminar obtida a partir do cotejamento entre observações de campo e dados orbitais do sensor SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*) mostrou que o relevo se distribui em escadaria ao longo da Serra da Fatura, sentido leste- oeste (PAISANI, *et al.* 2008). No total foram reconhecidas oito remanescentes de superfícies geomórficas entre as classes hipsométricas de 1.400 a 600 m, por vezes com até três níveis embutidos. Nas cotas inferiores a 600 m há superfícies em elaboração na forma de ombreiras de fundo de vale. O levantamento preliminar das formações superficiais realizado por Paisani *et al.* (2008) apontou para a ação simultânea entre alteração e erosão mecânica na sua gênese, com predomínio da primeira.

Em relação às superfícies identificadas ao longo da Serra da Fatura (Figura 1) apenas nas superfícies I e II, correspondendo aos Planaltos de Palmas (PR) e Água Doce (SC), foi verificada cobertura superficial oriunda de processos morfogenéticos intensos, constituída por depósitos de colúvios, colúvio-alúvios e alúvios. Nessas superfícies é

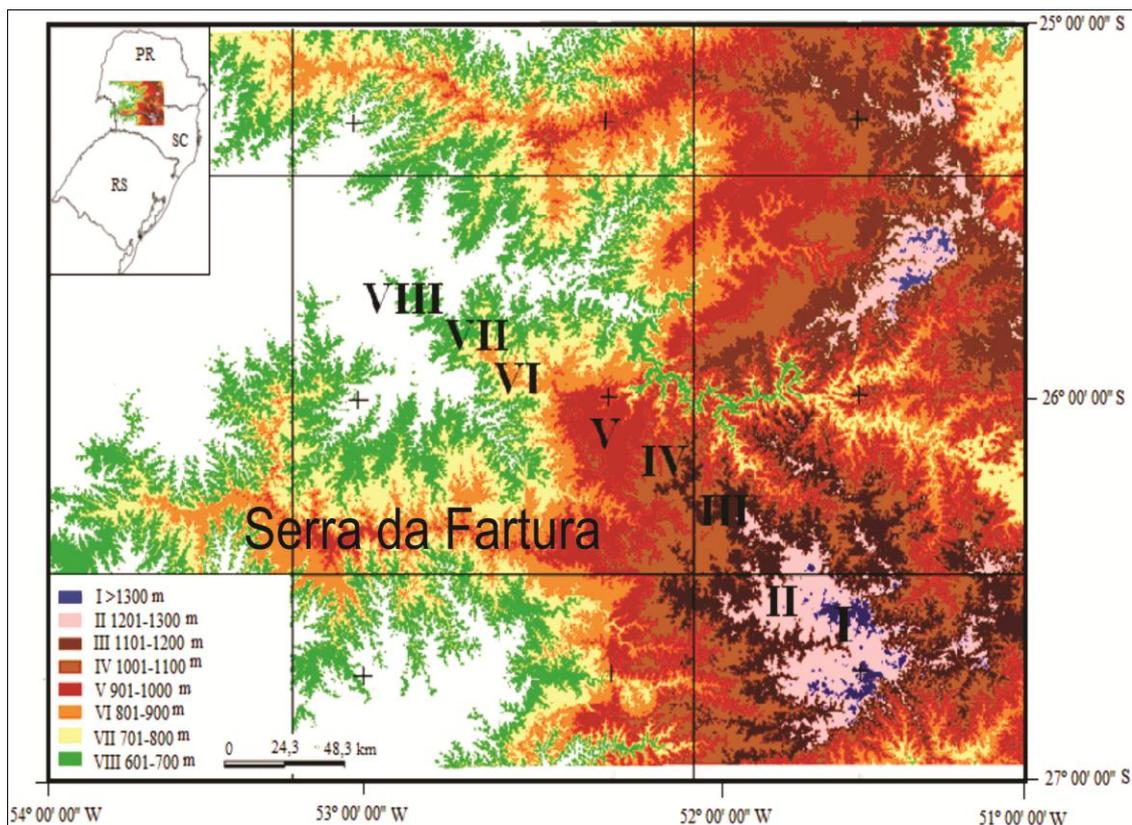


Figura 1: Localização da Serra da Fartura identificada a partir de imagens do radar SRTM.

Fonte: Paisani *et al.* (2008) modificado por Elizandra Carla Bertuol.

comum a presença de paleossolos enterrados em bacias hidrográficas de baixa ordem hierárquica (PAISANI *et al.* 2012).

No restante das superfícies geomórficas identificadas (III a IV) Paisani *et al.* (2008) verificaram o domínio de perfis de alteração, apresentando-se com diferentes espessuras e indicando que a alteração transgride o limite entre derrames. Essa característica mostrou aos autores que a estrutura e a natureza dos derrames vulcânicos, predominantemente de natureza básica (NARDY *et al.* 2002), pouco influenciaram no desenvolvimento do relevo em escadaria. Ainda, permitiu aos autores considerar que os processos pedogeoquímicos-etchplanação, os principais mecanismos envolvidos na gênese evolutiva das formas desse relevo. A evolução das superfícies geomórficas, teria ocorrido a partir do rebaixamento do substrato por perda isovolumétrica.

A partir do ano de 2009 membros do Grupo de Pesquisa Gênese e Evolução de Superfícies Geomórficas e Formações Superficiais vêm realizando levantamentos sistemáticos da cobertura superficial nas superfícies geomórficas III a VI, com objetivo de verificar se a cobertura nestas superfícies é essencialmente autóctone, e se oferecem possibilidade de correlação pedoestratigráfica. Dos levantamentos realizados constatou-

se na superfície geomórfica VI, em Mariópolis, perfil de alteração, autóctone, com mais de 9 m de espessura, indicando características de Latossolo evoluindo para Nitossolo. Essas informações reafirmam o modelo proposto de evolução da superfície por etchplanção (PAISANI *et al.* 2013). Mais para oeste, ainda na superfície geomórfica V, o levantamento da cobertura superficial em cabeceira de drenagem desconectada da rede de drenagem, Campo Erê (SC), também mostrou Latossolo com mais de 7m de espessura, de natureza autóctone (BRAGAS, 2010; PONTELLI *et al.* 2011). Já em relevo residual desta mesma superfície, na localidade de Palma Sola (SC), o perfil de alteração apresenta mais de 10m de espessura, natureza autóctone e, a priori, com características latossólicas. Ressalta-se, aqui, que aproximadamente 5m correspondem a isoalterita (LIMA e PONTELLI, 2010).

Os levantamentos sistemáticos realizados na superfície VI, para oeste, abaixo de 900m de altitude mostram domínio de atuação da alteração/pedogênese em detrimento à morfogênese, e evolução similar da cobertura pedológica (PAISANI *et al.* 2013).

Apesar de já terem sido verificadas as características da cobertura superficial em algumas superfícies, as quais apresentam a alteração como processo dominante na evolução da paisagem geomorfológica, em especial a superfície VI, ainda não se sabe se nas superfícies com altitudes entre 900 e 1.100 m as características e a intensidade do intemperismo se mantém, a exemplo do que ocorre em altitudes abaixo de 900 m.

Considerando que o substrato rochoso da superfície V (900-1000m) permanece com características de rochas efusivas básicas, como ocorre na superfície VI, parte-se do pressuposto que a superfície V também tenha sido rebaixada mais pela perda isovolumétrica do substrato do que pelo recuo das encostas, conforme preconizaram Paisani *et al.* (2008) e verificado por Paisani *et al.* (2013). Desse modo, o presente trabalho teve como objetivo verificar o estágio de intemperismo da cobertura superficial para superfície geomórfica V, designada de superfície interplanáltica (PAISANI *et al.*, 2008). Assim, foi necessário: a) identificar as características macromorfológicas dos materiais; b) reconhecer a natureza alóctone ou autóctone da cobertura; c) analisar a organização e características micromorfológicas dos materiais; d) identificar a natureza mineralógica da matéria mineral; e) reconhecer o tipo de cobertura pedológica existente; e f) determinar os processos pedogeoquímicos atuantes.

Para tanto, a pesquisa iniciou com revisão bibliográfica que trata da definição de cobertura superficial, da formação/evolução das superfícies geomórficas e do papel dos

processos de intemperismo químico. Na sequência apresenta-se o objeto de estudo e as características gerais da área (geologia, clima, relevo, vegetação), que auxiliam na interpretação dos resultados. Após descreve-se os procedimentos metodológicos utilizados tanto para a descrição das características macromorfológicas em campo, quanto para os protocolos laboratoriais. Por fim, analisam-se os resultados obtidos dos diferentes tratamentos como descrição das características morfológicas, química de rotina, análise total das argilas, determinação do Ferro Livre (Fed), Ferro Total (Fet) e Ferro Amorfo (Feo), ataque sulfúrico e descrição micromorfológica, bem como a conclusão.

2. ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo corresponde a superfície geomorfológica que individualiza-se ao longo da Serra da Fatura, no sudoeste do Paraná, denominada por Paisani *et al.* (2008) de superfície aplainada V (Figura 2). A Serra da Fatura constitui-se em divisor regional dos rios que drenam para as bacias dos rios Chopim/Iguaçu (norte) e Chapéco/Uruguai (sul). O perfil selecionado para detalhamento das características geoquímicas e do estágio de intemperismo apresenta cerca de 7 m de material exposto (Figura 3), situado a uma altitude aproximada de 970 m, com coordenadas $26^{\circ} 23' 706''$ S e $52^{\circ} 47' 165''$ W.

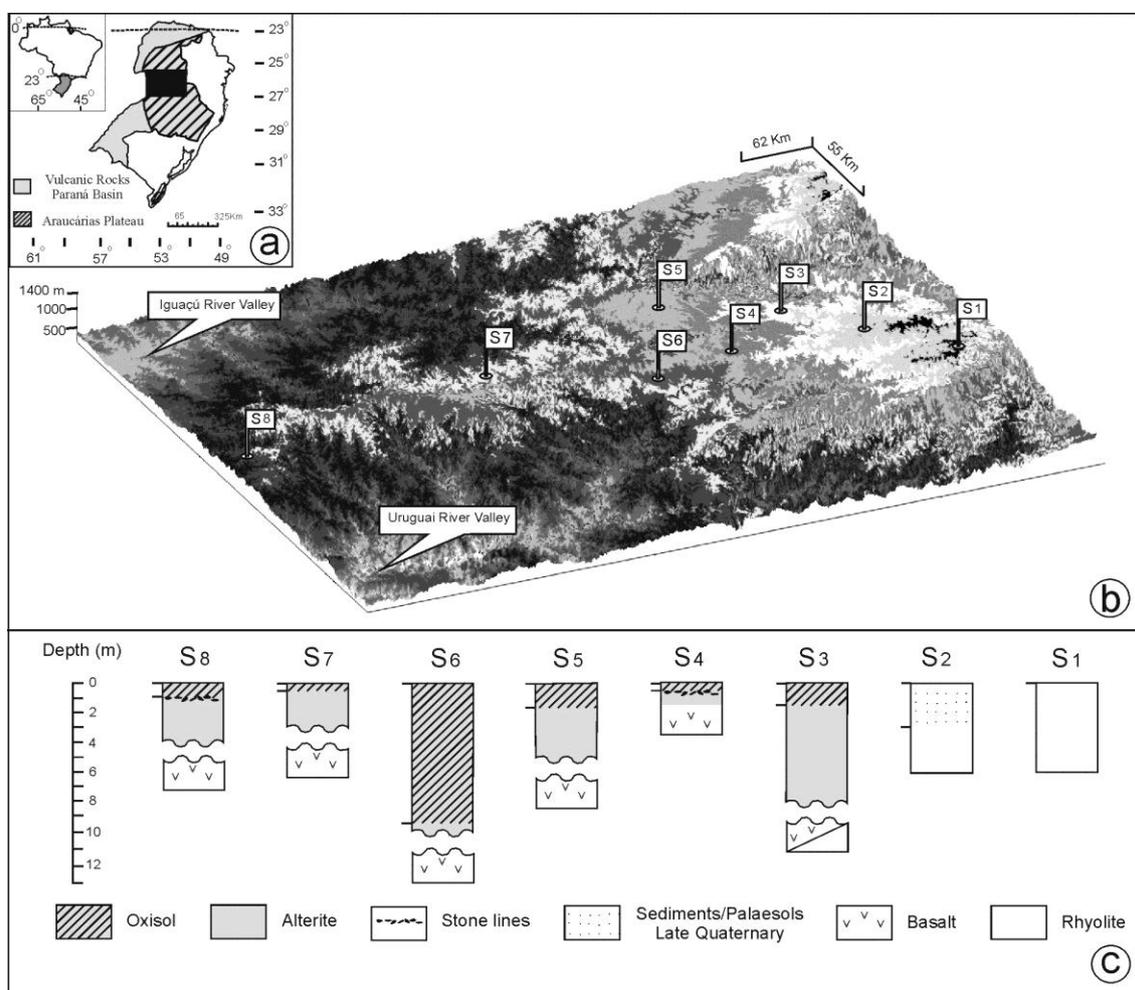


Figura 2 - Localização da área pesquisada (superfície V). a) Localização das superfícies no Planalto das Araucárias; b) Distribuição dos remanescentes de Superfícies Aplainadas; c) Predomínio da cobertura superficial em cada remanescente. Fonte: Paisani *et al.* (2013), modificado.



Figura 3 – Perfil de intemperismo estudado, situado a 970 m de altitude, margem direita da rodovia BR – 280, sentido Clevelândia/Francisco Beltrão, município de Clevelândia (PR). Foto: Marga Eliz Pontelli, Março 2013.

A superfície V apresenta extensão de 24 km em Clevelândia, 29 km em Mangueirinha e, principalmente, de 41 km entre Candói e Guarapuava. Devido a essa extensão foi interpretada por Paisani *et al.* (2008) como superfície interplanáltica. Além desses municípios essa superfície tem expressão em Vargeão, Abelardo Luz, Reserva do Iguaçu, Pinhão, São Domingos, Goioxim, Cantagalo, Laranjeiras do Sul, Nova Laranjeiras, Diamantina do Sul e Guaraniaçu. Como relevos residuais ocorre entre os municípios de Flor da Serra, Palma Sola, Marmeleiro e Renascença, São Lourenço d'Oeste, Vitorino e Mariópolis. Esses locais de relevos residuais da superfície V constituem as maiores elevações da Serra da Fartura (PAISANI *et al.* 2008).

Do ponto de vista geomorfológico, a superfície V insere-se no Terceiro Planalto Paranaense (MAAK, 1981), o qual é mantido pelos pacotes de derrames vulcânicos que originaram o Grupo Serra Geral da Bacia Sedimentar do Paraná. De idade Cretácea, esses derrames apresentam composição básica à ácida (SCHENEIDER, 1974).

Num sentido mais restrito do contexto geológico, na área de estudo tem-se o predomínio de rochas vulcânicas da unidade básica da Formação Serra Geral (figura 4).

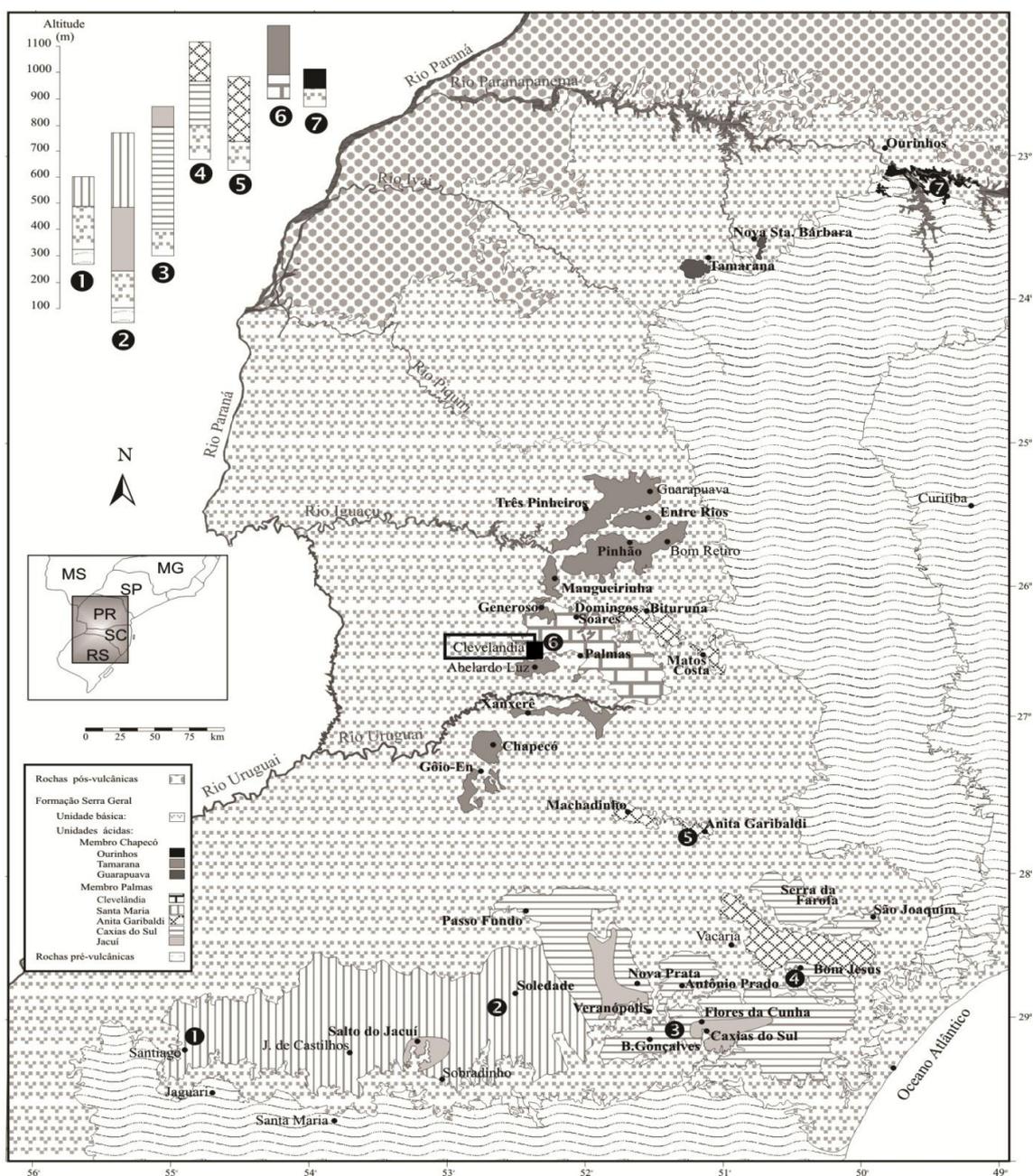


Figura 4: Mapa Litoestratigráfico dos Membros Palmas e Chapecó da Formação Serra Geral (Nardy *et al.* 2008). No detalhe, seções colunares representativas das associações litogeoquímicas observadas entre Jaguari-Santiago (1), Sobradinho-Soledade (2), Bento Gonçalves-Flores da Cunha (3), Bom Jesus-Vacaria (4), Machadinho-Anita Garibaldi (5), Clevelândia-Generoso (6), Rio Paranapanema-Ourinhos (7). ■ Localização do perfil estudado.

Especificamente, o perfil de intemperismo descrito se localiza sobre estreita faixa entre dois domínios de natureza ácida (NARDY *et al.* 2008). Na classificação da MINEROPAR (2013) as rochas de natureza básica que afloram nas imediações do perímetro urbano de Clevelândia correspondem à Formação Barracão – Membro Flor da Serra do Sul, caracterizado por derrames tabulares de ferro-basalto roxo-esverdeado

com entablamento em cunha. Essa distribuição do substrato rochoso, grosso modo, corresponde à configuração da Serra da Fartura (figura 2).

Apesar do relevo da superfície V, pelo mapeamento de Santos *et al.* (2006), constituir formas com baixa dissecação, topos relativamente aplainados, vertentes retilíneas e convexas, com fundos de vale, em geral, com formato em “U”. O que se observa, na realidade, é uma geomorfologia com dissecação forte a média, com topos alongados, vertentes convexas e vales abertos em “V”. Essa morfologia, especialmente na área, corresponde à dissecação da Serra da Fartura.

O clima característico da área, de acordo com a classificação de Köppen, é o Cfb mesotérmico, subtropical úmido, com verões brandos, temperaturas amenas e chuvas bem distribuídas durante o ano todo (IAPAR, 1978). A pluviosidade média está abaixo de 200 mm/mês, exceto o mês de outubro cuja média ultrapassa os 230 mm. O mês mais seco corresponde a agosto, com média pluviométrica em torno de 130 mm (Figura 5). Pelos dados da estação meteorológica de Clevelândia nota-se que a temperatura anual média fica em torno de 18 °C. No inverno (Junho a Setembro) registra-se redução perceptível da temperatura média anual, estando a média mínima do mês mais frio em julho (Figura 5).

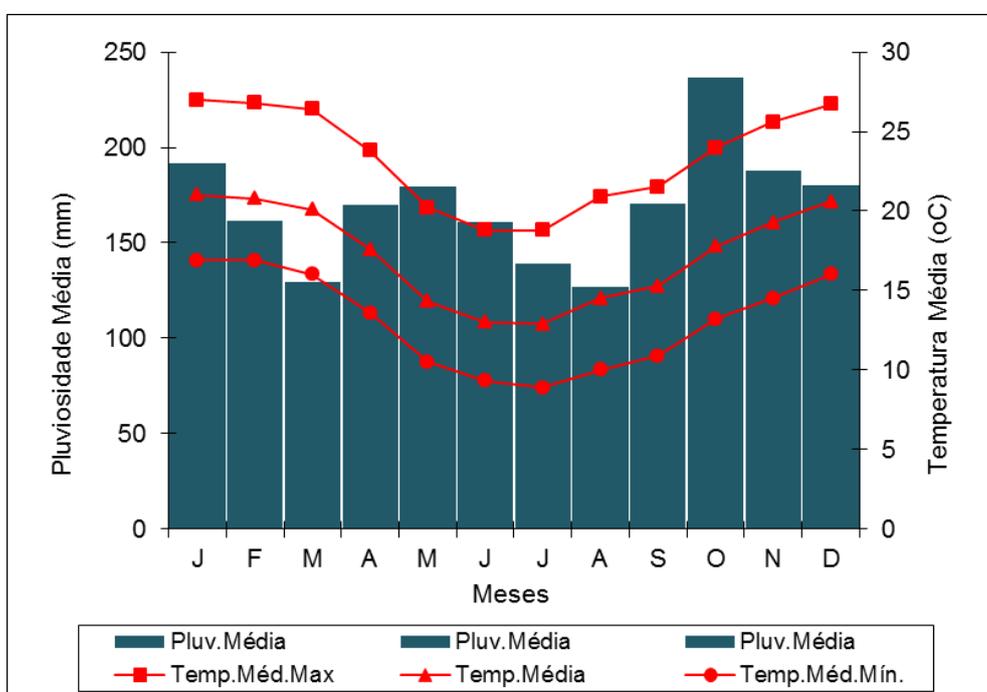


Figura 5 - Climograma de precipitação média e curvas de temperatura média da estação meteorológica de Clevelândia dos anos de 1973 a 2009 (Fonte: www.iapar.br). Modificado de Rodrigues, 2011. Obs: Após o ano de 2009, a estação meteorológica foi desativada, razão pelo qual não existem dados dessa estação a partir desse ano.

A média de temperatura máxima registra-se nos meses mais quente Janeiro e Fevereiro fica em torno de 28° C. As ocorrências de chuvas são bem distribuídas durante o ano. Durante as estações de outono (Março a Junho), inverno (Junho a Setembro) e primavera (Setembro a Dezembro) concentram-se maior quantidade de chuvas, sendo que o mês de outubro, estação de primavera, exhibe maior volume pluviométrico (Figura 5).

As características climáticas da área, associadas à existência de substrato rochoso de natureza básica, favorecem o desenvolvimento do intemperismo químico durante todos os meses do ano. De acordo com o mapeamento de solos realizado no Estado do Paraná, o tipo predominante de solo na área é o Latossolo Vermelho distroférico úmbrico, textura argilosa, álico, fase floresta subtropical perenifólia, relevo ondulado (BHERING e SANTOS, 2008).

O tipo de ambiente existente na área de estudo, principalmente no que se refere ao clima e a cobertura pedológica, permitiu o desenvolvimento de cobertura vegetal natural do tipo mata com Araucária e Campos Limpos. Atualmente bastante devastada pelo avanço da pecuária e agricultura, a floresta com Araucária restringe-se aos capões e mata galeria nos fundos dos vales (MAACK, 1949).

3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A caracterização do estágio de intemperismo da cobertura superficial na superfície V (SW do PR), área subtropical com substrato basáltico foi obtida a partir de trabalhos de revisão bibliográfica, levantamento de campo e análises laboratoriais.

3.1. CARACTERIZAÇÃO MORFOLÓGICA DO PERFIL DE ALTERAÇÃO

3.1.1. Atributos físicos em campo

Para caracterização morfológica dos materiais da superfície V foram analisadas: a) cor, utilizando-se Carta de Munsell, disponível no Laboratório de Análise e de Formações Superficiais da Unioeste – Campus de Francisco Beltrão; b) forma, tamanho e resistência da estrutura; c) cerosidade; d) pedoturbação; f) porosidade observada em campo; d) consistência, quando seco, para verificar a dureza, úmido, para determinar a friabilidade e molhado, para observar se o material é pegajoso e plástico (SANTOS *et al.* 2005). Essas propriedades foram descritas no perfil até a profundidade de 710 cm (Figura 6), limite de exposição dos materiais no corte de estrada.



Figura 6 - Corte exposto na rodovia BR – 280, município de Clevelândia, demonstrando o perfil de intemperismo estudado. O material desmoronado está soterrando a base do perfil.

3.1.2 Caracterização granulométrica

Além da descrição dos atributos físicos em campo, também determinou-se a granulometria dos materiais, com objetivo de se obter a classe textural, bem como, auxiliar na indicação do grau de intemperismo do solo e na verificação se há movimentação de argila ao longo do perfil de solo (EMBRAPA, 1997).

No caso da fração argila, quando analisada juntamente com os teores de ferro, auxilia na análise de estágio de evolução dos materiais (CONSTANTINI *et al.*; 2007)

Para análise granulométrica selecionou-se amostras do perfil a cada 10 cm até a profundidade de 570 cm. A partir de 570 cm foi coletada uma única amostra entre 680 e 690 cm, correspondendo a alterita que aflora até 710 cm (Figura 7). No total foram tratadas 58 amostras para determinação granulométrica.

A granulometria foi realizada no Laboratório de Análise de Formações Superficiais da UNIOESTE – Campus Francisco Beltrão, seguindo o método de peneiramento para fração grossa ($>0,062$ mm) e pipetagem para a fração fina ($<0,062$ mm), utilizando-se separação via úmida com solução defloculante de hexametáfosfato de sódio, tamponado com carbonato de sódio anidro (EMBRAPA, 1997).

Os resultados da granulometria foram plotados em gráfico do Excel para se verificar os teores de areia, silte e argila com a profundidade do solo. Posteriormente, usou-se do Diagrama de Classes Texturais do material constitutivo de horizontes e perfis de solo (LEMON & SANTOS, 1996), para obtenção da classe textural dos materiais.

Tal diagrama foi utilizado por ser o mais detalhado para cobertura pedológica. A representação gráfica é um triângulo equilátero, utilizado da seguinte maneira: as porcentagens das frações do solo, reunidas sempre em três grupos, são representadas por linhas paralelas aos lados do triângulo. Essas linhas começam em 0% sobre um dos lados do triângulo e vão até 100%, no vértice oposto a esse lado. No uso desse triângulo, basta considerar apenas dois agrupamentos de frações porque o cruzamento das duas linhas respectivamente define o ponto que identifica a classe textural do solo (MONIZ, 1975).

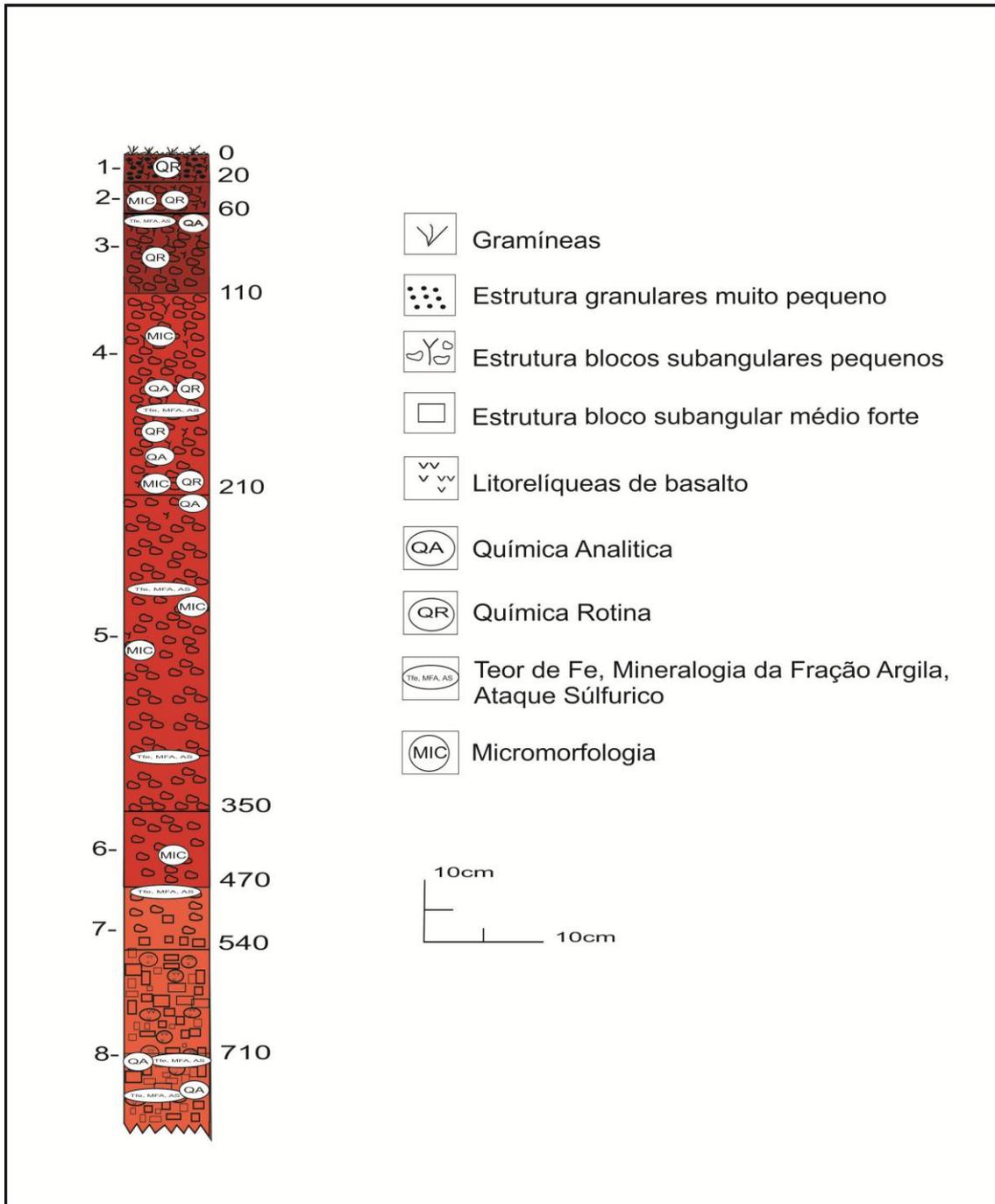


Figura 7: Perfil de intemperismo com indicação dos volumes identificados em campo (esquerda do croqui) e respectivas profundidades (a direita do croqui), bem como indicação das respectivas profundidades em que foram realizadas as análises laboratoriais.

3.1.2. Atributos químicos

3.1.2.1 Química de Rotina

De acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de solos - SIBCS (EMBRAPA, 2006) o método da química de rotina é utilizado em até aproximadamente 2 m de profundidade. Os resultados permitem a obtenção dos índices químicos (CTC, SB, % V, % Al) que permitem o estabelecimento da classe de solo do material analisado.

Foram selecionadas um total de 6 amostras para análise da química de rotina nos seguintes volumes: 1, 2/3(transição), 3, 4 e 4/5 correspondentes as seguintes profundidades: 10-20 cm; 30-40 cm; 60-70 cm; 140-150 cm; 240-250 cm e 370-380 cm (Figura 7).

A química de rotina foi realizada no Laboratório de Química e Fertilidade do solo do IAPAR/UTFPR, Pato Branco/PR, com recursos da bolsa de demanda social/CAPES.

3.1.2.2. Análise Total das Argilas pelo Ataque Sulfúrico

O método do ataque sulfúrico constitui-se de análise química total da fração argila e permite estimar os teores totais dos elementos mais comuns presentes na estrutura dos argilo-minerais. Os resultados dessa análise são expressos em % dos óxidos SiO_2 , Al_2O_3 e Fe_2O_3 e permitem a obtenção de relações moleculares, conhecidos como índices Ki e Kr (LESPSCH, 2011), os quais possibilitam noção do estágio de intemperismo de um perfil de solo. Os índices $K_i = [\% \text{SiO}_2/60] : [\% \text{Al}_2\text{O}_3/102]$ e $K_r = [\% \text{SiO}_2/60] : [\% \text{Fe}_2\text{O}_3/160 + \% \text{Al}_2\text{O}_3/102]$ são obtidos pela relação molecular entre sílica com alumínio e ferro (MONIZ, 1975).

Foram submetidas 6 amostras, correspondendo às mesmas profundidades e volumes das determinações dos teores de ferro, exceto o volume 8 na profundidade 680-690 (Figura 7). As análises foram realizadas no Laboratório de Geoquímica, do Departamento de Solos da UFV (MG), utilizando-se recursos da bolsa demanda social – CAPES.

3.1.2.3. Determinação dos teores de Ferro Livre (Fed), Ferro Total (Fe_t) e Ferro Amorfo (Fe_o)

Os processos de formação do solo e o grau de intensidade do intemperismo no material podem ser analisados a partir da quantidade, em percentual, do óxido de ferro no perfil de intemperismo. Esta análise considera as condições pedogenéticas atuais, cuja hematita e a goethita são os principais óxidos do solo (COSTANTINI *et al.* 2006).

Determina-se os teores de ferro amorfo (Fe_o) pelo método oxalato, o ferro ditionito (Fed), pelo método do diotitionito-citrato-bicarbonato (DCB), e o ferro total (Fe_t), referentes as fases amorfa e cristalina do mineral. A partir dessas determinações é possível se estabelecer as razões: a) Fed/Fet; b) Fe_o/Fed; c) Fet/argila (TSAI *et al.* 2007).

No perfil estudado foram determinados os teores de ferro para as amostras correspondendo aos volumes: 3, 4, 5, 6, 8, nas profundidades: 40-50; 140-150; 240-250; 340-350; 450-460; 540-550 e 680-690 cm (Figura 7).

As determinações foram realizadas pelo Laboratório de Solos da Esalq/USP, com recursos de projeto financiado pela Fundação Araucária (Convênio 205/2012).

3.1.2.4. Determinação dos 10 principais óxidos por fluorescência de raio-X

Foram analisados e quantificados, através da fluorescência de raios-X em pastilha fundida, os dez principais óxidos (SiO₂; Al₂O₃; Fe₂O₃; TiO₂; MnO; MgO; CaO; K₂O; Na₂O₃; P₂O₅), o óxido de ferro (FeO) e a água combinada (H₂O+), de um total de oito amostras referentes aos volumes: 3(40-50cm); 4 (140-150cm); 5 (200-210cm); transição 5/6 (290-300 cm); e 8(540-550cm e 680-690 cm) (Figura 7).

Essa técnica permitiu verificar o estágio de intemperismo da superfície geomorfológica em estudo. A partir das determinações foram aplicados os índices de intemperismo de Kronberg & Nesbitt (1981) que não utilizam a água de hidratação para o estabelecimento dos índices de intemperismo:



Esta determinação foi realizada pelo laboratório de Fluorescência de Raios- X e de Química do Instituto de geociências da USP – São Paulo, com recursos de projeto financiado pela Fundação Araucária (Convênio 205/2012).

3.2. CARACTERIZAÇÃO MICROMORFOLÓGICA DOS MATERIAIS

A descrição micromorfológica é uma técnica em escala micrométrica que pode ser utilizada para identificar os produtos do intemperismo e os constituintes dos solos, bem como as relações existentes entre estes constituintes (tipos de organização, hierarquia e cronologia das organizações). Nesse sentido auxilia o pesquisador na elaboração de hipóteses sobre a dinâmica genética e evolutiva dos materiais descritos no perfil (CASTRO, 2002).

Coletou-se 9 amostras indeformadas em campo que foram secas à sombra e, posteriormente encaminhadas para a confecção das lâminas delgadas. As amostras correspondem aos volumes: 2(30-40 cm); 4 (120-130cm); 4 (190-200 cm); 5 (260-270 cm); 5 (260-270 cm); 5 (300-310 cm); (Figura 7).

As lâminas foram confeccionadas no Laboratório de Laminação do Departamento de Geologia e Recursos Naturais da UNICAMP, e descritas no Laboratório de Microscopia Ótica da UNIOESTE - Campus Francisco Beltrão, conforme critério e terminologia proposta por Stoops (2003). Os recursos utilizados para a confecção das lâminas delgadas foram de projeto de pesquisa financiado pela Fundação Araucária, Convênio 205/2012.

4. REFERENCIAL TEÓRICO

No referencial bibliográfico serão abordados dois tópicos fundamentais relacionados com a problemática da pesquisa, objetivando entender e reconhecer o material de alteração da rocha que mantém o setor de topo da superfície geomórfica V. Inicialmente buscou-se informações sobre a evolução de superfícies geomórficas, para melhor entendimento das superfícies incompletamente aplainadas identificadas por Paisani *et al.* (2008), localizadas no planalto basáltico do Sudoeste do Paraná e Noroeste de Santa Catarina. Posteriormente buscaram-se informações correspondentes às formações superficiais, com o propósito de auxiliar na análise do perfil de alteração, especialmente nas questões sobre conceito de formações superficiais, características pedogeoquímicas da cobertura superficial e histórico do entendimento de formações superficiais no Brasil.

4.1. TEORIAS DE EVOLUÇÃO DE SUPERFÍCIES GEOMÓRFICAS

A maioria das superfícies do nosso planeta são superfícies aplainadas, sendo tais superfícies muito pesquisadas e discutidas no ramo da ciência geomorfológica (SALGADO, 2007). Essas superfícies tornam-se importante para a uma melhor compreensão do relevo, pois para alguns autores é considerada a última etapa da evolução da paisagem geomorfológica (PEULVAST e SALES, 2002).

As várias pesquisas e discussões para entender as superfícies de aplainamento, resultaram em inúmeras teorias de evolução da paisagem. Destacando-se: o Ciclo Geográfico de Erosão (peneplanação), de Willian Morris Davis em sua obra de 1899; a teoria da *Primärrumpf*, de Walther Penk em sua obra de 1924; a Pediplanação, defendida por Lester Charles King em sua obra em 1953, e a Etchplanação, postulada Wayland em sua obra de 1933 e difundida por J. Büdel de 1957 (PAISANI *et al.* 2008).

Estas teorias contribuem para o entendimento da evolução da paisagem e de como os processos erosivos rebaixam o relevo em escalas continentais, no entanto cada teoria está de acordo com sua época, possuindo diferenças entre si (SALGADO, 2007). Dessa maneira, serão abordadas a seguir as principais características de formação/evolução do relevo postuladas por estas teorias.

4.1.1. O Ciclo Geográfico de Erosão (peneplanação)

O ciclo de erosão (peneplanação) de Davis (1899) é a primeira das teorias que procuraram explicar a paisagem geomorfológica. Nesta teoria o relevo sofreria um rápido soerguimento generalizado de ordem continental em relação aos oceanos, seguido por um longo período de estabilidade tectônica. Havendo, portanto situação para que o mesmo seja moldado por processos erosivos. O soerguimento ocorreria devido o rebaixamento vertical das vertentes (*downwearing*). Neste caso, a evolução da paisagem, através do tempo, estaria sujeita a sequência de fases designadas de juventude, maturidade e senilidade (Figura 8).

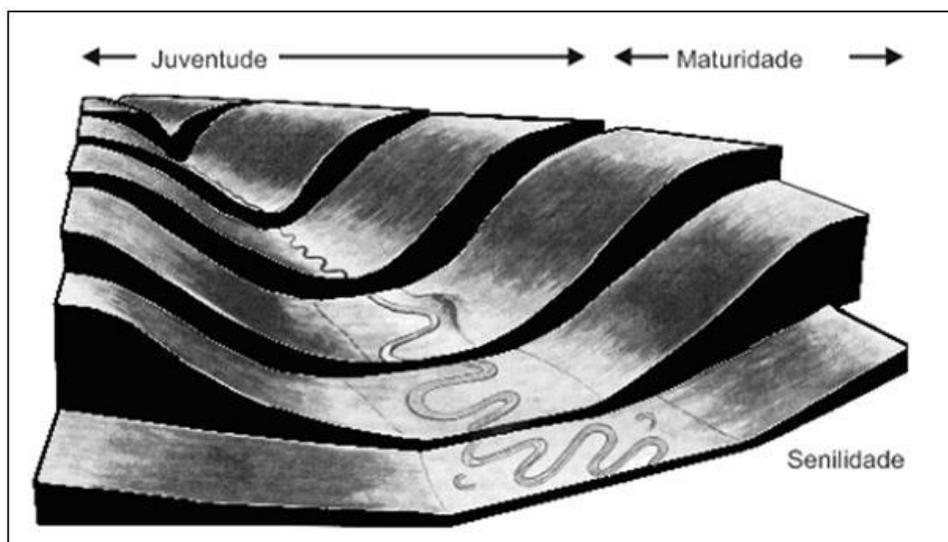


Figura 8: Fases de juventude, maturidade e senilidade na evolução do relevo, de acordo com o ciclo de Erosão de Davis. Fonte: Casseti, 2001.

A juventude seria caracterizada pelo processo denudacional, com os rios e o escoamento superficial começando a originar vales entre as montanhas. O terreno tornar-se-ia mais íngreme e irregular. Na maturidade, as formas ficariam mais arredondadas e os vales mais amplos. Por fim, na senilidade o relevo ficaria quase completamente rebaixado pelos processos denudacionais, formando-se uma planície ondulada chamada de peneplanície (quase plana). Tal fase permaneceria até que um novo soerguimento continental ocorresse para iniciar um novo ciclo (DAVIS, 1899).

Para Davis (1899) o soerguimento poderia ocorrer a qualquer momento do ciclo, pois não é necessário que um ciclo se conclua para que um soerguimento dê início a outro.

4.1.2. Teoria da *Primärrumpf*

Walther Penk elaborou a teoria de *Primärrumpf* em 1924, a qual se diferencia do ciclo davisiano, no que se refere ao rebaixamento e soerguimento do relevo. Penk destaca que quando permanece o predomínio de forças endógenas, se observa elevações no relevo, e quando atuam as forças exógenas ocorreria o rebaixamento do relevo (*primärrumpf*). Nesse caso, como coloca Bigarella *et al.*(1965), o relevo resultaria da relação das forças endógenas e exógenas.

O levantamento crustal mais rápido do que a denudação seria responsável pela formação de perfis convexos, e, se tanto a denudação quando os levantamentos crustal ocorressem na mesma velocidade, resultaria no recuo paralelo das encostas. Já se a denudação for mais rápida do que o levantamento, o resultado é em perfis côncavos (Figura 9) (BIGARELLA *et al.* 1965).

A teoria de Penk postula soerguimento dômico, de modo lento e contínuo ao contrário do rápido soerguimento mencionado por Davis. Isso ocorreria quando o levantamento crustal perde sua intensidade de força e a denudação originaria duas superfícies com diferentes altitudes, denominadas de domo e região periférica. Entre essas estaria o escarpamento que, como um degrau no relevo (*piedmont*), constituiria testemunho de dois soerguimentos distintos. Dessa maneira, a sucessão de períodos de soerguimento e quietude tectônica produziria um relevo em forma de escadaria (SALGADO, 2007).

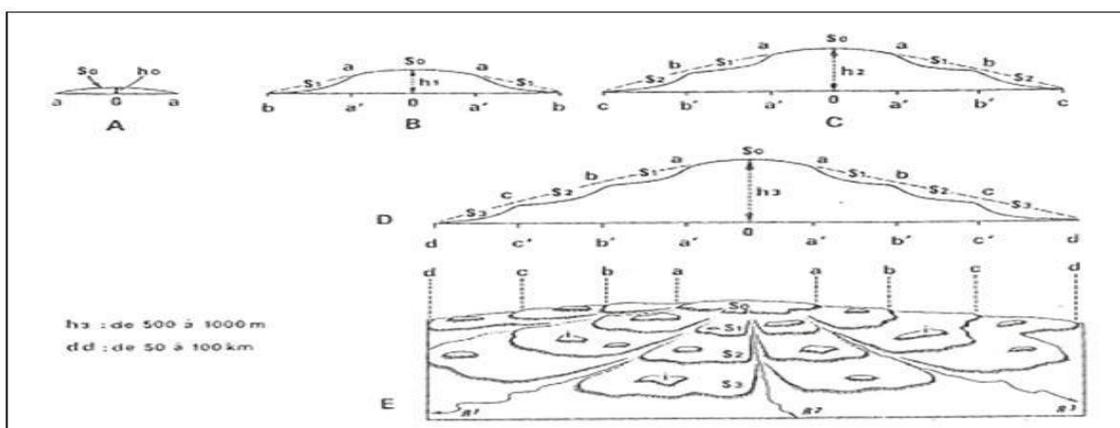


Figura 9. Teoria de Penck para elaboração de escadaria de piedmont. Legenda: S0 = superfície primária “Primärrumpf”; S1, S2, S3 = aplanamentos periféricos, superfície de piedmont, “piedmontflachen”; a, b, c, d = nível de base local para as porções do relevo imediatamente mais elevado; i = relevos residuais; R1, R2, R3 = Vales fluviais radiais em relação ao domo. Fonte: Valadão, 1998.

4.1.3. Teoria da pediplanação

Outra teoria de grande significado sobre a evolução do relevo é a de Lester Charles King (1953) a teoria da pediplanação, que destaca o clima como principal agente de formação de superfícies aplainadas. Essa teoria contraria tanto as idéias de Davis quanto de King, pois afirma que o processo de erosão ocasionaria o recuo paralelo das vertentes (*backwearing*), sem que houvesse perda da sua declividade, ocorrendo em locais áridos e semiáridos (Figura 10). Quando a declividade permanecer constante, a superfície somital ficaria intacta, no mesmo momento em que formaria outra abaixo das escarpas em retratação, depositando rampas detríticas que se processariam até o leito fluvial (SALGADO, 2007).

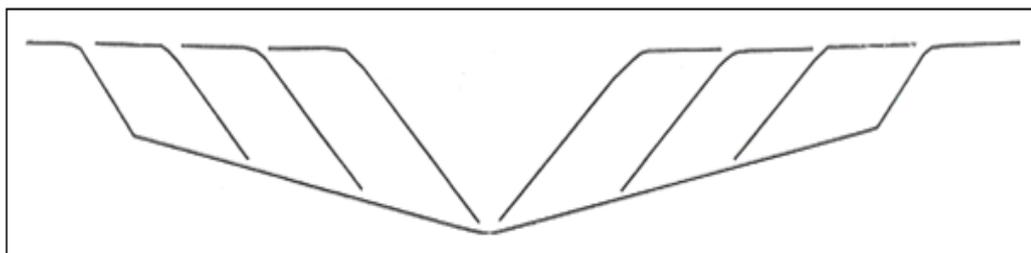


Figura 10: Teoria de evolução proposto por King para o desenvolvimento das vertentes através do recuo paralelo das encostas (*backwearing*), levando á pediplanação. Fonte: Valadão, 1998

O estágio avançado da evolução sob condições de climas semi-áridos severos correspondem à coalescência dos pedimentos e formação de um pediplano. Os pedimentos seriam superfícies suavemente inclinadas, situadas no sopé de uma encosta mais íngreme, enquanto o pediplano (superfície aplainada) constitui uma superfície de baixo relevo interrompida, ocasionalmente, por elevações residuais (*inselbergs*) (BIGARELLA E PASSOS, 2003).

4.1.4. Teoria da etchplanação

Alguns geomorfólogos acreditam na importância da ação do intemperismo na elaboração de superfícies aplainadas (TWIDALE, 1983). Essa ação é demonstrada através da teoria da etchplanação, desenvolvida inicialmente por Wayland em 1933 quando trabalhou em Uganda, na África. Posteriormente foi sistematizada por Büdel em 1957.

Para Büdel (1957, 1963), a formação de *etchplains* está associada, aos trópicos sazonais com seis a nove meses de precipitação e às áreas tectonicamente estáveis. Vários trabalhos apontam o intemperismo como força matriz na geração de superfícies aplainadas, descritas na América do Sul, África e Austrália (MILLOT, 1981).

A etchplanação considera os processos geoquímicos e pedogenéticos como os principais mecanismos da morfogênese e do aplainamento das formas de relevo, destacando o papel do intemperismo químico e das transformações da cobertura pedológica. Procura explicar como o intemperismo químico interfere nas propriedades morfológicas desenvolvidas em ambientes sazonais em áreas tectonicamente estáveis (VITTE, 2001).

Essa teoria destaca para a evolução do relevo, a ação do intemperismo químico muito intenso capaz de transformar os minerais das rochas em argilominerais. O resultado seria a formação de mantos de alteração bastante espessos acima da rocha, formando em subsuperfície um relevo irregular (Figura 11) (BÜDEL, 1980).

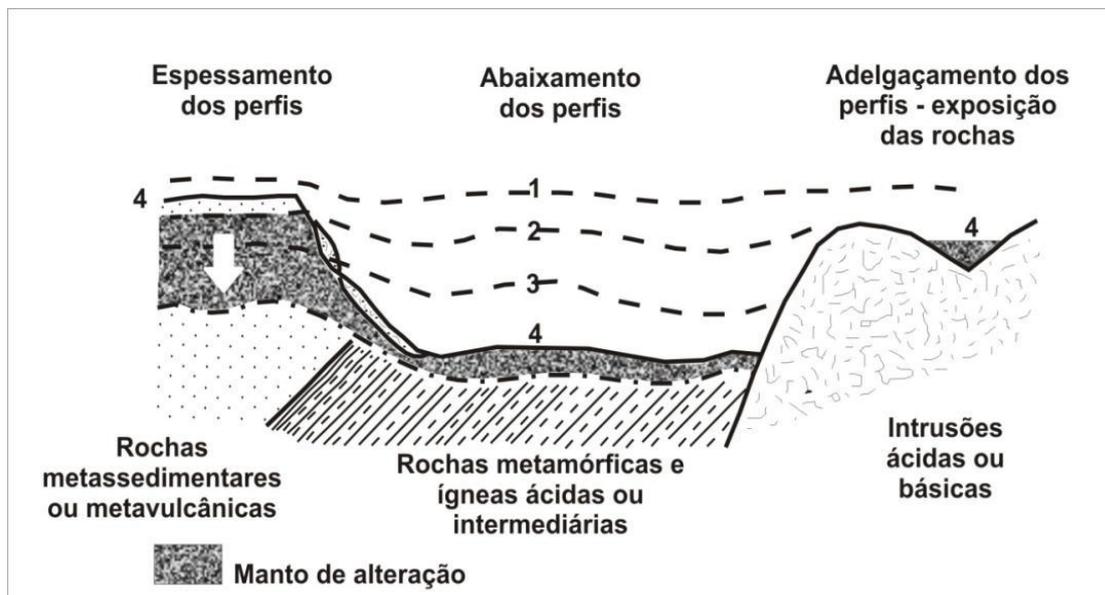


Figura 11: Representação da evolução do relevo a partir da ação da etchplanação (MELO *et al.* 2005).

Com o decorrer de suas pesquisas, no ano de 1980, Budel passou a admitir a existência de *etchplains* também nos trópicos úmidos, considerando que o intemperismo intenso, não só prepararia o regolito para a erosão superficial através da retirada de bases e quebra das ligações ferro-argila, mas causaria também, o rebaixamento da

superfície. Isso ocorreria no mesmo momento em que o manto de alteração seria aprofundado (VITTE, 2005).

Desta maneira o processo de *etchplain* geraria paisagem profundamente alterada, que posteriormente sofreria a ação de um ciclo erosivo com a exposição do saprolito, formando um plano rochoso (Figura 11). O saprolito apresentaria topografia irregular estando sujeito a um novo ciclo de alteração e erosão, de maneira que as suas irregularidades são paulatinamente expostas à superfície, criando *inselbergs* na paisagem (OLLIER, 1975).

BÜDEL (1982) destaca que o intemperismo químico pode conduzir até mesmo para completa transformação do substrato rochoso, onde, uma parte do material é removida em solução e a outra parte, composta predominantemente por grãos de quartzo, é preservada por muito tempo como material residual. Porém, ressalta que a maioria apresenta transformação gradual em compostos minerais distintos devido a processos de transformações químicas acompanhados de processos de mobilização e redeposição no solo sob condições de calor e disponibilidade de água. Este autor considera quatro circunstâncias necessárias para apontar a atuação da *etchplanação*: 1) a existência de latossolos; 2) um perfil homogêneo, indicando que o solo possui evolução dinâmica; 3) uma transição delgada entre a rocha e o material alterado, particularmente em rochas fraturadas, onde o intemperismo é intenso; 4) uma zona de decomposição rochosa profunda e generalizada, entre 100 e 150 m de espessura.

4.1.5. Considerações sobre as teorias geomorfológicas

Primeiramente cabe lembrar que as teorias geomorfológicas tais como a do Ciclo Geográfico de Erosão (Davis, 1989) e a teoria de *Primärrumpf* (Penk, 1924), colocam a tectônica como principal fator na elaboração do relevo, enquanto a Teoria de *Pediplanação* (King, 1953) e a de *Etchplanação* (Büdel, 1957; 1982), enfatizam os fatores climáticos.

A teoria de Davis considera como nível de base somente os oceanos. A teoria de Penck considerada as forças exógenas e endógenas, e o clima possuem pouca importância na evolução geomorfológica. Na teoria de King é melhorado o conceito de nível de base, mas não é estudada de maneira aprofundada a importância da geoquímica. Na teoria de Wayland e Büdel são aprofundadas a geoquímica, mas não se

dá maior importância ao clima árido na gênese das superfícies geomorfológicas (SALGADO, 2007).

É preciso lembrar, também, que tais teorias são distintas, pois foram elaboradas de acordo com o conhecimento científico que existia à sua época. Dessa maneira, apesar delas se mostrarem equivocadas em alguns pontos, se comparadas aos conhecimentos atuais, não há como negar que colaboraram para esclarecer a gênese do modelado terrestre. Na verdade essas teorias resultaram da tentativa de isolar os fatores que comandam a dinâmica e a evolução do relevo (SALGADO, 2007; VITTE, 2001).

Apesar dessas teorias procurarem a compreensão da evolução do relevo isolando os fatores responsáveis pelo seu modelado, a esculturação da superfície é resultado de relações combinadas entre o tempo e o espaço e as forças endógenas e exógenas. No entanto, cabe ressaltar que grande parte dos princípios básicos das diferentes teorias de evolução em escala continental não foram testadas. Isso permite considerar que as superfícies de aplainamento podem ter origem poligenética e que, neste caso, a justaposição das diversas teorias constituiria alternativa para sua compreensão (SALGADO, 2007).

Entretanto pode-se mencionar ainda que as teorias descritas concebem a paisagem geomorfológica como estágio de desenvolvimento de superfícies aplainadas, sendo estas produto do rebaixamento e recuo lateral das encostas. Logo para entender as diferentes formas do relevo, é necessário, as formações superficiais além da própria morfologia do relevo. Estas auxiliam na verificação da evolução de cada unidade de relevo.

Nesse sentido, várias pesquisas desenvolvidas no sudoeste do Paraná e Noroeste de Santa Catarina vêm buscando reconhecer os agentes responsáveis pela esculturação do relevo no Planalto das Araucárias (PAISANI *et al.* 2005; 2006; 2008a; 2008b; 2008c; CALEGARI, 2008; LIMA, 2009; BERTOLDO, 2010; BRAGAS, 2010; PAISANI E PONTELLI, 2010; GUERRA, 2012; PAISANI *ET AL.*, 2012, RAITZ, 2012, RODRIGUES 2011, LIMA 2013, entre outros).

Além de reconhecer a distribuição do relevo ocorrendo em escadarias no sentido leste-oeste do Planalto das Araucárias (Figura 12), o levantamento preliminar das formações naquele período destacou para ação simultânea entre alteração e erosão

mecânica na sua gênese. A teoria hipotética proposta por estes autores para estas superfícies baseou-se na teoria da Primarrumpf por Penk obra de 1924, com as da Etchplanação por Wayland obra 1933 e Büdel obra de 1957.

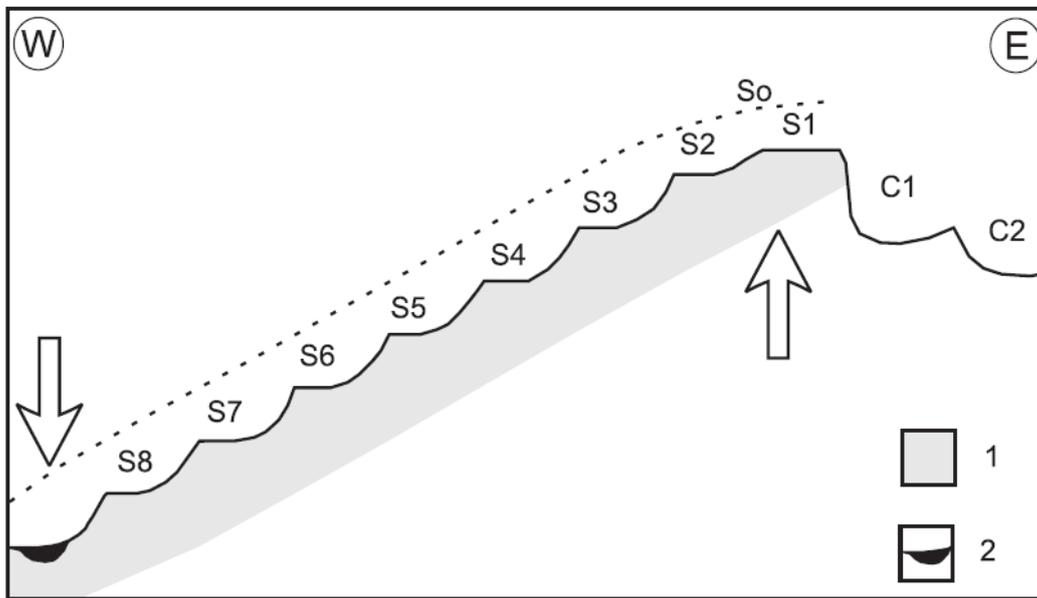


Figura 12. Modelo hipotético da disposição em escadaria das superfícies geomorfológicas identificadas no SW do Paraná e NW de Santa Catarina. Cn = áreas de circundesnudação na borda da Bacia do Paraná. S1, S2, S3...= superfícies aplainadas. 1 = derrames vulcânicos. 2 = calha do Rio Paraná, nível de base regional. Linha descontinua indica o basculamento da superfície pós-derrame – Fonte: Paisani *et al.*, 2008a.

Estudo realizado na superfície geomorfológica VI (RODRIGUES, 2011) comprova a hipótese de rebaixamento do relevo por perda isovolumétrica maior do que pelo recuo lateral das encostas (PAISANI *et al.*; 2013).

4.2. PERFIL DE ALTERAÇÃO E AS CARACTERÍSTICAS PEDOGEOQUÍMICAS DAS FORMAÇÕES SUPERFICIAIS

4.2.1. Conceito de Formações Superficiais

As formas de relevo observadas na paisagem não foram geradas em um único momento, mas por sucessivos estágios de evolução, resultantes dos diferentes processos

que ocorrem na interface da litosfera com a atmosfera. É nessa camada mais externa da litosfera que podem ficar registrados os diferentes momentos evolutivos do relevo, de modo que a análise das formações superficiais auxilia no entendimento dos diferentes processos evolutivos.

Formações superficiais é uma denominação utilizada para se referir a todo material móvel que recobre um substrato rochoso. Por vezes pode se referir ao manto de intemperismo evoluído diretamente do substrato rochoso *in situ*, também denominado de regolito, ou manto de alteração ou perfil de intemperismo. Outras vezes as formações superficiais podem se constituir de material solto que foi transportado e depositado, podendo apresentar ou não sinais de decomposição química (GUERRA, 2010).

As formações superficiais desenvolvidas a partir do substrato rochoso são designadas de autóctones (eluvial), já as alóctones estão associadas a materiais intemperizados que se originaram a partir de material parental depositado. Esses tanto podem ser colúvios ou alúvios (DELVIGNE, 1998). São, portanto testemunhas de processos pedogenéticos e morfogenéticos responsáveis pela evolução e dinâmica da superfície terrestre (NETO, 2001).

A autoctonia das formações superficiais ocorre quando a rocha é intemperizada através de alterações físicas, químicas e biológicas e tem como resultado um manto de material detrítico de espessura variada. Esse constitui a estrutura subsuperficial da paisagem (BIGARELLA *et al.* 1994).

Já as formações superficiais alóctones englobam tanto aquelas, de uma maneira geral depositadas ao longo de uma vertente, chamadas colúvios, quanto as que têm sua gênese relacionada a um curso d'água canalizado, os alúvios. Colúvio é a parte superior do regolito o manto superficial de detritos, de rocha e solo, da superfície da terra, composto principalmente de materiais heterogêneos de diversas granulometrias (FAIRBRIDGE, 1968). Alúvio é composto por sedimentos ou materiais detríticos inconsolidados, depositados em períodos geológicos recentes por um rio ou corpo d'água corrente, em leito de rio, planície de inundação, delta, cone ou leque, ou ainda, na base de encostas com maior declividade (CAMARGO, 2005).

4.2.2. As reações do intemperismo e a formação do perfil de alteração.

O intemperismo pode ser denominado como um conjunto de modificações de ordem física (desagregação) e química (decomposição) que as rochas sofrem ao aflorar na superfície da Terra. Os processos intempéricos atuam através de mecanismos modificadores das propriedades físicas dos minerais e das rochas (morfologia, resistência, textura, etc.), e de suas características químicas (composição química e estrutura cristalina). Em função dos mecanismos predominantes de atuação, são normalmente classificados em intemperismo físico e químico (BRANDY e WEIL, 2013), que originam o material semiconsolidado (LEPSCH, 2002).

O principal fator no intemperismo físico é a ação da temperatura, que pode provocar tanto a dilatação e contração das rochas, quanto o próprio congelamento de água nas fissuras, fato comum em regiões polares e de altitudes elevadas. Ao congelar, a água dilata as fissuras das rochas e provoca sua fragmentação. Associado a isso se tem, também, a ação do sistema radicular das plantas. Já o intemperismo químico resulta, sobretudo, da ação de decomposição dos minerais em contato com a água. Isso ocorre devido o desequilíbrio sofrido pelos minerais da rocha por estarem em locais com condições ambientais diferentes daquelas onde se formaram (BLAND & ROLLS, 1998; VITTE, 2001).

O produto intemperizado possui características que são influenciadas pelo substrato rochoso, pelo clima (temperatura, chuva, umidade, vento), por agentes biológicos (vegetais e animais), relevo e tempo (BRANDY e WEIL, 2013; LEPSCH, 2011).

O substrato rochoso é um dos elementos que contribui para determinar a composição mineralógica do solo e sua resistência à alteração. Quanto ao clima, os solos diferenciam-se de acordo com a intensidade das reações do intemperismo químico, ou seja, em áreas tropicais, a alteração é mais rápida se comparada a áreas subtropicais. No entanto, por vezes, em área com clima subtropical, pode-se encontrar perfil de alteração relativamente espesso devido ao seu material de origem, como é o caso das áreas onde dominam as rochas básicas. Em áreas úmidas, o período de formação do solo deve ser considerado um fator importante na diversidade do manto intempérico e na evolução dos regolitos (BLAND & ROLLS, 1998).

Alguns organismos da fauna do solo possuem capacidade de oxidar o Fe^2 e o Mn^2 para Fe^3 e Mn^3 que estão na estrutura dos minerais. Já a cobertura vegetal protege a

superfície do solo das agressões do clima (variações de temperatura, impacto gotas chuva), sendo fonte de matéria orgânica. As raízes e os microrganismos excretam ácidos orgânicos e substâncias formadoras de complexos que atuam na intemperização dos minerais e na agregação (LEPSCH, 2011, BRADY & WEIL 2013).

O tempo depende de outros fatores que controlam o intemperismo, principalmente dos constituintes do material de origem e do clima. Em condições de intemperismo pouco agressivas é necessário um tempo mais longo de exposição para haver o desenvolvimento de um perfil de alteração (LEPSCH, 2002; BRADY & WEIL 2013).

O relevo, a altitude tem uma relação direta com a temperatura, afetando principalmente o teor de matéria orgânica do solo. Influencia indiretamente o intemperismo dos minerais através: da quantidade de água infiltrada no solo e da lixiviação dos constituintes solúveis e da velocidade de escoamento da água da chuva e erosão do material intemperizado com exposição de novas superfícies (LEPSCH, 2002, BRADY & WEIL 2013).

Especificamente, no intemperismo químico há o desequilíbrio dos minerais na rocha por serem colocados ou estarem em locais com condições ambientais diferentes daquelas onde se formaram (THOMAS, 1994). A decomposição química se dá por reações químicas controladas pela água e gases destacando-se, dentre as principais a oxidação e a hidrólise.

Na oxidação, a reação com oxigênio, resulta em óxidos e hidróxidos, principalmente de ferro e alumínio. Já o teor de água associado com o óxido de ferro hidratado é variável. As formas menos hidratadas são mais próximas da cor avermelhada da hematita do que as formas hidratadas. Uma espécie de limonita (óxido de ferro hidratado), chamada de goethita, é representada às vezes como $\text{FeO}(\text{OH})$. A presença de óxido de ferro no solo depende da quantidade de água e oxigênio no solo. Solos bem drenados são normalmente aerados o suficiente para o ferro ser oxidado (estado férrico). Em condições molhadas, o ferro continuará no estado férrico, mas na forma hidratada. Em solos muito molhados, existe uma deficiência de oxigênio, e o ferro se apresentará no estado ferroso (TROEH & THOMPSON, 2007).

A reação de hidrólise ocorre sempre em locais com pH da solução entre 5 e 9, definindo-se pela individualização de íons H^+ tornando uma solução ácida. Essa

dissolve os minerais primários rompendo as ligações químicas entre os íons dos elementos químicos presentes, transformando-os em minerais secundários (MELFI & PEDRO, 1978).

O processo de hidrólise é considerado o principal mecanismo do intemperismo químico das rochas, que varia de acordo com as condições do meio. Assim, a hidrólise pode ser total ou parcial. Na hidrólise total, ocorre a eliminação total dos cátions básicos e da sílica promovendo o processo de alitização, com permanência de Fe e Al. Enquanto que na hidrólise parcial ou sialitização, ocorrem os processos de monossilitização e bissialitização. A monossilitização corresponde à formação de argilominerais 1:1, decorrente da retirada parcial da sílica, originando minerais secundários tipo caulinita. Já na bissialitização tem-se a formação de argilominerais 2:1, que correspondem à formação de argilominerais do tipo esmectitas (MELFI & PEDRO, 1978).

Da intensidade de atuação e do tipo específico de reações intempéricas atuantes resultam diferentes perfis de intemperismo e, por sua vez, diversos perfis de solum (BRADY e WELL, 2013). Em regiões tropicais e subtropicais, de modo geral, de hidrólise parcial, tem-se como resultado uma cobertura superficial composta mais por argilominerais menos evoluídos (2:1), ainda que ocorra presença de minerais 1:1. Nos casos de alternância de tempo seco e úmido ocorre, inclusive, formação de concreções ferruginosas (BIGARELLA *et al*; 2007).

A água é um poderoso solvente no processo de alteração e formação do solo, pois condiciona o transporte dos elementos, de substâncias e de produtos nela dissolvidos. Assim, os constituintes mais solúveis das rochas intemperizadas são transportados pela água que drena o perfil de alteração, o qual se pode denominar de fase solúvel. Em consequência, o material que resta no perfil de alteração, ou seja, a fase residual torna-se enriquecido com os constituintes menos solúveis. Esses constituintes estão nos minerais primários residuais, que resistiriam à ação intempérica e nos minerais secundários que se formaram no perfil. Dentre os principais minerais residuais, o mais comum é o quartzo. Os minerais secundários são chamados de neoformados quando resultam da precipitação de substâncias dissolvidas nas águas que percolam o perfil, como é o caso dos oxihidróxidos de ferro e de alumínio. Quando se formam pela interação entre as soluções de percolação, os minerais primários modificam sua composição química, porém preserva pelo menos parcialmente sua

estrutura. Nesse caso são chamados de minerais secundários transformados (TOLEDO *et al.*, 2000).

Sob diversas tentativas de determinar a ordem de perdas dos constituintes durante o processo de alteração das rochas Palynov (1937) propôs quatro fases para a lixiviação dos materiais, considerando o Cloro como elemento de maior mobilidade, seguido dos cátions básicos (Ca, Mg, Na, K), e os de menor mobilidade como Si, Fe e Al, respectivamente. Portanto, os elementos químicos de menor mobilidade restam como resíduo no perfil de alteração, constituindo assim, os minerais secundários (MELFI & PEDRO, 1978).

4.2.3. As características pedogeoquímicas das formações superficiais

A pedogeoquímica é de grande importância no estudo das formações superficiais, pois permite entender os processos de alteração que ocorrem ao longo de sua evolução, demonstrando o comportamento dos elementos químicos, a partir de sua distribuição e migração, bem como as reações químicas envolvidas ao longo do processo evolutivo, desde a superfície até o material de origem (ALBARÈDE, 2011).

Portanto, sobre a evolução da cobertura superficial, destaca-se a fundamental importância do intemperismo químico na evolução do modelado do relevo principalmente em regiões tropicais úmidas. Nessas áreas úmidas, o período de formação do solo e a atuação da pedogênese devem ser considerados um fator importante na diversidade do manto intempérico e na evolução dos regolitos (THOMAS, 1994). Por esse motivo, é importante considerar o conjunto de processos que intervêm na formação do solo, pois com a ação do intemperismo, o solo torna-se mais espesso e novas condições físico-químicas são impostas ao perfil (VITTE, 2001).

A velocidade de lixiviação dos elementos químicos está intimamente relacionada com a estabilidade dos minerais, pois esses não se alteram com a mesma intensidade. Por exemplo, minerais de rochas básicas que são os primeiros a serem formados, apresentam maior instabilidade nas condições de superfície, enquanto os últimos minerais formados resistem mais aos processos de intemperismo. Assim, a estabilidade dos minerais nas condições de superfície é inversamente proporcional a sua ordem de cristalização (Figura 13). Portanto, a frequência de distribuição dos minerais varia de

acordo com a intensidade dos fatores de alteração da cobertura superficial (MELFI & PEDRO, 1978).

De acordo com a zona climática predominante (temperada, equatorial e subtropical), a velocidade de alteração dos minerais e a perda dos elementos químicos varia. Isso permite a individualização de três processos fundamentais do intemperismo químico: podzolização, brumificação e ferralitização. Entre a brumificação e a

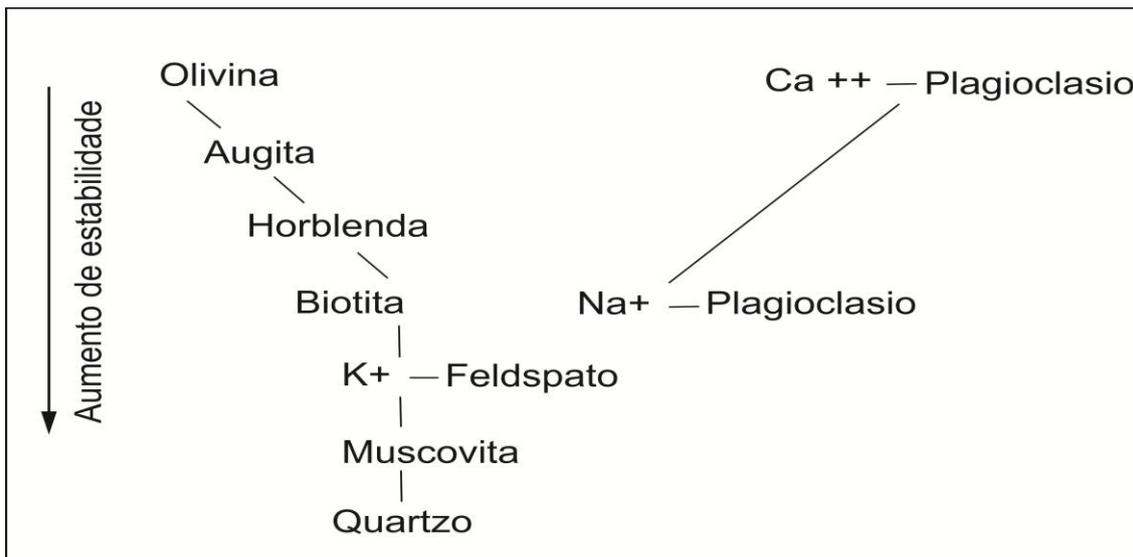


Figura 13: Estabilidade de alteração dos minerais primários. Fonte: Loughman, 1969 (Adaptado por Elizandra C. Bertuol)

ferralitização é possível considerar também um processo intermediário, a fersialitização (DUCHAUFOR, 1982).

Com exceção da podzolização que, pela forte complexólise, exclui toda a neoformação de minerais secundários (DUCHAUFOR, 1982), nos demais processos observa-se grau crescente da alteração dos minerais primários, com perdas crescentes das bases e da sílica, além de um domínio evolutivo marcado pela intensidade da neoformação de minerais secundários. Essas características gerais são definidas, de um lado pela influência do fator tempo, e de outro, pelo tipo climático (Figura 14; DUCHANFOUR, 1997).

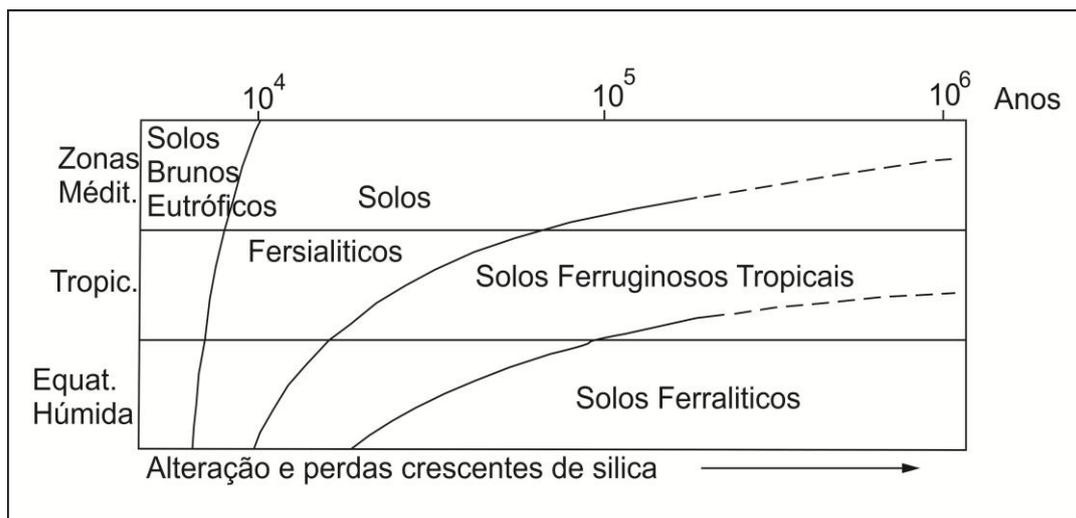


Figura 14: Tempo da pedogênese em climas quentes. Fonte: Duchaufour, 1997 (Adaptado por Elizandra C. Bertuol).

O processo de fersialitização se individualiza em ambientes tropicais e subtropicais que apresentam uma estação seca muito bem caracterizada. O forte contraste sazonal favorece a formação de cobertura superficial marcada pelo predomínio de neoformação de argilominerais do grupo 2:1 (tipo montmorilonitas). Também são abundantes argilominerais herdados ou transformados pela agradação ou acréscimo de sílica (DUCHANFOUR, 1982; 1997).

Especialmente em áreas tropicais com estação seca bem marcada, à medida que a média da temperatura aumenta, gradualmente tem-se a formação de argilominerais neoformados do tipo caolinita (1:1). Nesse caso específico e com drenagem interna eficiente, origina-se cobertura superficial com características de solos tropicais ferruginosos (DUCHANFOUR, 1982).

Além do domínio de argilominerais 2:1, a cobertura superficial no domínio fersialítico mostra forte individualização dos óxidos de ferro mais ou menos avermelhados. O Fe^{2+} (ferroso) liberado cristaliza muito rapidamente como hematita, em virtude da ausência de matéria orgânica (DUCHAUFOR, 1982, BUOL *et al*, 1989). O índice de alteração do ferro, medido pela razão do ferro livre/ferro total (Fe_d/Fe_t), nestas condições ambientais, é mais elevado, ultrapassando 50% (DUCHAUFOR, 1997).

Conforme o intemperismo se mostre mais desenvolvido, com apenas minerais primários do tipo feldspatos potássicos (ortoclásio), mica muscovita e quartzo resistindo à alteração, tem-se o domínio do processo de ferruginação. Aqui a perda de sílica e de bases é mais acentuada, resultando na formação de cobertura superficial constituída por argilominerais do grupo das caolinitas (1/1) e por óxidos de ferro avermelhados ou não. O avermelhamento dependerá do pedoclima mais ou menos contrastado. Os óxidos de alumínio (gibbsita) geralmente estão ausentes, exceto em certos tipos de transição (DUCHAUFOR, 1997). Em climas úmidos o processo de ferruginação resulta na formação de cobertura superficial mais profunda e lixiviada, com pedon superior a 3m de profundidade (WHITE, 2009).

A cobertura superficial formada pelo processo de ferralitização consiste nos domínios cuja alteração dos minerais primários é total, com exceção do quartzo. Caracteriza-se por apresentar vários metros de espessura, perda total dos cátions básicos (Ca, Mg, Na, K) e de grande parte da sílica em solução. Disso resulta o adensamento da superfície do solo e a acumulação relativa de óxidos de alumínio (gibbsita) e de ferro (goetita e hematita). Ocorrem essencialmente argilominerais neoformados (1:1), representados pela caolinita e, por vezes, pela haloisita. O pedon apresenta intensa agregação mantida pela combinação de caolinita- óxido de ferro, eventualmente estáveis à água. Disso resulta a ausência de iluviação de argilas, ainda que em alguns ambientes os ácidos fúlvicos provoquem o deslocamento das argilas finas (DUCHAUFOR, 1997).

Em termos de pedon, a cobertura superficial com características ferralítica concentra-se em áreas tropical quente e úmida, com temperatura média acima de 15 ° C e precipitação anual superior a 800 mm. São solos essencialmente minerais, constituídos por aluminosilicatos do tipo caolinita (1:1), óxido-hidróxidos de ferro e de alumínio (DUCHAUFOR e SOUCHIER,1983; BUOL *et al*, 1989). Neste tipo de cobertura ocorrem os Oxisols, da Classificação Americana, e os Latossolos, do Sistema Brasileiro de Classificação do Solo (EMBRAPA, 2006; KERR, 1998). As cores variam de ocre a vermelho, geralmente com horizontes endurecidos e couraças. Do ponto de vista geoquímico essa cobertura é denominada de laterítica (TARDY, 1999).

A classe dos Latossolos no Brasil é abundante, ocupando aproximadamente 1/3 do território. Diferenciam-se pelo seu material parental, relevo e condições climáticas.

A magnetita, ilmenita e pequena quantidade de quartzo são características de solos de rochas básicas (basalto). As vermiculitas aparecem em menor proporção nos Latossolos brunos subtropicais (KER, 1998).

4.2.4. As características da cobertura superficial em ambiente subtropical – o caso do SW do Paraná

Na região Sul do Brasil, cujo substrato de modo geral é composto por rochas básicas da Formação Serra Geral, é comum as formações superficiais apresentarem características de perfis de solos do tipo Latossolos e Nitossolos. Esses se mostram com horizontes de transições graduais ou difusos, cujo horizonte B nítico é formado por blocos subangulares moderados a fortes, pela coalescência de microagregados, e também pelo preenchimento dos poros por revestimentos de iluviação (COOPER & TORRADO, 2005).

No Sudoeste do Paraná já foram estudadas a cobertura superficial em algumas superfícies incompletamente aplainadas classificadas por Paisani *et al* (2008) ao longo da Serra da Fartura. Na superfície VI, entre 900 e 1000 m, a cobertura superficial possui característica de latossolo em estágio avançado de intemperismo (RODRIGUES, 2011). O perfil de alteração apresentou horizonte A moderado, na porção superior (0-0,20 m) determinado pela quantidade de matéria orgânica, cor e saturação de bases inferior a 65%. Entre 0,20 e 2,50 m de profundidade, localizam-se os horizontes Bw1 (0,20-1,40m) e Bw2 (1,40-2,50m), confirmados na sua maioria pelas características macromorfológicas: cerosidade fraca, transição de cores difusa e textura argilosa. Abaixo do horizonte latossólico ocorre volume com características de horizonte B nítico, subdividido em 1 e 2, caracterizados pela microestrutura variando de blocos subangulares a granular. Entre 8,70 e 9,50 m define-se transição entre material do horizonte B e do C, denominado de BC de acordo com os resultados das análises de mineralogia teores de ferro e química analítica. Foi constatado pela análise de mineralogia, química total e teor de ferro, que o perfil de alteração na superfície VI está evoluindo de ferruginoso a ferralítico, apresentando grau mais elevado de alteração na parte superior do perfil, até profundidade de 5 m. A formação e evolução desse perfil foi confirmada pela mineralogia de argila, identificando a atuação da reação química de

hidrólise parcial - monossilatização, pela perda parcial da sílica e o predomínio de caolinita (1:1). Foi interpretado na superfície VI a ação da etchplanação na evolução dessa superfície geomórfica, a partir da ação do intemperismo químico, com perda isovolumétrica da rocha gerando o aplainamento (PAISANI *et al.*, 2013).

Na mesma superfície VI (PAISANI *et al.*, 2008), porém mais para oeste, município de Campo Erê, foi estudada a cobertura superficial em cabeceira desconectada da rede de drenagem (BRAGAS, 2010). As características morfológicas e analíticas dos elementos ao longo dos setores *nose*, *side slope* e *hollow* possibilitaram reconhecimento de horizontes, volumes e depósitos pedogenéticos desenvolvidos em *in situ* no *nose* e *side slope*. As características morfológicas dos horizontes ao longo de *side slope* e *do nose* indicam evolução autóctone da cobertura, enquanto no *hollow* ocorrem dois níveis de depósitos coluviais diferenciados pela textura e pela cor. A presença de horizonte BCg no centro da cabeceira de drenagem indica que essa feição já foi depressão fechada. Os atributos químicos e físicos da cobertura superficial na cabeceira de drenagem apontam para Latossolo distrófico, passando de vermelho no *nose* a bruno avermelhado escuro no *side slope*. Os argilo minerais identificados na análise mineralógica dos materiais ao longo do *nose* e *side slope* indicam processo de hidrólise intensa, com predomínio de monossilatização. Pela ocorrência dominante de argilominerais do tipo caolinita e os índices obtidos pela química de rotina, a cobertura na cabeceira de drenagem enquadra-se como ferruginosa saturada (PAISANI *et al.*, 2013).

5. RESULTADOS

Para conhecer o estágio de intemperismo dos materiais do perfil de intemperismo estudado foi necessário buscar informações tanto das características morfológicas dos materiais, quanto dos atributos químicos, mineralógicos e da organização interna (micromorfologia). Sendo assim, os resultados são apresentados em tópicos, iniciando-se pelo estabelecimento das características morfológicas do perfil de alteração, através de seus atributos físicos e químicos, passando-se às características micromorfológicas de organização dos materiais.

5.1. CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS DO PERFIL DE ALTERAÇÃO

5.1.1. Atributos físicos

O perfil descrito apresenta 710 cm de material exposto, do topo à base (Figura 15), dos quais 450 cm correspondem ao pedon e o restante à rocha alterada (470 à 710⁺ cm) com estrutura conservada (saprolito). A alterita apresenta características de aloterita na conceituação de Delvigne (1998). Não foi possível examinar se a isoalterita está presente e, se afirmativo, qual sua extensão.

Do total do material exposto na seção, foi possível individualizar oito (8) volumes, cujas características físicas, obtidas a partir da descrição de campo (Anexo 1), e da análise granulométrica em laboratório, serão apresentados na sequência.

Nos primeiros 20cm de profundidade, o material apresenta estrutura granular fraca, de tamanho muito pequeno, com concentração de raízes passando de 40% nos 10 cm iniciais, para cerca de 20% aos 20cm (Figura 15). Observou-se em campo, o percentual de 50% de poros presentes, na sua maioria de origem biológica (raízes).

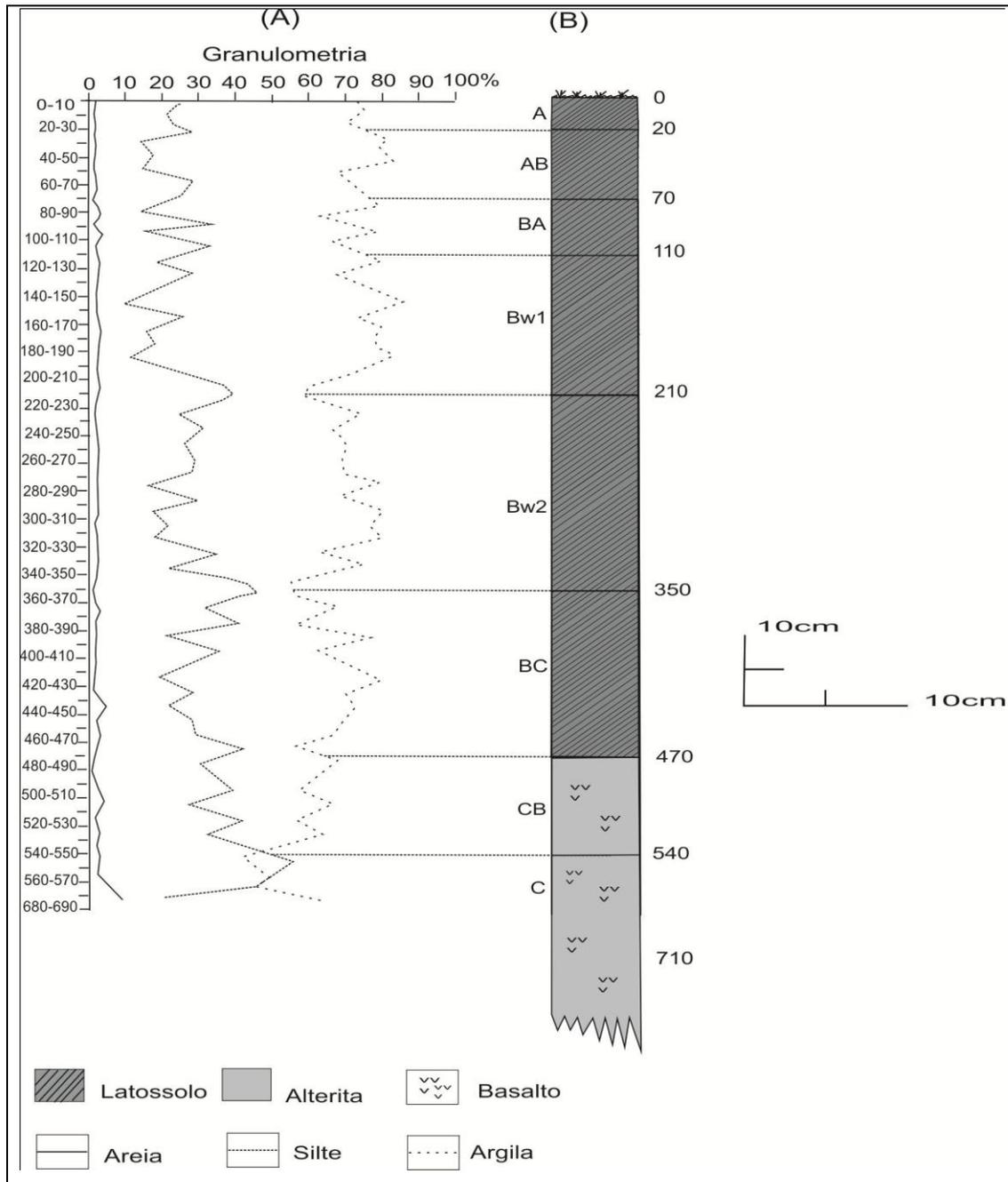


Figura 15: A) Comportamento granulométrico dos materiais no perfil descrito; B) Esboço representativo do perfil de intemperismo.

A cor é vermelho muito escuro (2.5YR 2.5/2) quando material está seco, passando a bruno avermelhado escuro (2.5 YR 2.5/3), quando úmido. A consistência mostra-se solta, tanto no material seco quanto úmido, apresentando-se ligeiramente pegajosa e não plástica (Quadro 1 e Anexo1). 1). A análise granulométrica do material neste volume mostrou teores de argila acima de 70%, com percentual de 40 % de silte, enquanto a areia se mantém com menos de 1% (Figura 15). Plotando-se esses percentuais no

diagrama textural verifica-se tratar-se de material com textura muito argilosa (Figura 16). As características físicas deste volume inicial, obtidas a partir da descrição de campo, indicam tratar-se de horizonte A (Figura 17). A transição para o horizonte subjacente é clara, marcada pela redução significativa de raízes (Quadro 1).

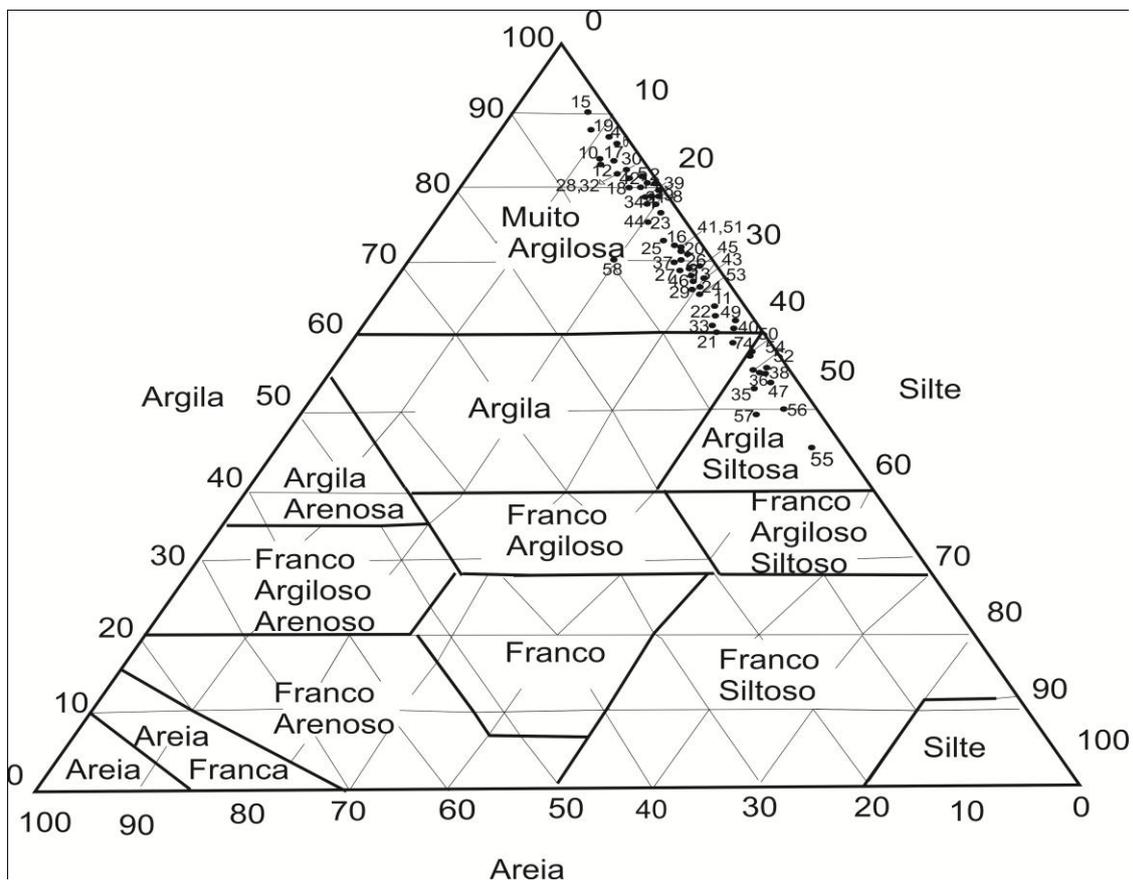


Figura 16 – Classes texturais do material analisado, segundo diagrama textural do Sistema Americano de Solos (SANTOS *et al.*, 2013).

Entre 20 e 60 cm de profundidade (Figura 15) o material apresenta semelhança da maioria das características físicas observadas no horizonte A (Quadro 1). Apenas ocorre mudança do tipo da estrutura, variando para subangular, embora ainda mostre-se pequena e de resistência fraca, e diminuição na concentração de raízes (Quadro 1; Anexo 01). Observa-se aumento nos percentuais de argila e diminuição de silte (Figura 15), permanecendo textura muito argilosa (Figura 16). Aqui neste volume a estrutura passa para blocos subangulares, indicando tratar-se de material transicional entre A e B, ainda que predominem as características do horizonte A. Neste caso denomina-se de

Quadro 1: Características dos atributos físicos dos materiais.

Prof. (cm)	Cor		Estrutura			Consistência			Transição Horizontes		Cerosidade		Macroporos		Raízes
	Seca	Úm	Tipo	Tam	Res	Seco	Úm	Mol	Grau	Forma	Des	Quant	Tam	Quant	
0-20	2.5YR 2.5/2	2.5YR 2.5/3	Gr	MP	Fr	So	So	LPe/NPI	Cl	Pn	Fr	Po	MP	MtP	40%
20-60	2.5YR 2.5/2	2.5YR 2.5/3 a 3/4	Sb	P	Fr	So	So	LPe/NPI	Gd	Pn	Fr	Po	MP	MtP	10%
60-110	2.5YR 3/3 a 3/4	2.5YR 3/3 a 3/4	Sb	P	Fr	Ma	So	LPe/NPI	Gd	Pn	Fr	Po	MP	Cm	1%
110-210	2.5YR 3/6	2.5YR 3/4	Sb	P	Fr a Mo	Ma	MFr	LPe/NPI	Gd	Pn	Fr	Po	MP	Cm	---
210-350	2.5YR 3/3 a 10R 3/6	2.5YR 3/4 a 10R 3/4	Sb	P	Fr	Ma	MFr	Pe/LPI	Gd	Pn	Fr	Po	MP	Cm	---
350-470	2.5YR 3/6 a 10R 3/6	2.5YR 4/6 a 10R 3/4	Sb	P	Fr a Mo	Ma	MFr	LPe/ LPI a NPI	Gd	Pn	Fr	Po	MP	Cm	---
470-540	2.5YR 4/6 a 10R 4/8	2.5YR 4/4 a 10R 4/8	Sb	P a M	Fo	D	Fi	Pe/PI	Gd	Pn	---	---	MP	Po	---
540-710 ⁺	10R 4/8	10R 4/6	A	M	Fo	D	Fi	Pe/PI	Cl	Pn	---	---	MP	Po	---

Gr: granular; Sb: blocos subangulares; A: blocos angulares; MP: muito pequeno; P: pequeno; M: média; Fr: fraca; Mo: moderada; Fo: forte; So: solta; Ma: macia; D: dura; MFr: muito friável; Fi: firme; LPe: ligeiramente pegajosa; Pe: pegajosa; NPI: não-plástica; LPI: ligeiramente plástica; PI: plástica; Cl: clara; Gd: gradual; Pn: plana; Po: pouco; MtP: muitos poros; Cm: Comuns

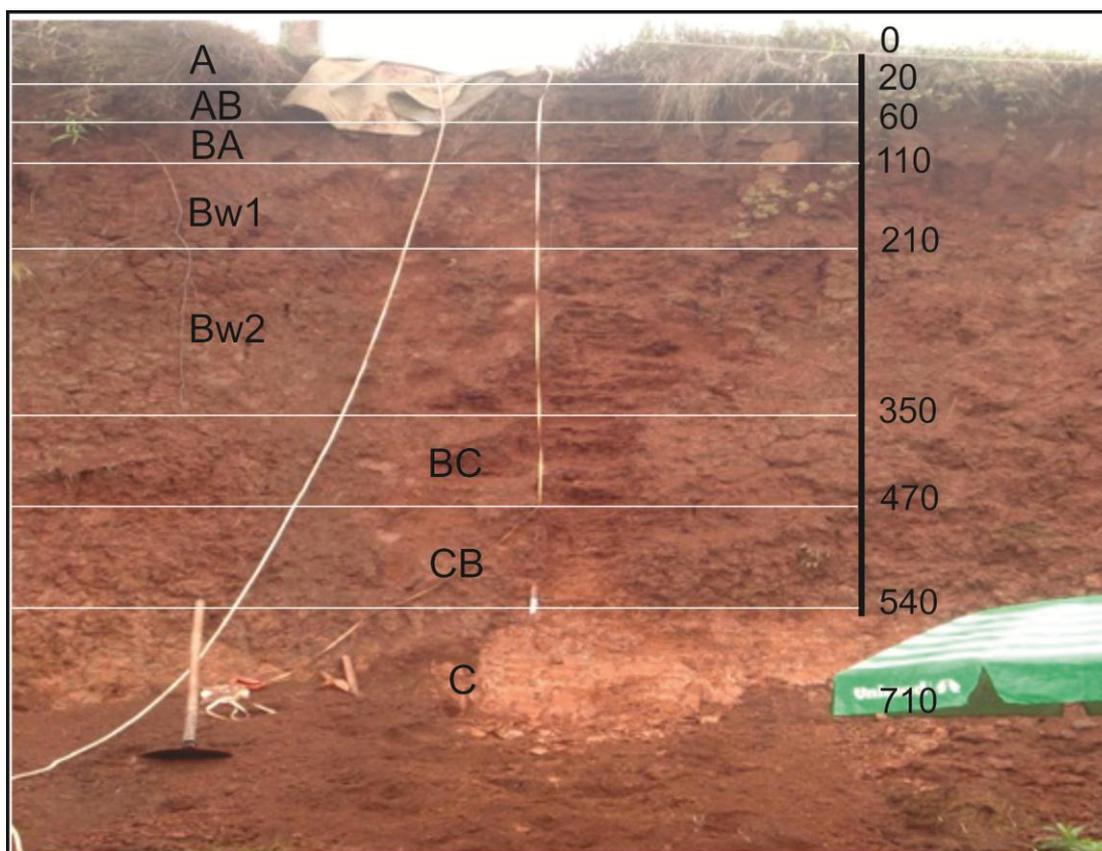


Figura 17: Perfil de intemperismo descrito na superfície geomorfológica V, Clevelândia (PR).

horizonte AB (Figura 17). A transição para o volume inferior é gradual pela diminuição gradativa de raízes e pela cor.

No volume subjacente, individualizado entre 60 e 110 cm de profundidade (Figura 15), tem-se praticamente o desaparecimento das raízes (Quadro 1). A estrutura e a consistência mantêm-se igual ao sobrejacente (20-60 cm), apenas observando-se variação na cor do material quando úmido. Essa se mantém vermelho muito escuro (2.5YR 3/3 a 3/4) quando seca, passando a bruno avermelhado escuro (2.5 YR 3/4), quando molhada (Quadro 1; Anexo 1). Observa-se comportamento uniforme dos percentuais de areia, silte e argila (Figura 15) no volume, mantendo-se a textura muito argilosa (Figura 16). A diminuição significativa de raízes, a mudança do valor e croma na cor e a uniformidade no comportamento textural indicam tratar-se de material correspondente a horizonte transicional BA (Figura 17). Transição gradual para o volume subjacente pelo aumento da resistência da estrutura.

Entre 110 e 210 cm de profundidade individualiza-se volume cuja agregação do material mantém-se em blocos subangulares, pequenos, porém com resistência passando

de fraca a moderada (Quadro 1). A consistência mantém macia quando o material está seco, passando a muito friável quando úmido. A plasticidade e pegajosidade não variam em relação aos horizontes sobrejacentes (Quadro 1). A cor predominantemente varia de vermelho escuro (2.5YR 3/6) quando seca a bruno avermelhado escuro (2.5 YR 3/4) quando molhada (Quadro 1). A textura se mantém muito argilosa (Figura 16). De modo geral, as características observadas indicam tratar-se de material correspondente a horizonte B. A consistência macia quando seca e muito friável quando solta pode ser indício de características latossólicas, pois a sílica (SiO_2) e as bases trocáveis (em particular Ca, Mg e K) são removidas do sistema, levando ao enriquecimento com óxidos de ferro e de alumínio que são agentes agregantes, dando à massa do solo esta característica física (EMBRAPA, 2006). Essa inferência será verificada com os dados da química de rotina, apresentada no item 5.1.2.1. A transição para o volume inferior é gradual, marcada especialmente pela cor passando a vermelho mais escuro.

Nas profundidades entre 210 a 350 cm (Figura 15), observou-se a continuidade das características físicas já destacadas no volume sobrejacente, exceto pela consistência molhada que passa a pegajosa e ligeiramente plástica (Quadro 01; Anexo 1), bem como pela cor passando a vermelho escuro (10R 3/4 3/3), ainda que, em geral, se mantenha bruno avermelhada (2.5 YR 4/4). A variação de cor para vermelho escuro e a mudança para material pegajoso e ligeiramente plástico, bem como uma leve tendência a diminuição na fração argila (Figura 15), embora a classe textural mantenha-se, em geral muito argilosa (figura 16), levaram a subdivisão do horizonte B (Figura 17).

O volume subjacente, 350a 470 cm de profundidade, é marcado especialmente pelo domínio da cor vermelho escuro (10R 3/4), resistência moderada da estrutura e consistência plástica, quando molhado (Quadro 01; Anexo 1). Mantêm-se a tendência de diminuição da fração argila e, conseqüentemente, aumento do silte (Figura 17), embora ainda constitua-se em textura muito argilosa (Figura 16). O ligeiro aumento do percentual da fração silte no material permitiu a interpretação deste volume como sendo transicional para o horizonte C, no caso um horizonte BC (Figura 15).

Entre 470 e 540 cm de profundidade, a cor volta a se apresentar entre bruno avermelhado (2.5 YR 4/6) a bruno avermelhado escuro (10 R 4/8), a consistência é dura quando seco, firme quando o material é úmido e pegajoso e plástico, quando molhado (Quadro 1; Anexo 1). Observa-se diminuição gradativa e suave dos teores de argila e

conseqüente aumento do silte (Figura 15), resultando em textura argilosa (Figura 16). O aumento de silte, estando neste volume entre 30 e 40%, indica tratar-se de horizonte transicional, passando para CB (Figura 17). A transição para o volume inferior é clara a partir da cor.

De 540 cm até a base do material exposto na janela (Figura 13) observa-se cor predominante vermelho (10R 4/8 a 4/6), estrutura angular moderada e de grau forte. Mostra-se duro quando seco, passando a firme, com umidade, e plástico e pegajoso, quando molhado. A classe textural individualiza-se como argilosa (Figura 16), com diminuição geral da argila e aumento do silte e areia (Figura 15). Esse aumento é mais expressivo a partir de 570 cm de profundidade. Esse volume se constitui no horizonte C, mostrando-se como aloterita, de acordo com a conceituação de Delvigne (1998).

5.1.2. Atributos químicos

5.1.2.1 A química de rotina

A análise química de rotina efetuada compreendeu a determinação dos macronutrientes, incluindo: cátions trocáveis (Ca, K, Na e Al); acidez potencial ($H^+ + Al^3$); c) fósforo assimilável e d) pH em água. Essa análise visou obter os diagnósticos do pedon, de modo a classificar o solo conforme os critérios do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2006).

Os valores químicos obtidos a partir da química de rotina (macronutrientes) indicam pH aumentando do topo para a base do perfil, ainda que se mantenha na faixa de pH com valores inferiores a 5,5, o que caracteriza um solo ácido pelos critérios da Embrapa (2006). A soma de bases mostra o mesmo comportamento de diminuição do horizonte A para o AB, mantendo-se constante a partir dos 20 cm de profundidade. Já a saturação em bases aumenta em profundidade, com maiores índices nos volumes correspondentes ao horizonte B, embora muito abaixo dos 20% (Quadro 2). Esses valores indicam, também, solo muito ácido. Pelas características físicas apresentadas, especialmente a cor vermelho muito escuro (2.5 YR 2.5/3), juntamente com os valores da química de rotina, é possível interpretar o horizonte A como moderado em termos de características diagnósticas (EMBRAPA, 2006).

Na profundidade correspondente ao horizonte B do perfil de alteração, entre 110 e 350 cm de profundidade, percebe-se além do comportamento do pH e das bases, a saturação em bases (%V) com aumento expressivo neste horizonte B, porém ainda muito abaixo dos 20% (Quadro 2).

Quadro 2: Análise química de rotina - macronutrientes.

Prof.	pH	SB	CTC(t)	CTC	Al	V	m	P-Rem
cm		cmolc/dm ³				%		mg/L
10-20	4,8	0,25	2,75	17,38	2,5	1,45	90,91	19,58
30-40	5,0	0,22	2,32	15,55	2,1	1,42	90,52	17,11
60-70	5,1	0,22	1,72	13,94	1,5	1,55	87,21	18,32
140-150	5,4	0,22	0,52	5,27	0,3	4,09	57,69	17,71
240-250	5,5	0,22	0,62	4,74	0,4	4,54	64,52	15,35
370-380	5,0	0,22	1,42	6,52	1,2	3,3	84,51	11,37

Prof = profundidade; SB = soma de bases trocáveis; CTC = capacidade de troca catiônica a pH 7,0; CTC(t)= capacidade de troca catiônica efetiva; V = saturação por bases; m = saturação por alumínio; P-Rem= fósforo remanescente.

Isso indica solo de caráter distrófico (EMBRAPA, 1999; 2006). Já o índice de saturação por alumínio (m) é maior que 50% em todo o perfil, o que caracteriza um solo com caráter alumínico (EMBRAPA, 2006). Os valores da CTC diminuem muito nas profundidades do horizonte B, indicando trata-se de material muito intemperizado quimicamente.

Os atributos físicos do horizonte B (Quadro 1), associados aos valores observados pela química de rotina (Quadro 2), indicam tratar-se de um horizonte com elevado grau de intemperismo que, do ponto de vista diagnóstico pode ser interpretado como B latossólico, segundo determinações da EMBRAPA (2006).

5.1.2.2 Análise total das argilas pelo ataque sulfúrico

A análise total das argilas pelo ataque sulfúrico consiste na dissolução das partículas finas do solo em solução de ácido sulfúrico. Os resultados do ataque sulfúrico representam os teores totais dos elementos mais comuns presentes na composição química da fração argila, incluindo tanto os óxidos de mobilidade alta (SiO₂) quanto baixa (Al₂O₃ e Fe₂O₃). Esses teores totais permitem obter os índices de intemperismo, conhecidos como Ki e Kr (MONIZ, 1975; LEPSH, 2011).

O índice Ki é representado pela relação molecular $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$, sendo utilizado para estabelecer o limite entre materiais muito ($\text{Ki} < 2,0$) e pouco ($\text{Ki} > 2,0$) intemperizados. Este índice é uma referência no diagnóstico de horizontes latossólicos ($\text{Ki} < 2,2$) (EMBRAPA, 2006). Já o índice Kr representa a relação molecular $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3+\text{Fe}_2\text{O}_3$, sendo usado para individualizar materiais cauliníticos ($\text{Kr} > 0,75$) de oxídicos ($\text{Kr} < 0,75$) (IBGE, 2005).

Observando-se os valores apresentados no tratamento das argilas pelo ataque sulfúrico (Quadro 3), percebe-se $\text{Ki} < 1,5$ nos materiais do topo até profundidade de 350 cm. Para Moniz (1975) valores de Ki inferiores a 1,8 indicam que parte do alumínio do solo encontra-se livre na forma de óxidos. Nos volumes CB e C o índice Ki mostra-se $> 2,0$ sugerindo presença de argilominerais secundários do grupo das esmectitas (MONIZ,1975).No entanto, de modo geral os índices Ki, no perfil de intemperismo estudado, indicam material muito intemperizado, do tipo latossólico.

Quadro 3: Teores dos elementos e relações moleculares da fração argila no perfil de intemperismo.

Prof. (cm)	%SiO ₂	%Al ₂ O ₃	% Fe ₂ O ₃	%TiO ₂	% P ₂ O ₅	Ki	Kr
40-50	17,85	24,38	19,92	4,986	0,154	1,24	0,82
140-150	20,70	26,25	20,82	6,036	0,166	1,34	0,89
240 – 250	21,95	26,98	20,47	5,409	0,170	1,38	0,93
340 – 350	23,68	27,81	20,81	5,292	0,158	1,45	0,98
450 – 460	27,96	23,48	24,87	5,238	0,136	2,02	1,21
540 – 550	29,60	23,36	24,79	5,265	0,146	2,15	1,28

Os valores do índice Kr, no perfil, mostram aumento gradativo para a base, sendo em todas as profundidades maiores do que 0.75 (Quadro 3). Esses índices indicam materiais cauliníticos(MELLO *et al.*, 1995), porém não oxídicos ($\text{Kr} < 0,75$).

Analisando-se os teores do óxido de ferro no perfil percebe-se aumento gradativo em profundidade (Quadro 3). Segundo EMBRAPA (1999; 2006), solos com teores de óxidos de ferro entre 180 a 360 g/kg¹, respectivamente 18 a 36%, são considerados férricos. Logo, o material do perfil corresponde a LatossoloDistroférrico.

5.1.2.3. Os teores de ferro livre (fe_d), total (fe_t) e amorfo (fe_o)

A determinação dos teores de ferro (livre, total e amorfo) constitui parâmetro mineralógico que auxilia na identificação do estágio de evolução mineralógica dos materiais em perfis de alteração (CONSTANTINI *et al.*, 2006; TSAI *et al.*, 2007; ALLEONI *et al.*, 2009; KÄMPF *et al.*, 2012).

Foram selecionadas amostras representativas dos horizontes do perfil de intemperismo, exceto do horizonte A, correspondendo às mesmas profundidades em que foram determinados os outros parâmetros mineralógicos e químicos. Com base nos teores obtidos para ferro livre (Fe_d), ferro total (Fe_t) e ferro amorfo (Fe_o) se estabeleceram as razões: a) Fe_d/Fe_t , que permite estimar a intensidade de intemperização do material (Kämpfet al., 2012); b) Fe_o/Fe_d , que mostra a concentração de minerais de ferro mal cristalizados em relação aos teores de ferro bem cristalizados (Alleoniet al., 2009); c) Fe_d-Fe_o/Fe_t , que índia o estágio de intemperismo dos materiais (Tsaiet al., 2007).

O ferro de alta cristalinidade (Fe_d) mostra-se com teores médios ao longo de todo o perfil, apresentando maiores percentuais nos horizontes BC, CB e C e menores entre os horizontes BA e Bw2 (Quadro 4). Ainda que o intervalo de menor valor do Fe cristalino coincida com o horizonte B, esses valores associados aos resultados dos difratogramas de raios-X, permitem deduzir que, nesta profundidade, o ferro cristalino decorre de processos pedogênicos.

Quadro 4: Teores de ferro e respectivas razões

Hor	Prof (cm)	Arg %	Teores de Ferro (%)			Razões de Ferro			
			Fe_d	Fe_o	Fe_t	Fe_o/Fe_d	Fe_d/Fe_t	$\frac{(Fe_d - Fe_o)}{Fe_t}$	Fe_t / arg
AB	20-70	77	13,15	0,36	12,80	0,027	1,027	0,999	0,17
BA	70-110	73	10,39	0,42	13,33	0,040	0,780	0,748	0,18
Bw1	110-210	76	11,73	0,33	12,94	0,028	0,906	0,881	0,17
Bw2*	210-350	71	11,69	0,30	14,30	0,025	0,817	0,796	0,20
Bw2**	210-350	71	10,21	0,28	13,44	0,027	0,760	0,739	0,19
BC	350-470	67	13,39	0,19	14,62	0,014	0,916	0,903	0,22
CB	470-540	63	12,80	0,16	16,52	0,012	0,775	0,765	0,26
C	540-710 ⁺	51	13,22	0,10	16,27	0,007	0,806	0,806	0,32

Hor: horizontes; Prof: profundidade, Arg: argila; Fe_d : ferro livre ; Fe_o : ferro amorfo; Fe_t : ferro total. Em função da espessura, foram coletadas duas amostras no horizonte Bw2: * 220-230 cm; ** 320-330 cm.

O ferro amorfo (Fe_o) mostra diminuição gradativa em profundidade, com menores percentuais a partir da transição do horizonte B para o C (Quadro 4). No geral são teores considerados baixos para o ferro de baixa cristalinidade e, por estarem abaixo de 0,57%, indicariam fase inicial de desenvolvimento de perfil de intemperismo do tipo laterítico (Bechet *al.*, 1997).

As razões de Fe_o/Fe_d (ferro amorfo/ferro cristalino) apresentam-se, em geral, baixas em todo o perfil, com decréscimo maior no horizonte C (Quadro 4), o que indica grau relativamente maior de cristalinidade na base do perfil de intemperismo. Ao analisar procedimentos de extração dos óxidos de ferro pedogênicos em várias amostras de latossolos, Inda Junior e Kämpf (2003) ressaltam que valores de Fe_o/Fe_d menores do que 0,05% indicam óxidos predominantemente cristalinos, naquele caso condizentes com a natureza latossólica das amostras tratadas. No perfil estudado, os parâmetros físicos e os atributos da química de rotina já indicaram tratar-se de uma cobertura do tipo latossólica, o que se confirma com os parâmetros da razão ferro amorfo/ferro cristalino que se mostram, predominantemente, abaixo de 0,028% (Quadro 4).

Os valores de Fe_d/Fe_t indicam o grau de transformação dos silicatos contendo Fe^{++} em óxidos de Fe^{+++} , por isso sendo usados para auxiliar na estimativa do grau de intemperismo dos materiais. Para Inda Junior e Kämpf (2003) valores entre 0,68 a 0,87% indicam predomínio de óxidos de ferro pedogenéticos, o que para Torrentet *al.* (1980) valores acima de 0,80 indicam materiais com grau intenso de intemperismo. No perfil analisado os horizontes AB, Bw1 e topo do Bw2 apresentam valores acima de 0,80% (Quadro 4), o que permite deduzir estágio mais avançado de intemperismo nesses horizontes.

Apesar da razão Fe_d/Fe_t indicar estágio mais avançado do intemperismo, os valores de Fe_d-Fe_o/Fe_t mostram teores médios, todos acima de 0,75% (Quadro 4). Isso pode indicar que, apesar de estar muito intemperizado, o estágio de intemperismo e/ou a idade do perfil de intemperismo estudado não é tão avançado (Torrentet *al.*, 1980; Tsai *et al.*, 2007).

5.1.2.4. Os teores dos 10 principais óxidos (fluorescência raios X)

A determinação dos dez (10) principais óxidos da fração sólida do perfil de intemperismo, também denominada análise química total, foi realizada a partir da

técnica de fluorescência de raios-X, com objetivo de demonstrar o estágio de intemperismo dos materiais a partir da análise da perda dos óxidos móveis. Utilizou-se os índices de intemperismo de Kronberg&Nesbitt (1981) para o estabelecimento dos índices: A) $\text{SiO}_2 + \text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} + \text{CaO} / \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{SiO}_2 + \text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} + \text{CaO}$ e B) $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} + \text{CaO} / \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} + \text{CaO}$ (Quadro 5).

Quadro 5: Percentuais dos principais óxidos e índices de intemperismo

Composição Química Total %									
Hor	AB	Bw1	Bw1 (Base)	Bw2	Bw2 (base)	BC	CB	C	PGB*
Prof. (cm)	40-50	140-150	200-210	290-300	340-350	450-460	540-550	680-690	
SiO₂	28,44	29,08	29,16	28,56	29,46	31,32	35,74	33,22	51,18
TiO₂	6,121	6,085	6,249	5,774	5,498	5,360	3,646	2,747	2,41
Al₂O₃	28,55	30,00	29,63	29,96	30,93	26,55	27,70	28,03	12,39
Fe₂O₃	19,84	20,69	20,76	20,91	20,41	25,45	21,30	24,03	15,79
MnO	0,098	0,098	0,101	0,094	0,092	0,140	0,071	0,051	0,24
MgO	0,16	0,09	0,10	0,08	0,08	0,08	0,30	0,05	4,58
CaO	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	8,80
Na₂O	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	2,41
K₂O	0,15	0,15	0,14	0,16	0,16	0,06	0,02	0,01	1,18
P₂O₅	0,183	0,198	0,199	0,187	0,176	0,254	0,227	0,335	0,27
Loi	17,26	13,82	13,71	13,68	13,49	11,30	11,37	11,77	0,95
Índices de Intemperismo pelas relações moleculares									
A	0,63	0,62	0,62	0,62	0,62	0,67	0,69	0,67	---
B	0,007	0,007	0,007	0,007	0,305	0,004	0,003	0,002	---
Ki	0,10	0,97	0,98	0,95	0,95	1,18	1,29	1,18	---
Kr	0,59	0,57	0,58	0,56	0,57	0,60	0,73	0,69	---

* PGB: parâmetros gerais para rocha basáltica, conforme Paisaniet al. (2008).

Também foram efetuados os cálculos dos índices Ki e Kr, a partir das relações moleculares dos elementos menos e mais móveis, pela química total da fração sólida do perfil de intemperismo (MONIZ, 1975). Esses cálculos foram efetuados a título de comparação com os índices Ki e Kr estabelecidos a partir do ataque sulfúrico à fração fina do perfil de alteração.

De modo geral, observando-se o comportamento dos valores obtidos pela determinação química total dos principais óxidos, é possível destacar a perda da sílica (SiO₂) em relação aos valores considerados padrão para a rocha do tipo basalto (Quadro 5). Essa perda decresce de forma gradativa em profundidade, o que mostra maior

intensidade de lixiviação da sílica nos horizontes pedogenéticos AB, Bw1 e Bw2, e perda mais lenta a partir do BC. Essa variação dos percentuais do óxido de silício (SiO_2) indica tratar-se da atuação de intemperismo hidrolítico com remoção apenas parcial da sílica (MELFI & PEDRO, 1977; MELFI *et al.*, 1978; THOMAS, 1994; DUCHAUFOR, 1982; 1997).

Além da sílica, observa-se nos valores da química total lixiviação acentuada dos cátions básicos, sendo praticamente total para os óxidos de cálcio (CaO), sódio (Na_2O) e magnésio (MgO). O óxido de potássio, apesar das perdas, mostra teores pequenos que se mantém em todo o perfil de alteração, inclusive relativamente mais elevados nos horizontes A e B (Quadro 5). O potássio ainda presente no perfil provavelmente corresponde à constituição dos argilominerais 2:1 e as perdas dos cátions para a alteração de rochas ígneas, indicam que a hidrólise parcial é do tipo monossilicização (MELFI & PEDRO, 1977; MELFI *et al.*, 1978; THOMAS, 1994; DUCHAUFOR, 1982; 1997).

Os óxidos considerados insolúveis em ambiente hidrolítico (Al_2O_3 , Fe_2O_3 e TiO_2) confirmam essa característica no perfil de alteração estudado, mostrando ganho relativo em relação aos valores considerados padrão para substrato basáltico (Quadro 5). Alumínio e titânio apresentam teores superiores nos horizontes pedogeneizados, A e B, diminuindo em profundidade, enquanto o ferro mostra maiores teores nos horizontes BC e C. É possível que os menores valores nos teores de ferro na superfície tenham relação com a dissolução pela ação dos compostos orgânicos (KÄMPF *et al.*, 2012). Em se tratando do conteúdo de ferro observa-se variação no perfil entre 19 e 24%, indicando caráter férrico da alteração (MELFI e PEDRO, 1977). Esta característica também é indicada nos resultados da análise total das argilas pelo ataque sulfúrico. Em termos de características pedogeoquímicas o perfil de intemperismo estudado mostra intemperismo relativamente intenso, porém não total o que permite individualizar como transição entre o fersialítico e o ferralítico. No caso, os materiais do perfil mostram-se com características ferruginosas (DUCHAUFOR, 1982; 1997).

O índice de intemperismo (A) apresenta aumento relativo em profundidade, acompanhando o aumento da sílica nos horizontes BC, CB e C (Quadro 5), o que indica maior ação do intemperismo nos horizontes superficiais. O índice de intemperismo (B)

mostra-se constante até a base do horizonte Bw2, acompanhando os teores de alumínio e bases no perfil, indicando também maior intensidade do intemperismo nos horizontes A e B. Essa tendência também se verifica nos valores de Ki e Kr (Quadro 5).

Se compararmos os teores obtidos para o perfil de intemperismo localizado na superfície geomórfica VI (Mariópolis), situado a 880 m de altitude (Rodrigues, 2011), com o perfil da superfície V (Clevelândia), situado a 970 m de altitude, ambos submetidos ao mesmo regime pluviométrico e evoluídos sob mesmo substrato geológico, verifica-se semelhanças com o comportamento geoquímico dos principais óxidos. A exceção ocorre com o óxido de silício que na superfície V (Clevelândia) mostra-se com teores gerais mais elevados e aumentando em profundidade, o que no perfil da superfície VI se dá ao contrário.

5.2 A ORGANIZAÇÃO MICROMORFOLÓGICA DOS MATERIAIS

A análise micromorfológica de materiais do perfil de solo é utilizada para auxiliar na identificação dos horizontes. Foram analisadas ao todo 6 (seis) lâminas (figura 14) das quais uma correspondente ao horizonte AB, duas ao Bw1, duas ao Bw2 e uma lâmina ao horizonte BC. A organização micromorfológica dos materiais no horizonte C e da rocha não foi apresentada em virtude das lâminas correspondentes a estes materiais não terem, ainda, sido entregues pelo laboratório. Sendo assim, apresenta-se aqui apenas a análise micromorfológica dos horizontes AB, Bw1, Bw2 e BC.

5.2.1 Horizonte AB

O horizonte AB corresponde a um material pédico com pedalidade de fraca a moderada. Os pedes apresentam-se subarredondados com textura ondulada e seus limites são fracos com nitidez difusa e contraste fraco. Apresenta distribuição relativa porfírica aberta, cujo esqueleto e poros distribuem-se em matriz de material mais fino (Figura 18 – A e B). Os principais componentes encontrados são o plasma, poros e o esqueleto. A frequência de plasma é cerca de 45%, 35% de poros e 20% de esqueleto.

O plasma apresenta cor natural variando entre vermelho escuro (2,5YR 3/6) e vermelho amarelado (5YR 4/6) à vermelho escuro (2,5YR). Essas cores indicam

concentração e remobilização de ferro. Sob luz polarizada observa-se orientação manchada e estrutura assépicasilassépica, com distribuição relativa porfírica aberta.

Predominam macroporos com paredes lisas, denominados ortoporos, com distribuição aleatória (Figura 18 – A, B) e morfologia tipicamente planar (rachaduras), com presença de alguns orto-cavitários. Esses macroporos demonstram gênese ligada a processos pedogenéticos. Os agregados em torno das rachaduras estão parcialmente acomodados.

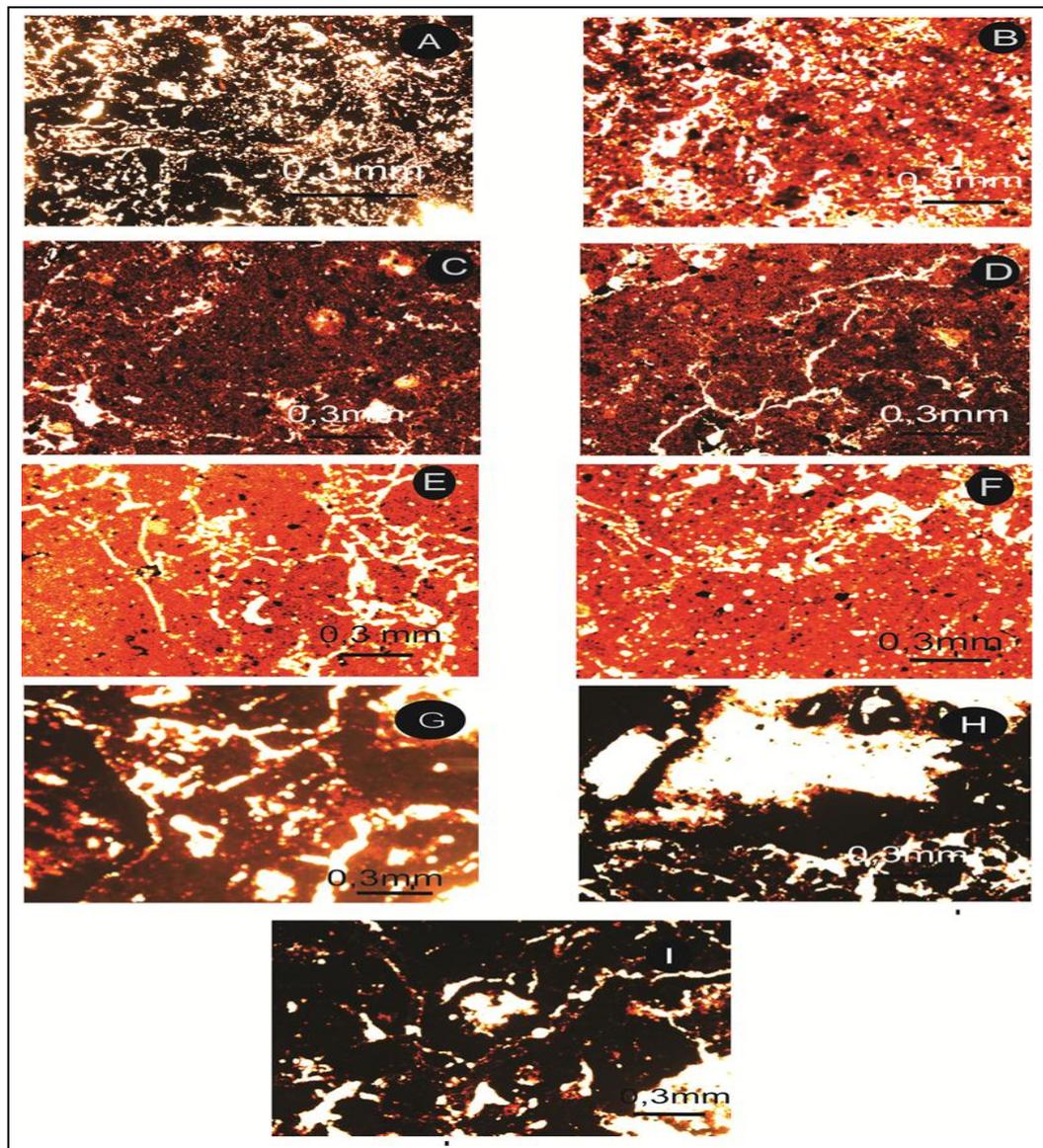


Figura 18: Imagens micrográficas dos horizontes AB (A, B), Bw1 (C, D), Bw2 (E, F) e BC (G, H, I), com lente 4x e luz natural.

O esqueleto possui dimensão predominantemente de areia fina, cuja mineralogia é composta por nódulos de ferro e grãos de quartzo. A distribuição de base e a orientação são aleatórias, sem distribuição referida (Figura 18 – A, B). Os grãos são subarredondados asubangulares.

5.2.2 Horizonte Bw1

No topo do horizonte Bw1, profundidade de 120-130 cm, registra-se características semelhantes a do horizonte AB, com limites dos pedes passando para moderados, a nitidez clara e o contraste distinto. A frequência passa a ser de 50% de plasma, 35% de poros e 15% de esqueleto.

O plasma apresenta cor natural vermelho escuro (2,5YR 3/6). Os poros passam a mesoporos com distribuição agrupada e orientação não referida. A morfologia predominante é do tipo planar – fissuras, indicando origem pedogenética (Figura 18 – C; D). Os agregados em torno das fissuras continuam parcialmente acomodados.

Já na base desse horizonte, profundidade 190-200 cm, a frequência de plasma aumenta para 60% e o esqueleto diminui para 10%, com porosidade em torno de 30%. Os poros passam a ter a rugosidade ou alisamento das paredes classificada como ortoporos. Sua distribuição é aleatória e a morfologia predominante é do tipo meta cavitária, com presença de alguns intergranulares complexos. O esqueleto passa a ter dimensão areia muito fina (Figura 18 – C, D).

5.2.3 Horizonte Bw2

O horizonte Bw2 mostra material pédico, com pedalidade moderada dos agregados. Os pedes apresentam-se subarredondados, textura ondulada e seus limites possuem nitidez clara e contraste distinto. A distribuição relativa é porfírica aberta. Observa-se frequência de 52% de plasma, 33% de poros e 15% de esqueleto (Figura 18 – E, F).

O plasma apresenta cor natural vermelho amarelado (5YR 4/6). Sob luz polarizada a orientação é manchada e a estrutura assépica silassépica. A distribuição relativa é porfírica aberta.

Os poros possuem dimensão de mesoporos, com paredes que não demonstram nenhum tipo de alisamento, o que permite classificá-los como ortoporos. Sua distribuição é aleatória e a orientação não referida. A morfologia é planar, do tipo

rachaduras, com presença de algumas cavidades-orto (Figura 18 – E, F). Os agregados em torno das rachaduras mostram-se parcialmente acomodados.

O esqueleto possui dimensão areia muito fina. Sua mineralogia é composta por nódulos de ferro, grãos de quartzo e também pequenos nódulos escuros que, possivelmente, constituam grãos de ilmenita/magnetita (Figura 18 – E, F). A distribuição de base e a orientação são aleatórias e não possui distribuição referida. Quanto ao grau de arredondamento e esfericidade classificam-se como ondulados, comexoscopia do tipo ondulada.

Minerais tipo magnetita (Fe_3O_4) e ilmenita (FeTiO_3) apresentam ocorrência comum em rochas ígneas, geralmente como grãos pequenos, possuindo como uma das características a sua grande resistência ao intemperismo, o que explica sua presença na fração esqueleto.

Na base do horizonte Bw2, 350-360 cm de profundidade, observou-se somente mudança de plasma, com leve diminuição para 50%, o esqueleto se mantém em 15% e a porosidade aumenta para 35%. A pedalidade passa a se mostrar fraca a moderada, com os pedis parcialmente acomodados.

5.2.4 Horizonte BC

O horizonte BC apresenta características semelhantes às observadas no horizonte Bw2, apenas com diminuição do plasma para 48%, aumento da porosidade para 40% e do esqueleto para 22%.

O plasma passa a mostrar cor natural vermelho muito escuro (10R 3/4). A dimensão predominante dos poros passade meso a microporos, eo esqueleto mostra-se como areia fina. A mineralogia do esqueleto continua composta por minerais similares aos dos horizontes anteriores, predominantemente nódulos de ferro e grãos de quartzo (Figura 18 – G, H, I).

Em geral, os latossolos são solos considerados muito evoluídos do ponto de vista geoquímico, em função do elevado estágio de intemperismo decorrente de acentuadas transformações ocorridas na mineralogia do material parental. Do ponto de vista micromorfológico os latossolos típicos caracterizam-se por apresentar trama porfírica extremamente aberta. No perfil analisado observa-se início da organização em trama mais aberta.

No fundo matricial, constata-se aumento na concentração de plasma nos horizontes Bw1 e Bw2 (Figura 18 – C, D, E e F), próprio de horizontes do tipo B, e que remete a processo de intemperismo mais acentuado nesta profundidade. Já no horizonte BC observa-se aumento na quantidade de esqueleto, este componente aumenta em direção à base do perfil. Nota-se ainda em todos os horizontes a quantidade de esqueleto é inferior à do plasma, que é bem representativo nos horizontes Bw1 e Bw2.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A identificação de superfícies incompletamente aplainadas ao longo da Serra da Fartura com cobertura superficial, predominantemente, de perfis de alteração relativamente profundos, de Palmas (PR) para oeste (PAISANI *et al.*, 2008), bem como a identificação de perfil de alteração de origem autóctone na superfície VI (Mariópolis - PR) com características latossólicas (RODRIGUES, 2011), mostrou atuação do processo de etchplanação na evolução do relevo local (Paisani *et al.*, 2013). A partir desses resultados surge o questionamento se nas superfícies com altitudes entre 900 e 1000 m, as características e a intensidade do intemperismo se mantêm, a exemplo do que ocorre em superfícies abaixo de 900 m (PAISANI *et al.*, 2013).

Para verificar tal questionamento, selecionou-se perfil de alteração na superfície geomorfológica V (PAISANI *et al.*, 2008), localizado nas proximidades da cidade de Clevelândia (PR) e situado em posição morfológica de topo. Analisou-se o perfil de alteração a partir da descrição dos atributos físicos e químicos, bem como das características mineralógicas (mineralogia por raios-X, teores de ferro livre, total e amorfo, química total dos principais óxidos) e organização micromorfológica dos materiais.

Os resultados obtidos pela caracterização dos atributos físicos e químicos permitiram individualizar perfil de intemperismo com mais de 710 cm de profundidade, que mostra pedon com, aproximadamente, 450 cm de espessura e exposição de alterita superior a 250 cm. Ao longo desse material exposto observou-se oito (8) volumes que reúnem características específicas dos materiais passíveis de identificar os seguintes horizontes: A (0-20 cm), AB (20-70 cm), BA (70-110 cm), B (110-350 cm), BC (350-470 cm), CB (470-540 cm) e C (540-710⁺ cm).

Os primeiros 20 cm de profundidade caracterizam-se por horizonte A com estrutura granular fraca, de tamanho muito pequeno, com concentração de raízes passando de 40% nos 10 cm iniciais, taxa de saturação da base muito abaixo de 20% e cor vermelho muito escuro quando seco (2.5YR 2.5/2). Os valores da química de rotina indicam solo ácido (pH 4,8), baixa saturação por bases, alta saturação por alumínio, permitindo interpretar este horizonte como A moderado (EMBRAPA, 1999; 2006). A

transição é gradual para o horizonte AB, marcada pela variação da estrutura dos agregados.

Os horizontes transicionais entre A e B se distribuem dos 20 aos 110 cm de profundidade. O horizonte AB individualiza-se pela mudança da estrutura para blocos subangulares e se mostra até 70 cm, enquanto o BA (70 a 110 cm) se distingue pela variação da cor, tanto seca quanto úmida, para bruno avermelhado escuro (2.5YR 3/3 a 3/4).

A partir de 110 cm de profundidade tem-se a individualização do horizonte B, dividido em dois volumes. Entre 110 e 210 cm de profundidade é marcado pela estrutura pequena em blocos subangulares, de resistência fraca a moderada. A consistência é macia quando seco, passando a muito friável quando úmido, textura muito argilosa e cor predominantemente variando de vermelho escuro (2.5YR 3/6) quando seca a bruno avermelhado escuro (2.5 YR 3/4) quando molhada. A saturação em bases menor que 20%, indica caráter distrófico e a saturação em alumínio (maior que 50%) define caráter alumínico. Os valores da CTC abaixo de 17% mostram grau elevado de intemperismo, o que é também é mostrado pelos índices Ki (menor que 15%) e Kr (maior que 0,75). O conjunto dos atributos físicos e químicos mostra horizonte B com características de Latossolo Vermelho DistróficoÁlico. Estas características se mantêm em toda a extensão do horizonte B. A subdivisão deste (210-350 cm = Bw2) se dá pela leve variação de cor para vermelho escuro, pequena diminuição dos teores de argila e a mudança para material pegajoso e ligeiramente plástico.

A transição do horizonte B para o C é marcada por dois volumes. O volume correspondente ao BC, entre 350-470 cm de profundidade, individualiza-se pelo ligeiro aumento do percentual da fração silte no material. Já o volume do CB é definido pela mudança de cor para bruno avermelhado, por vezes bruno avermelhado escuro, e pelo aumento de silte, passando a mostrar percentuais de 30 a 40%, conseqüentemente textura argilosa.

O horizonte C, a partir de 540 cm de profundidade apresenta-se como aloterita (DELVIGNE, 1998), de cor vermelha (10R 4/8 a 4/6), estrutura subangular de grau forte e dura quando material é seco, e textura argilosa.

As características apresentadas pelos atributos físicos e químicos mostram pedon do perfil de intemperismo classificado como Latossolo Vermelho Distrófico com

caráter alumínico (Alico), de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (Embrapa, 1999; 2006). Comparado ao verificado por Rodrigues (2011) no perfil correspondente à superfície VI (Mariópolis - PR), verifica-se mesma classificação do ponto de vista de pedon no perfil de intemperismo da superfície V (Clevelândia – PR). A diferença deste para o perfil de Mariópolis é que não se identificou características típicas dos materiais na base do pedon.

Quanto ao estágio de intemperismo, em geral os latossolos são considerados solos com elevada atuação de intemperismo químico. O perfil de intemperismo estudado mostrou 710 cm de material alterado, dos quais 450 cm correspondem a material pedogeneizado, o que resulta em horizonte B com 240 cm de espessura. Os valores do K_i permitem classificar o material do perfil de intemperismo como muito intemperizados, com presença de materiais de natureza caolinítica ($K_r > 0,75$).

Os valores da química total mostram perda parcial da sílica, com decréscimo em profundidade, mais lento a partir do horizonte BC. A lixiviação mostra-se acentuada em relação aos cátions básicos, sendo total para o cálcio, sódio e magnésio. Há ganho relativo em relação aos óxidos considerados menos solúveis, como o alumínio, titânio e ferro. Esse comportamento demonstra maior ação do intemperismo nos horizontes superficiais, porém com redução da ação em profundidade. Isso não permite classificar o perfil como ferralítico. Desse modo, em termos pedogeoquímicos o perfil de intemperismo estudado mostra intemperismo intenso, porém não total, permitindo individualizar como transição entre o estado ferralítico e o ferralítico. No caso, teríamos um perfil com características ferruginosas (DUCHAUFOR, 1982; 1997).

Essas características apresentam semelhança de processo com as obtidas no perfil de intemperismo localizado na superfície geomórfica VI (Mariópolis), situado a 880 m de altitude (RODRIGUES, 2011). Essa informação, associada ao fato de que ambos os perfis se encontram submetidos ao mesmo regime pluviométrico e evoluídos sob mesmo substrato geológico, permite considerar que a evolução da superfície geomórfica V está ocorrendo a partir decomposição química do substrato basáltico em ambiente subtropical úmido. Isso confirma a ação da etchplanação no modelado do relevo regional (PAISANI *et al.*, 2013).

6. REFERÊNCIAS

ALBARÈDE, F. **Geoquímica – uma introdução**. Trad. Andrade, F.R.D. São Paulo: Oficina de Textos, 2011

ALLEONI, L.R.F.; CAMARGO, O.A. de; CASAGRANDE, J.C.; SOARES, M.R. **Química dos solos altamente intemperizados**. In: MELO, V.F & ALLEONI, L.R.F. (Eds) **Química e Mineralogia do Solo – Parte II: Aplicações**. Viçosa, SBCS, 2009, p.381-447.

ALEVA, G.J.J., 1994. **Laterites - Concepts, geology, geomorphology and chemistry**. International Soil Reference and Information Centre, Wageningen, 1-169.

ALMEIDA, F.F.M. 1956. **O Planalto basáltico da Bacia do Ontario**, p. 553-566. Paraná. *Boletim Paulista de Geografia*, 24: 03-34.

Banco de dados do museu de minerais da UNESP. Disponível em:// www.unesp.org.br/. Acesso em 31 março. 2014.

BHERING, S.B. e SANTOS, H. G. 2008. **Mapas de solos do Estado do Paraná**. Rio de Janeiro, EMABRAPA Florestas, EMBRAPA Solos. Instituto Agrônômico do Paraná, 74 p. 1 CD-ROM.

BIGARELLA, J. J.; BECKER, R. D.; PASSOS, E. **Estrutura e origem das paisagens tropicais e subtropicais**. 2 ed. Florianópolis: Editora da UFSC, 2007.

BIGARELLA, J. J. PASSOS, E. **Superfícies de Erosão**. In: CUNHA, S. B. da C. & GUERRA, A.J. T. (Org.). **Geomorfologia do Brasil**. Rio de Janeiro: Bertand Brasil, 2003. 3ª ed.

BIGARELLA, J. J. ; MOUSINHO, M. R.; SILVA, J. X. Pediplanos, pedimentos e seus depósitos correlativos no Brasil. **Boletim Paranaense de Geografia**, n. 16 e 17, 1965.

BIGARELLA, J. J.; BECKER, B. & DOS SANTOS. **A origem das paisagens tropicais e subtropicais**. Florianópolis: Edusfsc. 2003 v.3.

BIGARELLA, J. J.; BECKER, R. D.; SANTOS, G. F. **Estrutura e origem das paisagens tropicais e subtropicais**. Florianópolis: Ed. UFSC, 1994.

BIRKELAND, P. W. **Pedology Weathering and Geomorphological Research**. New York: Oxford Univ, 1974.

BLAND, W.; ROLLS, D. **Weathering: an introduction to the scientific principles**. London, p. 197-242, 1998.

BRADY, N.C. & WEIL, R.R. **Elementos da Natureza e Propriedades dos Solos**. Porto Alegre: Bookman, 3ª Ed., 2013, 685p.

BRAGAS, L.A. **Caracterização da cobertura superficial em cabeceira de drenagem sobre substrato vulcânico – Campo Erê (SC)**. 82p. 2010.Dissertação (Mestrado em Geografia), Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Francisco Beltrão-PR.

BREEMEN, N. VAN; BUURMAN PETER. **Soil Formation**.Laboratory of Soil.Scienceand Geology.2003.

BUDEL, J.; OLLIER, C. D.; THOMAS, M. F. Deep weathering end etching. In: ADAMS, G. **Planation surfaces**. Pennsylvania: Dowden, 1975. p. 358-360.

BÜDEL, J. Climatic and Climatedomorphic Geomorphology.**ZeitschriftfürGeomorphologie**, Supplementband 36, 1980.

BUOL, S. W; F.D. Hole, and R. J. Mc Craken. 1989. **Soil genesis and classification**, 3rd edition, Iowa State Univ. Press, Ames, IA, p. 240-252.

BUOL, S.W.: HOLE F.D.: MCRACKEN.R.J.: R.J. SOUTHARD. **Soil Genesis and classification**.Fourth Edition, 1989.

CAMARGO, G. **O significado paleoambiental de depósitos de encosta e de preenchimento de canal no município de Lapa no sul no Segundo Planalto Paranaense.** (Tese Doutorado em Geografia), Universidade Federal de Santa Catarina, 2005.

CASSETI, V. **Elementos de Geomorfologia.** São Paulo: Contexto, 2001.

CASTRO, S. S. **Micromorfologia: bases para descrição de lâminas delgadas.** Instituto de Geociências. Departamento de geografia. Campinas, 2002.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia.** 2^a ed., São Paulo, Edgard Blücher, 1980.

CLEMENTE, C.A. **Intemperismo de riolitos e ridacitos da Formação de Serra Geral (Jurássico-cretáceo) das regiões sul e sudeste do Brasil.** 2001.216p. Tese (livre Docência)- Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz/USP, Piracicaba, 2001.

COOPER, M. TORRADO, P. V. **Micromorfológica e físico-hídrica de solos com horizonte B nítico.** Rev. Bras. Ciênc. Solo vol.29 no. 4 Viçosa July/Aug. 2005.

CORREA, J. **Mineralogia e gênese das principais classes de solos de encostas basálticas do estado de Santa Catarina.** 2003. 146 f. Dissertação (Mestrado em ciência do solo) – Universidade Estadual de Santa Catarina, Lages, 2003.

COSTA, J. BOTELHO. **Caracterização e constituição do solo.** Av. de Berna Lisboa 2004.

COSTANTINI, E. A. C.; NAPOLI, R.; D'EGIDIO, G. **Adding information about soils and paleosols to geological maps, through the application of the “pedostratigraphic level” concept.** Science Direct. n. 175, p. 125-139, 2007.

COSTANTINI E. A. C. *et al.*, Using the analysis of iron and iron oxides in paleosols (TEM, geochemistry and iron forms) for the assessment of present and past pedogeneses. **Quaternary International**, p. 200 – 211, 2006.

DAVIS, W. M. Geographical Cycle. **Geographical Journal**, v. 14, n.5, p. 481-504, 1899.

DELVIGNE, J. E. **Atlas of micromorphology of mineral alteration and weathering**. The Canadian Mineralogist, Special Publication 3, ORSTOM, 1998.

DELVIGNE, J. E. **Curso de micromorfologia das alterações minerais**. Apostila. São Paulo: USP/ Instituto de geociências, 1981. 149 p.

DEWOLF, Y. **Intérêt et principes d'une cartographie des formations superficielles**. Assoc. Public. Fac. Lettres Caen, 1965, 183p.

DEWOLF, Y. **Proposition pour un défrichage, une typologie et une cartographie des déformations superficielles**. USP, Dep. Geogr. Col. Est. Cart. Form. Sup. e Aplic. Reg. Trop. Vol. 1: 433-445, 1983.

DUCHAUFOR. P. **Abregé de pédologie: sol, environnement**. Masson, p. 154/221, 1997.

DUCHAUFOR. P. **Pédologie: 1 Pedogenese et classification**, 2.ed. Paris: Masson, 1983. 491 p. Direction de P. Duchaufouret B. Souchier.

DUCHAUFOR. P. **Pedology Pedogenesis and Classification** (Translated by T. R. Paton). Allen e unwin. London. 1982.

EMBRAPA. **Carta de solos do Paraná**. Folha SG. 22 – Y – A/ MIR – 516, 2008.

EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro: Embrapa solos, 2006.

EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solo**. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. 2 ed. Rio de Janeiro, 1997. Organização: CLAESSEN, M. E. C. ; Coord. Técnica: BARRETO, W. O.; PAULA, J. L. ; DUARTE, M. N.

EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro: Embrapa solos, 1999, 412 p.

FAIRBRIDGE, R W. **Ed. The encyclopedia of Geomorphology**. Reinhold Book, Nova York, 1968.

FIGUEIREDO, M. A.; *etal.*; **Alteração superficial e pedogeomorfologia no sul do complexo bação – quadrilátero ferrífero (MG)**. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*. 713-729, 2004.

GRACHEVA, R. G.; TARGULIAN, V. O.; ZAMOTAEV, I. V. Time-dependent factors of soil and weathering mantle diversity in the humid tropics and subtropics: a concept of soil self-development and denudation. **Quaternary International**, n. 78, p. 3-10, 2001.

GUERRA, ANTONIO TEIXEIRA. **Coletânea de textos geográficos**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1994.

GUERRA, S. **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**. 2010. 100 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Francisco Beltrão.

IAPAR, Disponível em:
<http://www.iapar.br/arquivos/Image/monitoramento/Medias_Historicas/Entenda_Tabela.htm>>. Acesso em 19, abril 2010.

IAPAR - INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ. **Cartas climáticas básicas do Estado do Paraná**. Londrina, 1978.

INDA JUNIOR, A.V.; KAMPF, N. **Avaliação de procedimentos de extração dos óxidos de ferro pedogênicos com ditionito-citrato-carbonato de sódio**. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, n° 27, p.1139-1147, 2003

KÄMPF, N.; MARQUES, J.J.; CURI, N. **Mineralogia de solos brasileiros**. In: KER, J.C.; CURI, N. SCHAEFER, C.E.G.R.; VIDAL-TORRADO, P. (Eds) *Pedologia – Fundamentos*. Viçosa, MG: SBCS, 2012, p.81-145.

KER, J. C. Latossolos do Brasil: uma revisão. **Geonomos**, p. 17 - 40, 1998.

LEMOS, R. C. de SANTOS, R. D. **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. 3.ed. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo; Rio de Janeiro :EMBRAPA-CNPS, 1996. 83 p.

LEMOS, R.C; Santos, R.D. **Manual de descrição e coleta de solos no campo**. 2.ed. Campinas, SBCS/EMBRAPA – SNCLS, 1984. 46p.

LEPSCH, I. F. **19 lições de pedologia**. . São Paulo: Oficina de textos, 2011, 456p.

LEPSCH, I. F. **Formação e conservação dos solos**. São Paulo: Oficina de textos, 2002.

LIMA, J.G.G.; PONTELLI, M. E. . Características Físicas da Cobertura Superficial em Relevo Residual na Serra da Fartura (SW do PR/NW de SC). In: **XIX Encontro Anual de Iniciação Científica, 2010, Guarapuava. Anais do XIX EAIC - Encontro Anual de Iniciação Científica**. Guarapuava: Unicentro, 2010.

LOUGHMAN, F.C. **Chemical Weathering of the silicate minerals**. American Elsevier publishing company, 1969, 154 p.

MAACK, R. **Geografia física do estado do Paraná**. Curitiba: Imprensa Oficial, 2002. 3 edição em 1968. 350 p.

MAACK, R. **Geografia física do estado do Paraná**. 2 ed. Rio de janeiro: José Olímpio. 1981.

MAACK, R. Notas complementares à apresentação preliminar do mapa fitogeográfico do Estado do Paraná (Brasil). **Instituto de Biologia e Pesquisas Tecnológicas Curitiba**. Arquivos do museu paranaense, v.7, 1949.

MELFI, A.J. PEDRO, G. Caracterização e repartição dos principais tipos de evolução pedogeológica. **Revista Brasileira de Geociências**. v. 7, p. 271, 286, 1977.

MELFI, A.J. PEDRO, G. Estudo Geoquímico dos solos e formações superficiais do Brasil. **Revista Brasileira de Geociências**. v. 8, 1978.

MELO R. c; Loureiro H. S. C; Pereira L. H. M. (orgs.) 1995, Serrinha folha SC. 24-y-D: estado da Bahia. Brasília, CPRM, 80 p. **Programa levantamentos geológicos básicos do Brasil**.

MELO, M. S.; CLAUDINO-SALES, V.; PEULVAST, J. P.; SAADI, A.; MELLO, C. L.; Processos e produtos morfogenéticos continentais. In: SOUZA, C. R. O. *etal.* **Quaternário do Brasil**. Ribeirão Preto: Holos, 2005. p. 258-275.

MENEGOTO, E.; GAPARETTO, N. V. L. Intemperização de rochas vulcânicas básica e ácida na região de Santa Maria – RS. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOQUÍMICA, 1; 1987, **Anais...**1987.v2, p.69-83.

MILLOT, G. Planation of continents by intertropical weathering and pedogenic processes. **II International seminar on laterization processes**. Institut de géologie, p,53-63. France, 1981.

MONIZ *et al.*, A. C. **Elementos de Pedologia**. Rio de Janeiro, Livros Técnicos e Científicos, 1975.

MONIZ *et al.*, A. C. **Elementos de Pedologia**. São Paulo: Polígono, Editora da USP. 1972.

NARDY, A. J. R. As rochas vulcânicas mesozóicas ácidas da Bacia do Paraná: litoestratigrafia e considerações geoquímico-estratigráficas. **Revista Brasileira de Geociências**, n. 38, p. 178-195, mar. 2008.

NARDY, A. J. R. *et al.* Geologia e estratigrafia da formação serra geral. São Paulo, UNESP, **Geociências**, v. 21, n. 1 e 2, p. 15-32, 2002.

OLLIER, C. **Weathering**. NY, Longmann. 304p. 1975.

PAISANI J. C. PONTELLI M. E. Propriedades micromorfológicas de colúvios em encosta no médio vale do Rio Marrecas (Sudoeste do Estado do Paraná) - bases para distinção de formações superficiais alóctones e autóctones em substrato basáltico Instituto de **Geociências**, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil. *Geociências*, 39 (1): 53-62, jan./abr. 2012.

PAISANI J. C.; PONTELLI, M. E.; ANDRES, J. Superfícies aplainadas em zona morfoclimática subtropical úmida no planalto basáltico da bacia do Paraná (SW Paraná/NW Santa Catarina): Primeira aproximação. São Paulo, UNESP, **Geociências**, v. 27, n.4, p. 541-553, 2008.

PAISANI, J. C.; PONTELLI, M.E; CALEGARI, M, R. Evolução de Bacias de Baixa Ordem Hierárquica nos 41.000 Anos AP- Brasil Meridional. **Mercator**, Fortaleza, v. 11, n. 26, p. 131-148, 2012.

PAISANI, J.C.; PONTELLI, M. E.; CORRÊA, A. C.de B. ; RODRIGUES, R. A. R. Pedogeochemistry and micromorphology of oxisols - A basis for understanding etchplanation in the Araucárias Plateau (Southern Brazil) in the Late Quaternary. **Journal of South American Earth Sciences**, v. 48, p. 1-12, 2013.

PEULVAST, J. P. & SALES, V. C. Aplainamento e geodinâmica: revisitando um problema clássico em geomorfologia. **Revista de geografia da UFC**, n. 01, 2002. p.113-150.

PONTELLI, M.E.; BRAGAS, L.A.S.S.; PAISANI, J. C. Características genéticas da cobertura superficial em cabeceira de drenagem sobre substrato vulcânico Planalto Basáltico da bacia do Paraná. **Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada 14, 2011**, Dourados, Anais..., Dourados, 2011a, CD-Rom, 11p

PORTO, C. G. Intemperismo em regiões tropicais. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. **Geomorfologia e meio ambiente**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1996. P. 25-57.

PRADO, H. - **Solos do Brasil: Gênese, Morfologia, Classificação, Levantamento**. 2 Edição, 2001. Piracicaba, 220 pg.

QUEIROZNETO JOSÉ PEREIRA. **O estudo de formações superficiais no Brasil**. Revista do Instituto Geológico, São Paulo, 22 (I/2), 65-78, 2001.

RESENDE M. *et al.*, **Mineralogia de solos brasileiros: interpretação e aplicações**. Lavras: Editora UFLA, 2005.

RESENDE M. *et al.*, **Pedologia: base para distinção de ambientes**. 5 ed. Lavras: UFLA, 2007.

RODRIGUES, R. **Estágio de intemperismo de perfil laterítico em área subtropical com substrato basáltico – Superfície aplainada VI (SW PR)**. 2010. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Francisco Beltrão.

RUXTON, B. P. Measure of the Degree of Chemical Weathering of Rocks. **Journal of Geology**, v. 76, p. 518-527, 1968.

SALGADO, A. A. R. **Superfícies de aplainamento: antigos paradigmas revistos pela ótica dos novos conhecimentos geomorfológicos**. Geografias: Belo Horizonte, p.64-78, 2007.

SANTOS L. J. C. *et al.* Mapeamento geomorfológico do Estado do Paraná. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, Ano 7, n. 2, p. 3-12, 2006.

SANTOS R. D. *et al.*, **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. 5 ed. Revisada e ampliada. Viçosa. 2005.

SANTOS, L. J. C. Contribuições da análise estrutural da cobertura pedológica ao desenvolvimento da ciência do solo. **RA'E GA – O Espaço Geográfico em Análise**, Curitiba, n. 4, p. 131-138, 2000.

SCHELLMANN, W, 1983. **Geochemical Principles of lateritic Ni outcrops**. In: A.J.Melfi and A. Carvalho (Editors), 2nd int. **Seminar on Lateritisation Processes**, São Paulo, pp.119-136.

SCHENEIDER, R. L. **Revisão Estratigráfica da Bacia do Paraná**. Anais do XXVIII Congresso Brasileiro de Geologia, pg 41-65, 1974.

STOOPS, G. **Guidelines for analysis and description of soil and regolith thin sections**. SoilsciencesocietyofAmerica, Inc. USA, 2003.

TEIXEIRA, W. *et al.* **Decifrando a terra**. São Paulo: Oficina de Textos, 2001. 568 p.

THOMAS, M. F. The alteration of rocks under tropical conditions. In: THOMAS, M. F. **Geomorphology in the tropics**, 1994. p. 19-83.

TOLEDO, M.C.C.; OLIVEIRA, S.M.B.; MELFI, A.J. Intemperismo e formação do solo. In: TEIXEIRA *et al.* **Decifrando a Terra**. São Paulo, Oficina de Textos, 2000.

TRICART, J. (1983). L'Etude des formations superficielles selon une approche écologique. In: Colóquio Interdisciplinar Franco-

Brasileiro: **Estudo e Cartografia de Formações superficiais e suas aplicações em Regiões Tropicais**, São Paulo, Anais, 1983 p. 139-150.

TROEH R. F e THOMPSON M. L. **Solos e fertilidade do solo. São Paulo.** Organização Andrei Editora LTDA. 6 edição. 2007.

TSAI H. *et al.*, Pedogenic correlation of lateritic river terraces in central Taiwan. **Geomorfology**.Science Direct.p. 201-213, 2007.

TWIDALE, C, R. Pediments, peneplains and ultiplains.**Review de Geomorphology**, n. 32, p. 1-35, 1983.

VALADÃO, R. C. **Evolução de longo-termo do relevo do Brasil Oriental.** 1998. 243p. Tese (Doutorado em Geologia). Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia, Salvador.

VITTE, A. C. Considerações sobre a teoria da etchplanação e sua aplicação nos estudos das formas de relevo nas regiões tropicais quentes e úmidas. São Paulo: **Terra Livre**, n. 16, p. 11-24, 2001.

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

WERNICK, E. **Rochas magmáticas: conceitos fundamentais e classificação modal química, termodinâmica e tectônica.** São Paulo: UNESP, 2004, 6.

WHITE, R. E. **Princípios e Práticas da Ciência do Solo** - 4ª Ed. Editora: Andrei, 2009.

APÊNDICE – Características reconhecidas em campo
Unidades Pedológicas CLP1 (Clevelândia)
Localização: Coordenadas 0364075/707588-3 Elevação: 978
Coordenadas Rocha (basalto): Ponto 159 Elevação: 957m / 22JO363032/ UTM 7076131

Descrição/ Seção	Cor/seca	Cor/molhada	Estrutura Tipo	Estrutura Tamanho	Estrutura Resistência	Consistência / Seco	Consistência Úmido	Consistência Molhada	Cerosidade/ Desenvolv/ Quantidade	Pedoturbação	Porosidade/ Tamanho/ Quantidade
(A1) 0-10	2,5 YR 2,5/2	2,5YR 2,5/03	Granular	Muito pequena	Fraca	Solta	Solta	Lig.pegajosa. Não plástica	Moderada. Pouca.	Raízes 40%	Sem poros visíveis. Muitos poros 50%.
(A2) 10-20	2,5YR 2,5/2	2,5YR 2,5/3	Granular	Muito pequena	Fraca	Solta	Solta	Lig.pegajosa. Não plástica	Moderada. Pouca.	Raízes 20%	Sem poros visíveis. Muitos poros 50%.
(A3) 20-30	2,5YR 2,5/2	2,5YR 2,5/3	Subangular	Pequena	Fraca	Solta	Solta	Lig.pegajosa. Não plástica	Moderada. Pouca.	Raízes 15%	Muito pequenos. Muitos poros 50%.
(A4) 30-40	2,5YR 2,5/2	2,5YR 2,5/3	Subangular	Pequena	Fraca	Solta	Solta	Lig.pegajosa. Não plástica	Moderada. Pouca.	Raízes 07%	Muito pequenos. Poros comuns40% .
(A5) 40-50	2,5YR 2,5/2	2,5YR 3/4	Subangular	Pequena	Fraca	Solta	Solta	Lig.pegajosa. Não plástica	Moderada. Pouca.	Raízes 06%	Muito pequenos. Poros comuns40% .
(A6) 50-60	2,5YR 2,5/2	2,5YR 3/4	Subangular	Pequena	Fraca	Solta	Solta	Lig.pegajosa. Não plástica	Moderada. Pouca.	Raízes 06%	Sem poros visíveis. Muitos poros 50%
(A7) 60-70	2,5YR 2,5/2	2,5YR 3/4	Subangular	Pequena	Moderada	Macia	Solta	Lig.pegajosa. Não plástica	Moderada. Pouca.	Raízes 05%	Muito peq. Poros comuns30%

(A8) 70-80	2,5YR 3/3	2,5YR 3/4	Subangular	Pequena	Fraca	Solta	Solta	Lig.pegajosa. Não plástica	Moderada. Pouca.	Raízes 05%	Muito peq. Poros comuns 30%.
(A9) 80-90	2,5YR 3/4	2,5YR 3/3	Subangular	Muito Pequena	Fraca	Solta	Solta	Lig.pegajosa. Não plástica	Moderada. Pouca.	Raízes 01%	Muito peq. Muitos poros 50%.
(A10) 90-100	2,5YR 3/6	2,5YR 3/4	Subangular	Pequena	Fraca	Macia	Solta	Lig.pegajosa. Não plástica	Moderada. Comum.	Raízes 01%	Muito peq. Poros comuns 30%
(A11) 100-110	5YR 3/4	5YR 3/6	Subangular	Pequena	Fraca	Macia	Solta	Lig.pegajosa. Não plástica	Moderada. Comum.	Raízes 01%	Muito peq. Poros comuns 30%
(A12) 110-120	2,5YR 3/6	2,5YR 3/4	Subangular	Pequena	Fraca	Macia	Muito Friável	Lig.pegajosa. Não plástica	Moderada. Comum.	Raízes 01%	Muito peq. Poros comuns 30%
(A13) 120-130	2,5YR 3/6	2,5YR 3/4	Subangular	Pequena	Fraca	Macia	Muito Friável	Lig.pegajosa. Não plástica	Moderada. Comum.	-----	Muito peq. Poros comuns 30%
(A14) 130-140	2,5YR 4/4	5YR 4/4	Angular	Pequena	Fraca	Macia	Muito Friável	Lig.pegajosa. Não plástica	Moderada. Comum.	-----	Muito peq. Poros comuns 30%
(A15) 140-150	2,5YR 3/6	2,5YR 3/4	Subangular	Pequena	Moderada	Macia	Muito Friável	Lig.pegajosa. Não plástica	Moderada. Comum.	-----	Muito peq. Poros comuns 30%
(A16) 150-160	2,5YR 3/6	2,5YR 3/4	Subangular	Pequena	Moderada	Macia	Muito Friável	Lig.pegajosa. Não plástica	Moderada. Comum.	-----	Muito peq. Poros comuns 30%

(A17) 160-170	2,5YR 3/6	2,5YR 4/8	Subangular	Pequena	Moderada	Macia	Muito Friável	Lig.pegajosa. Não plástica	Moderada. Comum.	-----	Muito peq. Poros comuns 30%
(A18) 170-180	2,5YR 3/6	2,5YR 3/4	Subangular	Pequena	Moderada	Macia	Muito Friável	Lig.pegajosa. Não plástica	Moderada. Comum.	-----	Muito peq. Poros comuns 30%
(A19) 180-190	5YR 3/4	5YR 3/4	Subangular	Pequena	Moderada	Macia	Muito Friável	Lig.pegajosa. Não plástica	Forte. Comum.	Raízes 01%	Muito peq. Poros comuns 30%
(A20) 190-200	10R 3/6	2,5YR 3/6	Subangular	Pequena	Moderada	Macia	Muito Friável	Pegajosa. Lig. plástica	Forte. Comum.	Raízes 01%	Muito peq. Poros comuns 30%
(A21) 200-210	2,5YR 4/3	2,5YR 4/4	Subangular	Pequena	Fraca	Macia	Muito Friável	Pegajosa. Lig. plástica	Moderada. Comum.	Raízes 01%	Muito peq. Poros comuns 30%
(A22) 210-220	2,5YR 3/6	2,5YR 3/4	Subangular	Pequena	Fraca	Macia	Muito Friável	Pegajosa. Lig. plástica	Moderada. Comum.	Raízes 01%	Muito peq. Poros comuns 30%
(A23) 220-230	2,5YR 3/3	2,5YR 3/4	Subangular	Pequena	Fraca	Macia	Friável	Pegajosa. Lig. plástica	Moderada. Comum.	-----	Muito peq. Poros comuns 30%
(A24) 230-240	2,5YR 3/4	2,5YR 3/6	Subangular	Pequena	Fraca	Macia	Friável	Pegajosa. Lig. plástica	Moderada. Comum.	-----	Muito peq. Poros comuns 30%
(A25) 240-250	5YR 4/4	5YR 4/4	Subangular	Pequena	Fraca	Macia	Muito Friável	Pegajosa. Lig. plástica	Moderada. Comum.	-----	Muito peq. Poros comuns 30%

(A26) 250-260	5YR 4/4	5YR 4/4	Angular	Pequena	Fraca	Macia	Muito Friável	Pegajosa. Lig. plástica	Moderada. Comum.	-----	Muito peq. Poros comuns 30%
(A27) 260-270	2,5YR 3/6	2,5YR 3/4	Subangular	Pequena	Fraca	Macia	Muito Friável	Pegajosa. Lig. plástica	Forte. Constante.	-----	Muito peq. Poros comuns 30%
(A28) 270-280	10R 3/6	10R 3/4	Subangular	Pequena	Fraca	Macia	Muito Friável	Pegajosa. Lig. plástica	Forte. Constante	-----	Muito peq. Poros comuns 30%
(A29) 280-290	10R 3/6	10R 3/4	Granular	Pequena	Fraca	Macia	Muito Friável	Pegajosa. Lig. plástica	Moderada. Comum.	-----	Muito peq. Poros comuns 30%
(A30) 290-300	10R 4/6	10R 4/4	Subangular	Pequena	Fraca	Macia	Muito Friável	Pegajosa. Lig. plástica	Moderada. Comum.	-----	Muito peq. Poros comuns 30%
(A31) 300-310	10R 3/6	10R 3/4	Subangular	Pequena	Fraca	Macia	Muito Friável	Pegajosa. Lig. plástica	Forte. Comum.	-----	Muito peq. Poros comuns 30%
(A32) 310-320	10R 3/6	10R 3/4	Subangular	Pequena	Fraca	Macia	Muito Friável	Pegajosa. Lig. plástica	Forte. Comum.	Raízes 01%	Muito peq. Poros comuns 30%
(A33) 320-330	10R 3/6	10R 3/4	Subangular	Pequena	Fraca	Macia	Muito Friável	Pegajosa. Lig. plástica	Forte. Comum.	-----	Muito peq. Poros comuns 30%
(A34) 330-340	10R 3/4	10R 3/3	Subangular	Pequena	Fraca	Macia	Muito Friável	Lig.pegajosa. Não plástica	Forte. Comum.	-----	Muito peq. Poros comuns 25%

(A35) 340-350	2,5YR 3/6	2,5YR 3/4	Subangular	Pequena	Fraca	Macia	Muito Friável	Lig.pegajosa. Não plástica	Forte. Comum.	-----	Muito peq. Poros comuns 25%
(A36) 350-360	2,5YR 4/6	2,5YR 4/4	Subangular	Pequena	Fraca	Macia	Muito Friável	Lig.pegajosa. Não plástica	Forte. Comum.	-----	Muito peq. Poros comuns 25%
(A37) 360-370	2,5YR 3/6	2,5YR 4/6	Subangular	Pequena	Fraca	Macia	Muito Friável	Lig.pegajosa. Não plástica	Forte. Comum.	-----	Muito peq. Poros comuns 25%
(A38) 370-380	2,5YR 3/4	2,5YR 3/6	Subangular	Pequena	Fraca	Macia	Muito Friável	Lig.pegajosa. Não plástica	Forte. Comum.	-----	Muito peq. Poros comuns 25%
(A39) 380-390	10R 3/6	10R 3/4	Subangular	Pequena	Fraca	Macia	Muito Friável	Lig.pegajosa. Não plástica	Forte. Comum.	-----	Muito peq. Poros comuns 25%
(A40) 390-400	10R 3/6	10R 4/6	Subangular	Pequena	Fraca	Macia	Muito Friável	Lig.pegajosa. Não plástica	Forte. Comum.	-----	Muito peq. Poros comuns 25%
(A41) 400-410	10R 3/6	10R 3/4	Subangular	Pequena	Fraca	Macia	Muito Friável	Lig.pegajosa. Não plástica	Forte. Comum.	-----	Muito peq. Poros comuns 25%
(A42) 410-420	10R 3/6	10R 3/4	Angular	Pequena	Moderada	Macia	Friável	Plástica. Lig. Pegajosa.	Forte. Comum.	-----	Muito peq. Poros comuns 25%
(A43) 420-430	10R 3/6	10R 3/4	Subangular	Pequena	Moderada	Macia	Friável	Plástica. Lig. Pegajosa.	Forte. Comum.	-----	Muito peq. Poros comuns 25%

(A44) 430-440	10R 3/6	10R 3/4	Angular	Pequena	Moderada	Macia	Friável	Plástica. Lig. Pegajosa.	Forte. Comum.	-----	Muito peq. Poros comuns 25%
(A45) 440-450	10R 3/6	10R 3/4	Subangular	Pequena	Moderada	Macia	Muito Friável	Não Plástica. Lig. Pegajosa.	Moderada. Comum.	-----	Muito peq. Poros comuns 25%
(A46) 450-460	2,5YR 3/6	2,5YR 3/4	Angular	Pequena	Moderada	Macia	Muito Friável	Lig. Plástica. Lig. Pegajosa.	Moderada. Comum.	-----	Muito peq. Poros comuns 25%
(A47) 460-470	5YR 4/4	2,5YR 3/4	Subangular	Média	Moderada	Macia	Muito Friável	Lig. Plástica. Lig. Pegajosa.	Moderada. Comum.	-----	Pequenos. Poros comuns 25%
(A48) 470-480	2,5YR 4/8	2,5YR 4/4	Angular	Média	Forte	Lig. Dura	Friável	Lig. Plástica. Lig. Pegajosa.	Moderada. Comum.	-----	Pequenos. Pouco Poros 20%
(A49) 480-490	2,5YR 4/6	2,5YR 4/4	Subangular	Média	Forte	Lig. Dura	Friável	Lig. Plástica. Lig. Pegajosa.	Moderada. Comum.	-----	Pequenos. Pouco Poros 20%
(A50) 490-500	10R 4/8	10R 4/8	Subangular	Pequena	Forte	Dura	Firme	Plástica. Pegajosa.	Moderada. Comum.	-----	Pequenos. Pouco Poros 20%
(A51) 500-510	10R 3/6	10R 4/8	Subangular	Pequena	Forte	Dura	Firme	Plástica. Pegajosa.	Moderada. Pouca.	-----	Pequenos. Pouco Poros 10%
(A52) 510-520	2,5YR 4/8	10R 4/8	Subangular	Pequena	Forte	Dura	Firme	Plástica. Pegajosa.	Moderada. Pouca.	-----	Pequenos. Pouco Poros 15%
(A53) 520-530	10R 4/8	10R 4/8	Subangular	Média	Forte	Dura	Firme	Plástica. Pegajosa.	Moderada. Pouca.	-----	Pequenos. Pouco Poros 15%
(A54) 530-540	10R 4/8	10R 4/6	Angular	Média	Forte	Dura	Firme	Plástica. Pegajosa.	Moderada. Pouca.	-----	Pequenos. Pouco Poros 15%

(A55) 550-560	10R 4/8	10R 4/8	Subangular	Média	Forte	Dura	Firme	Plástica. Pegajosa.	Fraca. Pouca.	-----	Pequenos. Pouco Poros 15%
(A56) 560-570	10R 4/8	10R 4/6	Subangular	Média	Forte	Dura	Firme	Plástica. Pegajosa.	Moderada Pouca.	-----	Pequenos. Pouco Poros 15%
(A70) 680-690	10R 4/8	10R 4/6	Angular	Média	Forte	Dura	Firme		Moderada Comum.		Pequenos. Comuns 10%