

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

RAFAELA ANA RECH RODRIGUES

ESTÁGIO DE INTEMPERISMO DE PERFIL LATERÍTICO EM ÁREA
SUBTROPICAL COM SUBSTRATO BASÁLTICO - SUPERFÍCIE
APLAINADA VI (SW PR)

FRANCISCO BELTRÃO
AGOSTO 2011

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 DE PERFIL LATERÍTICO EM ÁREA SUBTROPICAL
COM SUBSTRATO BASALTO – SUPERFÍCIE APLAINADA VI (SW PR)

Autor: Rafaela Ana Rech Rodrigues
Orientador: Prof. Dr. Julio César Paisani

Este exemplar corresponde à redação final da
Dissertação defendida por Rafaela Ana Rech
Rodrigues e aprovada pela comissão julgadora.

Data: 07/08/2011

Assinatura:

Rafaela A. R. Rodrigues

Comissão Julgadora:

Prof. Dr. Julio César paisani (UNIOESTE – F.B)

Prof. Dra. Marga Eliz Pontelli (UNIOESTE – F.B)

Prof. Dra. Márcia Regina Calegari (UNIOESTE – M.C.R)

Prof. Dr. Francisco Sergio Bernardes Ladeira (UNICAMP)

Francisco Beltrão - PR
2011

Rodrigues, Rafaela Ana Rech

R696 Estágio de intemperismo de perfil laterítico em área subtropical com substrato basalto - superfície aplainada VI (SW PR). / Rafaela Ana Rech Rodrigues. – Francisco Beltrão, 2011.
67 f.

Orientador: Prof. Dr. Júlio Cesar Paisani.
Dissertação(Mestrado) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná – Campus de Francisco Beltrão.

1. Intemperismo. 2. *Etchplanação*. 3. Superfícies aplainadas – Sudoeste do Paraná. 4. Superfícies aplainadas – Noroeste de Santa Catarina. 5. Solos – Análise mineralógica. I. Paisani, Júlio Cesar. II. Título.

CDD – 551.09816

Ficha Catalográfica elaborada pelo Sistema de Bibliotecas da
Unioeste (Sandra Regina Mendonça CRB – 9/1090)

AGRADECIMENTOS

A Deus pela oportunidade e por isso fazer parte da minha caminhada.

Às pessoas que me deram o dom da vida, Octavio Rech e Itelvina Rech, pelo total apoio e por me fazer acreditar que nada é por acaso.

À minha família pela compreensão, em especial, minha irmã Roseli Rech Pilonetto pela colaboração e apoio em todos os momentos.

Ao meu marido Evandro Rodrigues por compreender e estar ao meu lado nessa etapa da nossa vida. Por me mostrar que tudo o que é conquistado com esforço e dedicação valerá a pena.

Ao Professor Dr. Júlio Cesar Paisani por, mais uma vez, estar ao meu lado como orientador, amigo e Mestre.

À Professora Dra. Marga Eliz Pontelli pela atenção especial em todos os momentos dessa caminhada e pela sabedoria e entusiasmo na hora das discussões.

Enfim, agradeço a todos que direta ou indiretamente fizeram parte dessa GRANDE CONQUISTA.

Muito obrigado.

*"A grandeza não
consiste em receber
honras, mas em
merecê-las."*

Aristóteles

RESUMO

Superfícies aplainadas significam a última etapa da evolução de relevos. Para que se possa entender como foi o processo de gênese e evolução das mesmas se torna necessário buscar informações sobre os processos de formação dos solos relacionados ao regime climático e o substrato rochoso. As regiões Sudoeste do Paraná e Noroeste de Santa Catarina se caracterizam por uma sucessão de remanescentes de superfícies incompletamente aplainadas, no qual uma delas destaca-se por apresentar perfis de alteração com mais de nove metros de profundidade. Esse trabalho buscou caracterizar este remanescente de superfície aplainada através do seu estágio de intemperismo determinando, características macro e micromorfológicas do perfil de solo. Além disso, verificou-se a possibilidade de relacionar a evolução dessa superfície com a teoria da *etchplanação* proposta por pesquisas anteriores. Foram realizadas descrições macromorfológicas, granulometria, caracterização química de rotina, micromorfologia, mineralogia da fração argila, teores de ferro e química analítica. O perfil de alteração apresentou-se com mais de nove metros de material exposto com transição difusa e horizonte A moderado (0 – 0,20 m), Bw1 (0,20 – 1,40 m), Bw2 (1,40 – 2,50 m), B nítico 1 e B nítico 2 (2,50 – 8,70 m), BC (8,70 – 9,50 m) e CB (a partir de 9,50 m). Através da microestrutura verificou-se a transformação vertical do horizonte B latossólico a partir do horizonte B nítico. Quanto ao estágio de intemperismo, as análises mineralógica, química e teor de ferro permitiram afirmar que o perfil de solo estudado está evoluindo para um estágio avançado, ou seja, evoluindo de ferruginoso para ferralítico. Tais análises, principalmente a mineralógica, permitiram definir a hidrólise parcial como principal processo relacionado à formação e evolução deste solo, que apresenta predomínio de caolinita (1:1), caracterizando-se pela perda parcial de sílica (monossilatização) e pelo movimento vertical dos materiais. Diante disso, pode-se confirmar a compatibilidade evolutiva com a teoria da *etchplanação*. A ocorrência do intemperismo químico foi possível devido às condições climáticas e ao substrato rochoso, o basalto, promovendo a movimentação vertical dos materiais, gerando perda isovolumétrica e assim o aplainamento.

Palavras-chave: Superfície aplainada, perfil de solo, intemperismo, *etchplanação*.

ABSTRACT

Planation surfaces mean the last stage in the reliefs evolution. In order to understand how was the evolution process and formation of the surfaces it becomes necessary to looking for information about the process soil formation related to the climate regime and the bedrock. The Southwest region of Parana and Northwest of Santa Catarina are characterized by a succession of remains of incompletely flattened surfaces, in which one of them stood out for having more than nine meters of weathered material. This study sought to characterize this remaining flat surface by its determining the weathering stage, macro and micromorphological characteristics of the pedon. In addition, there was the possibility of relating the evolution that surface with the etchplanation theory proposed by previous research. Physical analyses were carried as the, granulometry and tipics chemical, micromorphology, clay mineralogy, iron content and analytical chemistry. Therefore, the soil profile presented itself with more than nine meters of material exposed with diffuse transition and moderate A horizon (0 – 0,20 m), BW1 (0,20 to 1,40 m), Bw2 (1,40 – 2,50 m), B nítico 1 and B nítico 2 (2,50 to 8,70 m), BC (8,70 to 9,50 m) and CB (from 9,50 m). Through the microstructure it was observed the vertical transformation of the B horizon latosolic from nítico B horizon. In the stage of weathering, mineralogical analysis, chemical and iron content have revealed that the soil profile studied is evolving to an advanced stage, in other words, from ferruginous to ferralitic. Such analysis, especially mineral, allowed to define the partial hydrolysis as the main process related to the formation and evolution of the soil. In this, there is a predominance of kaolinite (1:1), characterized by partial loss of silica (monossilatization) and by the vertical movement of materials. Therefore, we can confirm evolutionary compatibility with etchplanation theory. The occurrence of chemical weathering was possible due to weather conditions and rocky soil, basalt, promoting the vertical movement of materials, causing isovolumetric loss and thus the planation.

Key-Words: planation surfaces, soil profile, weathering, etchplanation.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	9
2	REFERÊNCIAL TEÓRICO.....	11
2.1	Intemperismo.....	11
2.2	Superfícies aplainadas.....	14
2.3	Solo: origem e formação.....	17
2.4	Latosolos.....	18
3	ÁREA DE ESTUDO.....	21
4	METODOLOGIA.....	25
4.1	Descrição macromorfológica.....	25
4.2	Análises Laboratoriais.....	26
4.2.1	Granulometria.....	26
4.2.2	Química de rotina.....	26
4.2.3	Química analítica.....	27
4.2.4	Teor de ferro.....	27
4.2.5	Mineralogia da fração argila.....	28
4.2.6	Descrição micromorfológica.....	28
5	RESULTADOS.....	30
5.1	Morfologia	30
5.1.1	Descrição física	30
5.1.2	Granulometria	32
5.1.3	Caracterização química (rotina).....	34
5.2	Micromorfologia.....	35
5.3	Mineralogia da fração argila.....	38

5.4	Teores de Ferro.....	40
5.5	Química analítica.....	41
6	ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.....	45
7	CONCLUSÃO.....	51
	REFERÊNCIAS.....	53
	APÊNDICE A – Características reconhecidas em campo	59
	APÊNDICE B – Características reconhecidas em laboratório	63
	APÊNDICE C – Percentual granulométrico.....	66
	APÊNDICE D – Relação silte/argila.....	67

1 INTRODUÇÃO

O estudo das superfícies aplainadas torna-se importante porque elas são consideradas como a última etapa da evolução dos relevos (PEULVAST e SALES, 2002). Assim, para se obter informações a respeito da evolução do relevo, é importante analisar os processos de formação do solo e suas interações com o regime climático e o substrato geológico ao longo do tempo.

Em regiões, cujo clima é caracterizado por elevadas temperaturas e umidade a alteração química é acelerada, podendo resultar em perfis de alteração com espessuras consideráveis. A ação do intemperismo e desenvolvimento de diferentes tipos de solos necessitam de um tempo considerado longo. No caso dos Latossolos, acredita-se que varie de 10^5 a 10^7 anos para a formação de um *pedon* completo (DUCHAUFOR, 1997; BIGARELLA *et al.*, 2007). Os Latossolos constituem a categoria predominante, juntamente com os Nitossolos, no Planalto Basáltico Brasileiro.

As diferentes formas de relevo presentes na região Sudoeste do Paraná e Noroeste de Santa Catarina, inseridos no Planalto Basáltico, geram interesse de pesquisadores da UNIOESTE – Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Campus de Francisco Beltrão, Paraná, que buscam entender como estas se formaram e evoluem. Tal região é caracterizada por uma paisagem cujas formas de relevo são representadas pela sucessão de remanescentes de superfícies incompletamente aplainadas dispostas em escadaria de Leste para Oeste (PAISANI *et al.*, 2008).

Até o momento identificou-se oito remanescentes de superfícies aplainadas (PAISANI *et al.*, 2008). À exceção da superfície aplainada I, as demais foram geradas concomitantemente. As formações superficiais, em geral, são resultantes da alteração do substrato geológico *in situ*, indicando o predomínio da alteração geoquímica sobre a erosão mecânica (morfogênese) (PAISANI *et al.*, 2008).

Em relação às superfícies previamente identificadas, destaca-se a superfície aplainada VI pelo fato de apresentar perfis com mais de nove metros de material intemperizado. Conforme Paisani *et al.* (2008), acredita-se que tal superfície foi elaborada preponderantemente pela ação do intemperismo químico, processo de rebaixamento do terreno (*downwearing*).

Embora a superfície aplainada VI tenha sido analisada com base no balanço alteração versus erosão, pouco se sabe a respeito do estágio de evolução pedológica de sua formação superficial. Assim, este trabalho visa contribuir para caracterização desse remanescente de superfície aplainada, buscando indicar o estágio de intemperismo de

sua formação superficial que mantém seu setor de topo. Pretende-se definir as principais características macro e micromorfológicas do perfil de alteração em estudo e verificar se há compatibilidade evolutiva com a teoria da *etchplanação*, apontada por Paisani *et al.* (2008) como predominante na evolução desse remanescente de superfície aplainada. Tais aspectos são importantes para se propor um pedonível estratigráfico que sirva de seção guia em futuras comparações entre os perfis de alteração das superfícies aplainadas identificadas na região Sudoeste do Paraná e Noroeste de Santa Catarina e definir cronosequências pedoestratigráficas entre elas.

No presente trabalho, são descritas as características físicas reconhecidas em campo, correlacionando os dados com revisão bibliográfica e determinações laboratoriais que permitem determinar o estágio de intemperismo do perfil de solo estudado, com exceção da química de rotina que visa à classificação pedológica, conforme Embrapa (2006).

O trabalho inicia com uma revisão bibliográfica a respeito da ação do intemperismo químico como principal processo na formação das superfícies aplainadas. Para o desenvolvimento de tais superfícies, o modelo da *etchplanação* parece ser o mais adequado por se apresentar na literatura como destaque em regiões de clima tropical, quente e úmido.

Assim o intemperismo químico seria o principal processo responsável pelo estabelecimento das superfícies aplainadas. No caso do Planalto Basáltico, onde se encontra a área de estudo, Paisani *et al.* (2008) sugerem que a maioria das superfícies aplainadas encontradas no Sudoeste do Paraná e Noroeste de Santa Catarina seriam geradas pela intercalação entre o intemperismo químico e o recuo lateral das encostas, conforme a estabilidade ou instabilidade do nível de base regional.

Em seguida, são apresentados dados existentes sobre a área em que se encontra o perfil de alteração estudado, relativos à localização, solo, vegetação e clima. Após, são apresentados os resultados da descrição macromorfológica e de todas as análises de laboratório (granulometria, química de rotina, química analítica, teor de ferro, mineralogia da fração argila) e descrição micromorfológica.

Posteriormente, apresenta-se os resultados do perfil de alteração, baseados na descrição macromorfológica em campo, parâmetros granulométricos, caracterização química (rotina), descrições micromorfológicas, mineralogia da fração argila, teores de ferro e química analítica. Por fim, apresenta-se a discussão dos resultados e a conclusão.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 INTEMPERISMO

O local em que as rochas se formam apresenta condições ambientais que se diferenciam daquelas que ocorrem na superfície da crosta. A partir do momento em que as rochas são expostas na superfície, encontram variação de temperatura - condições diferentes de aquecimento e resfriamento, contato com luz solar, organismos, chuvas. O conjunto desses fatores é denominado de intempéries e sua ação sobre as rochas expostas na superfície, desagregando e decompondo-as, é chamado de intemperismo. Portanto, intemperismo é o conjunto de processos que leva à desintegração e/ou decomposição da rocha, modificando suas características originais físicas, químicas e mineralógicas (BLAND e ROLLS, 1998; VITTE, 2001; VAZ, 2003).

As características do produto intemperizado são fortemente influenciadas pela rocha mãe, pelo clima (temperatura, chuva, umidade, vento), por agentes biológicos (vegetais e animais), relevo e tempo (BLAND e ROLLS, 1998). Os primeiros são os principais fatores que determinam o produto do intemperismo.

A rocha matriz é um dos elementos que contribui para determinar a composição mineralógica do solo e sua resistência à alteração. Os derrames basálticos, que correspondem à quase totalidade das rochas vulcânicas expostas na Bacia do Paraná, foram gerados a partir de um evento magmático. O processo de decomposição desse tipo de rocha é mais intenso devido à composição mineralógica, de natureza predominantemente básica, e por ser maior a absorção do calor (NAHON, 1991; PORTO, 1996; NARDY, 2002;).

As características climáticas devem ser consideradas pois interferem na espessura e o número de horizontes do solo. Climas quentes e úmidos favorecem as reações químicas e, conseqüentemente, a ação do intemperismo químico, dando origem a solos residuais espessos, desenvolvidos a partir do intemperismo químico da rocha (VITTE, 2005).

O conjunto de reações que levam à modificação da estrutura dos minerais que compõem a rocha, produzindo novas fases mineralógicas é chamado de intemperismo químico (VITTE, 2001), processo este que é acelerado à medida que o intemperismo físico avança.

No intemperismo químico, os arranjos cristalinos presentes nas estruturas mineralógicas buscam um equilíbrio com o ambiente através de reações químicas controladas pela água e gases (O e CO) (NAHON, 1991; THOMAS, 1994). Entre elas

tem-se as principais, a oxidação e a hidrólise. A oxidação, através da reação com O_2 , forma óxidos e hidróxidos, especialmente de ferro e alumínio; nos minerais primários, a oxidação do ferro pode causar desestruturação do mineral; a hidrólise ocorre quando a reação química provoca a quebra de ligação entre os íons de minerais pela ação do H^+ e OH^- da água, podendo gerar produtos secundários.

A hidrólise pode apresentar-se, dependendo de sua intensidade no solo, associada à lixiviação em três estágios distintos, usados como indicador do grau de intemperismo. Na bissialitização, há predomínio de argilominerais 2:1; a monossialitização apresenta-se com predomínio de minerais 1:1 e resulta da remoção parcial da sílica e neoformação da caolinita; por último, a alitização é observada quando os argilominerais predominantes são a gibbsita (hidróxido de alumínio).

A goethita e a hematita são óxidos de ferro que ocorrem em ambientes tropicais como componentes residuais. Por vezes, a hematita, responsável pela cor vermelha nos solos, é um componente resultante de regolitos altamente lixiviados desenvolvidos em rochas básicas (BLAND e ROLLS, 1998).

Ainda, quando o intemperismo químico destaca-se sobre o intemperismo físico, é levado em consideração o rápido desaparecimento dos minerais alteráveis, substituídos por minerais secundários como gibbsita, caolinita, esmectita. Isso pode ser reconhecido como formação da alterita, pois há alteração dos minerais primários embora a estrutura da rocha matriz seja preservada (TARDY e ROQUIN, 1991; PEDRO, 1997; BLAND e ROLLS, 1998).

Na literatura, os processos de intemperismo que atuam na transformação do solo podem ser organizados em diferentes níveis. Segundo Pedro (1997), considerando um solo bem desenvolvido e partindo da rocha há três níveis: nível inferior (III) – afetado apenas por processos de intemperismo químico; nível médio (II) – a água atua como um reagente reorganizando a composição primária da rocha; nível pedológico (I) – caracterizado pela atividade biológica, assumindo a fase inicial do intemperismo (Figura 1).



Figura 1 – Níveis de intemperismo, considerando um solo bem desenvolvido, a partir da rocha (PEDRO, 1997).

De acordo com a composição mineralógica da rocha, há maior ou menor grau de alteração. Solos com elevados conteúdos de argila, juntamente com o teor de ferro elevado, indicam estágio de intemperismo avançado (NARDY *et al.*, 2002; SILVA NETO *et al.*, 2008).

A razão entre os componentes primários e secundários é o principal parâmetro quando se refere ao estágio de intemperismo. O método de análise química total é importante para se descrever os produtos do intemperismo (THOMAS, 1994; PEDRO, 1997).

Durante a formação do solo, os minerais primários estão sujeitos à alteração química formando argilominerais; por ser mais resistente, o quartzo encontra-se em pequenos fragmentos. Quanto às alterações pedogenéticas, os minerais são decompostos através da alteração causada pelo intemperismo, ocasionando homogeneização do solo (VAZ, 2003).

Pode-se distinguir dois processos de evolução de perfis em regiões tropicais. O primeiro é aquele em que as argilas mantêm-se associadas aos oxihidróxidos de ferro, formando um plasma homogêneo nas porções superiores do perfil, correspondendo à formação de Latossolos característicos de ambientes úmidos. No outro processo ocorre a separação das argilas e oxihidróxidos de ferro, levando à formação de concreções ferruginosas e diferenciação dos horizontes devido à alternância de climas secos e úmidos (PORTO, 1996).

Para cada clima e material de origem é definido um perfil de intemperismo. Com o aumento da temperatura, aumentam também as reações químicas, pois, quanto mais quente e úmido, mais rápida e intensa será a decomposição da rocha, gerando material intemperizado e solo espesso com abundância de minerais secundários.

Em condições de clima úmido, por exemplo, é possível considerar o modelo de *etchplanação*. Este pode ser aplicado em ambientes tropicais, onde as consequências do intemperismo são, na maioria das vezes, evidentes. Portanto, as superfícies de *etching* resultam do intemperismo químico em longa escala de tempo (BLAND e ROLLS, 1998; LEPSCH, 2002; VITTE, 2005).

O modelo de *etchplanação* deu-se a partir das descobertas feitas por Wayland (1933), na Uganda, onde os processos de erosão estavam presentes nos peneplanos identificados por ele. Contudo, os níveis de erosão encontrados correspondem a verdadeiros *etchplanos*. Mais tarde, esse modelo foi aperfeiçoado por Büdel (1957), considerando os processos químicos e pedogenéticos como os principais mecanismos do aplainamento das formas de relevo. Para ele, o desenvolvimento de superfícies aplainadas pode ocorrer em trópicos úmidos onde o rebaixamento da superfície de planação pode ser chamado de *etchplanação* (ADAMS, 1975).

De acordo com Paisani *et al.* (2008), as superfícies encontradas no Sudoeste do Paraná e Noroeste de Santa Catarina foram elaboradas simultaneamente, onde alguns eventos tectônicos e clima característico subtropical úmido tiveram importância na elaboração do relevo em escadaria.

2.2 SUPERFÍCIES APLAINADAS

Pesquisadores como geógrafos físicos, geomorfologistas e geólogos ainda têm dúvidas sobre conceitos e definições que explicam a evolução da paisagem em geral. No entanto, apontam a importância da ação do intemperismo na formação do relevo (TWIDALE, 1983).

De acordo com isso, alguns planos extensos e antigos, desenvolvidos através da ação do intemperismo, são encontrados na América do Sul, África e Austrália (MILLOT, 1981; BLAND e ROLLS, 1998).

As formas de relevo expostas na superfície representam um longo processo de transformação da rocha sã, sendo a última etapa desse processo chamada de superfícies de aplainamento (PEULVAST e SALES, 2002) e comumente encontrada em regiões de clima árido e semiárido.

Supõe-se que os relevos em regiões que não possuem esse clima característico no presente possam ter se formado a partir de mudanças climáticas ocorridas em fases anteriores, apontando a existência de remanescentes geradas por erosão mecânica. Clima úmido e baixa atividade tectônica são características de áreas planas onde há predomínio do intemperismo químico (BIGARELLA e ANDRADE, 1965; ADAMS, 1975).

Alguns modelos foram propostos para entender a gênese e a evolução das superfícies de aplainamento, os mais difundidos são os de Davis (1899), Penck (1924) e King (1953), além do citado anteriormente, *etchplanação* (SALGADO, 2007).

No modelo de W. M. Davis (1899), o relevo sofre rápido soerguimento continental em relação aos oceanos, criando condições para que o mesmo seja moldado por processos erosivos. O soerguimento caracteriza-se pelo rebaixamento vertical das vertentes (*downwearing*) e divide a evolução dos relevos em três fases: juventude, maturidade e senilidade. O primeiro caracteriza-se pelo início do processo denudacional; na maturidade, ocorre o arredondamento das formas de relevo, que é quase completamente rebaixado na senilidade.

Em áreas com clima temperado úmido, o rebaixamento do terreno leva ao desenvolvimento constante de peneplanos, ou seja, testemunhos residuais com superfícies onduladas de baixo relevo e extensão regional, formada pelo intemperismo (TWIDALE, 1983).

Para Penck (1924), quando há o predomínio de forças endógenas, produzem-se elevações no relevo e, quando são as forças exógenas que se destacam, ocorre o rebaixamento do relevo (*primärrumf* seguida de *piedmontflächen*).

Para King (1953), a ocorrência de aplainamentos não se dá apenas pelo fato de se ter estabilidade tectônica, mas também pelo clima caracterizar-se como árido e semiárido (pediplanação).

Juntamente com a degradação geoquímica, isto é, perda de volume do substrato rochoso, à medida que se processa o intemperismo, o modelo de *etchplanação* é seriamente considerado (Fig. 2). Este procura explicitar o papel do intemperismo químico como um dos fatores que interferem nas propriedades morfológicas desenvolvidas em ambientes sazonais (VITTE, 2001).

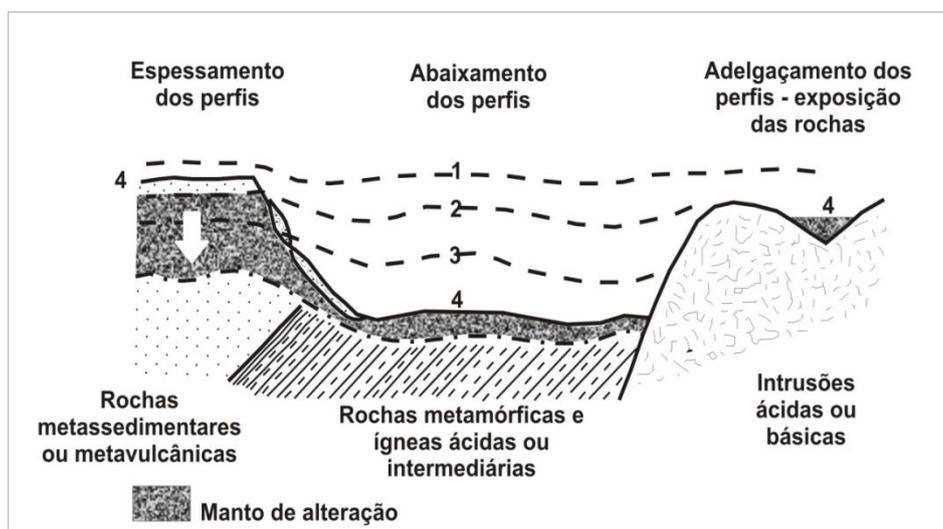


Figura 2 – Modelo de *etchplanação* e surgimento de relevos residuais (MELO *et al.*, 2005).

Já a teoria da *etchplanação*, segundo Thomas (1994), apresenta dificuldades em relacionar intemperismo e planação; no entanto, se houver um equilíbrio entre a litologia e as condições climáticas no desenvolvimento das formas de relevo, essa teoria pode ser considerada.

Em regiões tropicais, quentes e úmidas, o papel do intemperismo químico aponta os processos geoquímicos e pedogenéticos como responsáveis pelo aplainamento das formas de relevo, adquirindo um caráter dinâmico com intensa alteração (THOMAS, 1994; VITTE, 2001).

Em trópicos úmidos, Büdel admite a existência de *etchplains* devido à variações climáticas. E, para que isso aconteça, são necessárias algumas características básicas como a existência de Latossolos, presença de um perfil homogêneo e transição delgada entre a rocha e o material alterado (VITTE, 2005).

Além das condições climáticas, a teoria da *etchplanação* aborda os processos de aplainamento pela ação geoquímica. Nas margens passivas dos últimos 100 milhões de anos, nota-se que a diferenciação do relevo foi proporcionada pela diferenciação das propriedades geoquímicas das rochas. Tais propriedades induzem ao aumento da intensidade do intemperismo químico, viabilizando o movimento de massa e este ao rebaixamento do relevo (TWIDALE, 1983; VITTE, 2005).

2.3 SOLO: ORIGEM E FORMAÇÃO

O solo pode ser definido como um corpo natural, resultante de fatores e processos de formação independentes, que adquire características físicas e químicas próprias e resulta do processo de intemperismo, desagregação e decomposição da rocha (VAZ, 2003).

A definição do termo solo depende da área específica. Na agricultura, é considerado uma camada arável, geralmente de poucos metros de espessura, com presença de raízes. A geologia o descreve como um material disposto em camadas que se estendem da superfície até a rocha, formado devido ao intemperismo químico. Para a pedologia, o solo é um conjunto de corpos naturais, contendo matéria viva e resultante da ação do clima e da biosfera sobre a rocha. É formado a partir de uma rocha desagregada mecanicamente até formar um material solto que, com o passar do tempo, torna-se espesso, modificando-se e individualizando-se (LEPSCH, 2002).

Alguns fatores interferem na formação do solo tais como material de origem, organismos, relevo, clima e tempo. O solo pode ser originado a partir de sedimentos transportados das áreas mais elevadas para as mais baixas ou a partir de rochas. O tipo de relevo intervém considerando que a quantidade de água que penetra no solo influencia na intensidade do intemperismo (BLAND e ROLLS, 1998; VAZ, 2003).

Quanto ao clima, os solos diferenciam-se de acordo com a intensidade do intemperismo, ou seja, em áreas tropicais, a alteração é mais rápida se comparada a áreas subtropicais. No entanto, por vezes, em área de 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 e estáveis, o período de formação do solo e da pedogênese deve ser considerado um fator importante na diversidade do manto intempérico e na evolução dos regolitos. Por esse motivo, é de suma importância considerar o conjunto de fatores que intervém 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; GRACHEVA *et al.*, 2001).

Os solos podem decorrer tanto da ação da erosão e transporte de materiais vindos de outro lugar, com características diferentes dos solos de origem, quanto através da decomposição da rocha subjacente. À medida que a rocha se transforma em solo, este vai-se diferenciando em camadas denominadas horizontes, distinguidos por suas propriedades - como cor, textura e estágio de intemperismo - e formados por processos

pedogenéticos, promovendo a adição, perda e transporte de materiais. Esses solos desenvolvidos *in situ* são produto do intemperismo químico e chamados de residuais (BEINROTH *et al.*, 1996; BLAND e ROLLS, 1998).

Os solos residuais caracterizam-se pela homogeneização pedogenética, sendo um horizonte superior homogêneo e isotrópico e outro horizonte heterogêneo e anisotrópico, onde predominam os processos de alteração intempérica (VAZ, 2003).

O conjunto desses horizontes, desde a superfície até o material de origem, denomina-se perfil de solo. As características observadas macroscopicamente como cor, textura, estrutura, cerosidade e consistência definem os horizontes morfológicos; já características determinadas através de análises laboratoriais definem os horizontes diagnósticos.

Por ser o solo composto de matéria orgânica e minerais, o perfil de alteração pode ser descrito através do material de origem e condições ambientais atuais, levando em consideração a ação dos agentes intempéricos físicos e químicos e sua intensidade.

Desse modo, a maioria dos perfis de solo encontrados no Brasil são caracterizados como materiais fortemente intemperizados, sendo denominados Oxisols, Sols Ferralíticos e Ferralsols, classificados, aqui no Brasil, como Latossolos (KER, 1998).

2.4 LATOSSOLOS

O termo Latossolo provém de Laterita; o primeiro possui várias definições de acordo com o tipo de pesquisador, como, por exemplo, mineralogista, geólogo e pedólogo. Contudo, o termo foi definido por Buchanan, em 1807, como um material importante para construções devido sua grande quantidade de ferro, que promove seu endurecimento quando exposto à superfície (SCHELLMAN, 1981).

Laterita é caracterizada como massa de argila endurecida, rica em ferro, com coloração variando entre vermelho e amarelo-ocre, utilizada na construção civil. E também, como todo produto intemperizado é rico em ferro e alumínio e apresenta óxidos e hidróxidos. Apresenta homogeneidade na composição química e mineralógica e é encontrada na Austrália, Índia e Brasil em climas característicos tropicais (TARDY e ROQUIN, 1991; TARDY, 1992; KER, 1998).

Schellman (1981) e Bland e Rolls (1998) consideram a Laterita produto de intemperismo cujo conteúdo de ferro e alumínio é maior que sílica e, constituída de minerais como goethita, hematita, hidróxidos de alumínio, caulinita e quartzo,

encontrado em ambientes tropicais. Melfi e Pedro (1977) acreditam que Laterita é um termo vago por considerar solos, materiais ferruginosos e perfis de intemperismo. Maack (1948) considera Lateritas do Brasil como produto de um longo período de formação.

Todas essas definições foram aprofundadas através de estudos realizados por pedólogos, em solos vermelhos tropicais que, por suas características morfológicas, são considerados Lateritas. Por isso, nomes são utilizados na ciência no solo para classificar solos tropicais, como Latossolo, Oxissolo e Solo Ferralítico. Contudo, em 1949, o termo Laterita foi definido como Latossolo por um grupo de cientistas. E, em meados dos anos 50, foi caracterizado como um material altamente intemperizado, rico em óxidos de ferro e alumínio desenvolvido em regiões tropicais (BEINROTH *et al.*, 1996; KER, 1998).

Além dessa característica geral, o Latossolo apresenta outras características como ser material friável (úmido), pouco plástico e pegajoso (molhado). É definido como solo profundo, com pouca diferenciação de horizontes, ausência de material primário ou pouco presente, pouca cerosidade, coloração homogênea, variando entre cores vermelhas e amarelas.

A distribuição de argila, ao longo do perfil, mostra-se sem muita variação; possui baixo conteúdo de silte em relação à argila e resulta de um longo e contínuo processo de intemperismo sob condições tropicais úmidas (BLAND e ROLLS, 1998; KER, 1998; LEPSCH, 2002; RESENDE *et al.*, 2007).

Devido a essas características, optou-se por manter a classificação antiga para definir alguns tipos de Latossolos presentes no Brasil (KER, 1998):

a) Latossolo Ferrífero: solos com coloração avermelhada, altos teores de óxido de ferro, bem drenados, estrutura granular, apresentam baixo valor de Ki e Kr (menor que 0,2);

b) Latossolo Roxo: solos com coloração vermelho-arroxeadada, altos teores de óxido de ferro, possuem textura argilosa ou muito argilosa, presença de caolinita, goethita e hematita, são férteis e pobres quimicamente, ricos em cálcio e magnésio devido à sua origem (basalto);

c) Latossolo Vermelho Escuro: coloração avermelhada, ocupam áreas planas ou suavemente onduladas, constituído de caolinita, gibbsita, goethita e hematita; diferencia-se do Latossolo Roxo por apresentar menos atração magnética;

d) Latossolo Vermelho Amarelo: coloração amarelada (goethita), apresenta baixos teores de óxido de ferro;

e) Latossolo Amarelo: é amarelo com baixos teores de óxido de ferro, caoliníticos;

f) Latossolo Bruno: coloração brunada, ocorrem em regiões úmidas, possui blocos subangulares, textura argilosa a muito argilosa, em áreas subtropicais a relação $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ define-se como $\text{Ki} > 1,5\%$ indo até $>2,5\%$;

g) Latossolo variação Una: cor bruno amarelada, apresenta teores de óxido de ferro variando entre médio e alto.

Os Latossolos, no Brasil, ocupam aproximadamente um terço da superfície, variando de acordo com o material de origem, relevo e condições climáticas. A última é que caracteriza a homogeneização das características morfológicas, químicas e mineralógicas. Magnetita, ilmenita e pequena quantidade de quartzo são características de solos derivados de rochas básicas, principalmente o basalto; e vermiculitas estão presentes em pequena quantidade nos Latossolos Brunos – solos brunos subtropicais (MELFI e PEDRO, 1977; KER, 1998; RESENDE *et al.*, 2005).

3 ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo corresponde a uma unidade geomorfológica representativa do remanescente da superfície aplainada VI, identificado por Paisani *et al.* (2008) no município de Mariópolis, Sudoeste do Paraná (Fig. 3). Tal unidade geomórfica exibe um perfil de alteração com mais de nove metros de espessura exposto em corte da rodovia BR – 280 (Fig. 4), sentido Francisco Beltrão/Clevelândia, situado a aproximadamente 880 m de altitude, entre as coordenadas 26° 21' 783" S e 52° 32' 360" W.

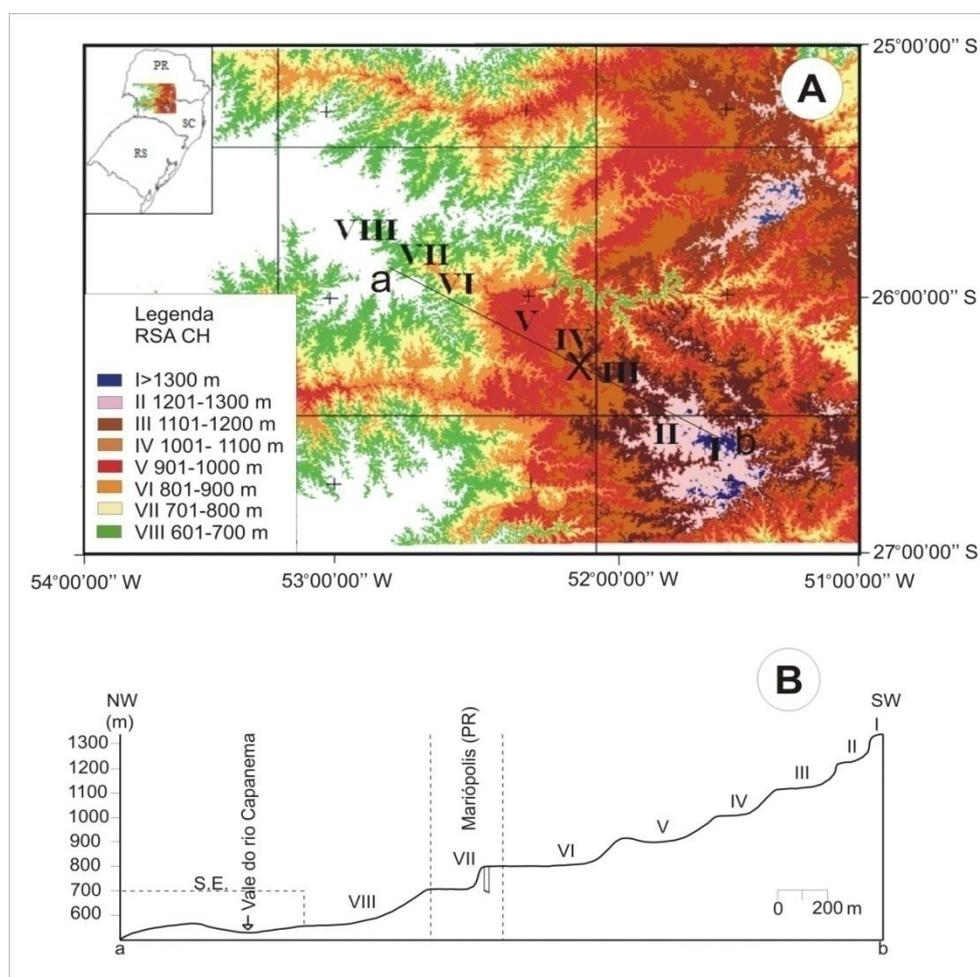


Figura 3 - Localização da área de estudo. A - Hipsometria do Planalto Basáltico na Região Sudoeste do Paraná e Noroeste de Santa Catarina mostrando a distribuição espacial de Remanescentes de Superfícies Aplainadas conforme Paisani *et al.* (2008), organizado por ANDRES, J. Nota-se a localização do perfil de alteração em reentrância do remanescente da superfície aplainada VI ("X" em área laranja). RSA: Remanescentes de Superfícies Aplainadas. CH: Classes Hipsométricas. a-b: Corte do Perfil Hipsométrico. B - Perfil Hipsométrico da imagem de radar classificada, indicando os Remanescentes de Superfícies Aplainadas e o perfil de alteração. a-b: Extensão do perfil hipsométrico. S.E: Superfície em elaboração. I, II...: Superfícies Aplainadas, conforme Paisani *et al.* (2008).



Figura 4 – Barranco exposto em corte da BR – 280, margem direita, sentido Francisco Beltrão/Clevelândia, demonstrando o perfil de alteração estudado.

A superfície aplainada VI corresponde à 2ª superfície regional, distribui-se pelos municípios de Abelardo Luz, Mariópolis, Vitorino, São Lourenço D'Oeste, Campo Erê, Palma Sola e Dionísio Cerqueira, abrangendo as regiões Sudoeste do Paraná e Noroeste de Santa Catarina, e mantêm o divisor regional entre os rios Iguaçu, ao Norte, e Uruguai, ao Sul. Ela exibe entre 12 e 16 Km de extensão nos municípios de Campo Erê, Palma Sola e Pato Branco e ocorre como relevos residuais em Flor da Serra, Francisco Beltrão e Manfrinópolis.

A espessura do perfil de alteração dessa área foi usada por Paisani *et al.* (2008) para considerar que a respectiva superfície foi elaborada pela hipótese da ação do intemperismo químico, processo de rebaixamento do terreno (*downwearing*) e a mais aceita para esta situação.

De modo geral, as superfícies encontram-se na unidade fisiográfica designada de Terceiro Planalto Paranaense (MAACK, 1981), sendo este mantido por derrames vulcânicos da Formação Serra Geral (NARDY *et al.*, 2002). Também conhecido como Planalto Basáltico (ALMEIDA, 1956), cuja extensão extrapola o limite estadual.

Em relação aos solos encontrados no remanescente de superfície aplainada VI, o mapa de solos da Embrapa (2008), escala 1:250.000, registra Latossolo Vermelho Distroférico e Nitossolo Vermelho Distroférico (Fig. 5).

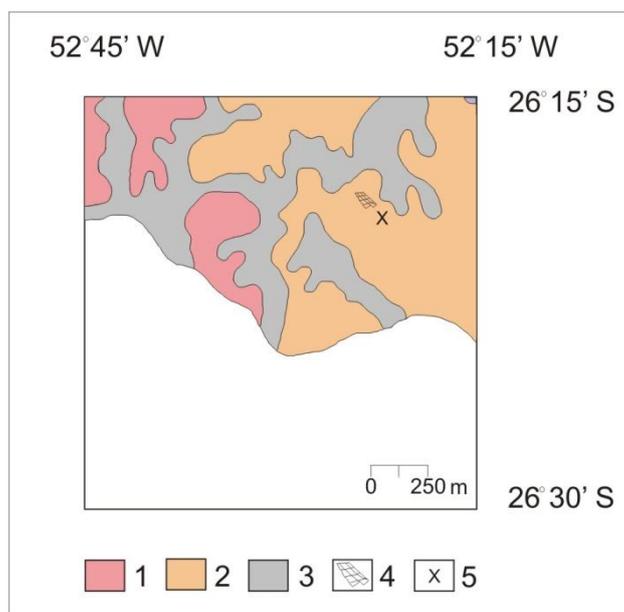


Figura 5 – Mapa de solo da área de estudo – Adaptado de Embrapa (2008). 1 - Latossolo Vermelho Distroférico. 2 - Nitossolo Vermelho Distroférico. 3 - Neossolo Regolítico eutrófico. 4 - Mariópolis/PR. X – localização do perfil de alteração estudado.

A vegetação natural, embora devastada e substituída por cultivos, caracteriza-se como Mata das Araucárias e Campos (MAACK, 1949). A sua ocorrência reflete as condições do clima subtropical da região, situado em latitude acima de 25° Sul e temperatura média de 25° C (BERNARD, 2008). O tipo climático da área de estudo, conforme a classificação de Köppen, é caracterizado como Cfa, mesotérmico temperado, com chuvas bem distribuídas durante o ano e verões quentes (MARTINS, 2003).

Através dos dados de médias de pluviosidade e temperatura da estação meteorológica de Clevelândia, município vizinho de Mariópolis (à Leste), exposto na figura 6, observa-se uma nítida redução da temperatura média anual nos meses de inverno, refletindo o fator latitude da área de estudo, bem como o fato das chuvas serem, em média, bem distribuídas durante o ano, com destaque de *superavit* hídrico em todas as estações do ano. Somam-se a isso os meses de outono e primavera que exibem maior volume de chuvas. Com base nesses dados, pode-se pensar que, de fato, a ideia de Paisani *et al.* (2008) procede, pois com o processo de intemperismo químico favorecido durante todos os meses do ano, quanto mais quente e úmido for o clima, mais intensa é a decomposição dos minerais que compõem a rocha (LEPSCH, 2002). No entanto, convém saber qual é o estágio de alteração dessa formação superficial.

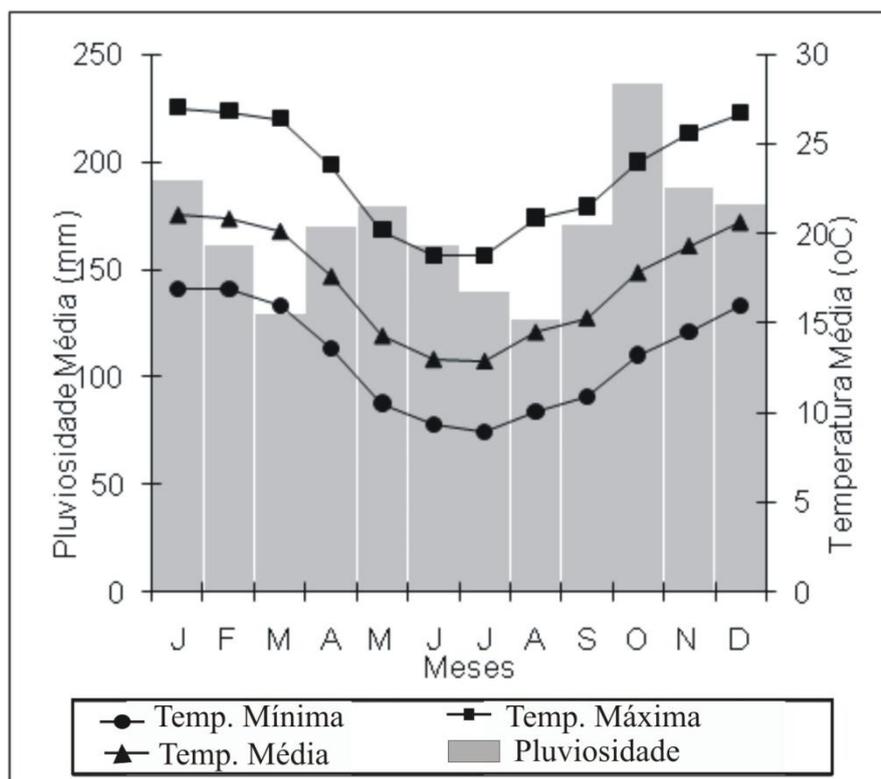


Figura 6 - Histograma de precipitação média e curvas de temperatura média da estação meteorológica de Clevelândia para o período de 1973 a 2009 (Fonte: www.iapar.br).

4 METODOLOGIA

Na ciência do solo existem muitas técnicas que o analisam e cada uma é utilizada dependendo da problemática abordada (MANFREDINI *et al.*, 2005). Essas técnicas são divididas em gabinete, campo e laboratório. Neste trabalho, foi realizada revisão bibliográfica, técnicas de descrição macromorfológica dos materiais em campo e as seguintes análises laboratoriais: a) granulometria, b) química de rotina, c) química analítica, d) teor de ferro, e) mineralogia da fração argila e f) descrição micromorfológica.

4.1 DESCRIÇÃO MACROMORFOLÓGICA

O perfil de alteração estudado foi descrito em campo seguindo procedimentos da ciência pedológica, conhecido como caracterização macromorfológica. Foram descritas as seguintes propriedades: a) cor, utilizando-se Carta de Munsell, disponível no Laboratório de Análise e de Formações Superficiais da Unioeste – Campus de Francisco Beltrão; b) forma e tamanho da estrutura; c) cerosidade; e d) consistência: solo seco (para verificar a dureza); úmido (quanto a friabilidade); e molhado (para determinar pegajosidade e plasticidade (MANFREDINI *et al.*, 2005). Tais propriedades foram descritas no perfil até a profundidade de 9,70 m, não se chegando ainda à base do barranco face material desmoronado (Fig. 7).



Figura 7 - Barranco exposto em corte da rodovia BR – 280, sentido Francisco Beltrão/ Clevelândia, demonstrando o perfil de alteração estudado. Nota-se o material desmoronado, soterrando a base do barranco a partir da linha pontilhada.

4.2 ANÁLISES LABORATORIAIS

4.2.1 Granulometria

Segundo a Embrapa (1997), a granulometria é utilizada como indicativo do estágio de intemperismo do solo e serve também para verificar se há movimentação de argila ao longo do perfil. Esse indicativo é pertinente, pois interessa tanto para a classificação pedológica quanto para a análise do estágio de alteração, quando considerada conjuntamente com os teores de ferro (COSTANTINI *et al.*, 2007).

Para caracterização granulométrica, coletou-se amostras do perfil a cada 0,10 m até a profundidade 6,70 m e, a partir daí, a cada 0,20 m. Dessas amostras, foram selecionadas treze para representar os cinco horizontes identificados em campo, sobretudo pelas propriedades estruturais. Do horizonte 1, foi tratada uma amostra entre 0,10-0,20 m de profundidade; do horizonte 2 e 3, tratou-se duas amostras. Em relação ao primeiro, entre 0,50-0,60 e 1,00-1,10 m, e, em relação ao segundo, entre 1,60-1,70 e 2,00-2,10 m de profundidade. Já do horizonte 4, foram tratadas sete amostras, respectivamente, nas profundidades de 2,50-2,60 m, 3,60-3,70 m, 4,60-4,70 m, 5,60-5,70 m, 6,60-6,70 m, 7,50-7,70 m, e 8,50-8,70 m. Enfim, no horizonte 5, foi tratada uma amostra na profundidade de 9,10-9,30 m.

A granulometria foi realizada no Laboratório de Análise de Formações Superficiais da UNIOESTE – Campus Francisco Beltrão, seguindo o método de peneiramento para fração grossa e pipetagem para a fração fina, utilizando-se separação via úmida com solução defloculante de Hexametáfosfato de sódio tamponado com carbonato de sódio anidro, conforme rotina do laboratório baseada em Paisani (1998).

Os resultados da granulometria estão expressos em percentuais e foram plotados, inicialmente, em gráfico de linhas para verificação da variabilidade dos teores de areia, silte e argila com a profundidade e plotados, no diagrama triangular, para classificação textural dos horizontes.

4.2.2 Química de Rotina

A química de rotina é utilizada para classificação pedológica da porção do perfil de alteração estudado, até aproximadamente 2 m de profundidade, segundo o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos - SIBCS (EMBRAPA, 2006).

As amostras coletadas para as análises foram determinadas conforme a individualização dos horizontes, sendo no total três amostras. Para os horizontes 1, 2 e 3, que se distribuem na profundidade descrita, coletou-se uma amostra, respectivamente,

em: 0-0,10 m, 1,00-1,10 m e 2,00-2,10 m para cada horizonte. Tal análise foi realizada pelo Laboratório de Química e Fertilidade do Solo do IAPAR/UTFPR, Pato Branco/PR.

4.2.3 Química Analítica

Como se pretende identificar o estágio de intemperismo da cobertura superficial do remanescente da superfície aplainada VI, procedeu-se a determinação dos dez principais óxidos (SiO ; Al O ; Fe O ; TiO ; MnO; MgO; CaO; K O; Na O ; P O), o óxido de ferro (FeO) e a água combinada (H O+), de um total de seis amostras referentes aos horizontes 2, 3, 4 e 5. Coletou-se uma amostra de cada horizonte, à exceção do horizonte 4, do qual se obtiveram três amostras, face a sua significativa espessura, respectivamente, das seguintes profundidades: 1,00-1,10 m, 2,00-2,10 m, 4,00-4,10 m, 5,00-5,10 m, 7,10-7,30 e 9,10-9,30 m.

Tais determinações foram realizadas pelo laboratório de Fluorescência de Raio X e de Química do Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo (IG/USP).

Esses parâmetros foram aplicados aos índices de Reiche (1950 *apud* Goudie, 1981; RUXTON, 1968) referentes ao potencial de intemperismo (WPI) e produto do intemperismo (PI), bem como aos índices Kr e Ki (MONIZ, 1972).

$$(1) \text{ WPI} = \frac{100 (\text{K O} + \text{Na O} + \text{CaO} + \text{MgO} - \text{H O} +)}{\text{SiO} + \text{Al O} + \text{Fe O} + \text{TiO} + \text{FeO} + \text{CaO} + \text{MgO} + \text{Na O} + \text{K O}}$$

$$(2) \text{ PI} = \frac{100 \text{ SiO}}{\text{SiO} + \text{TiO} + \text{Fe O} + \text{FeO} + \text{Al O}}$$

$$(3) \text{ Kr} = \frac{\text{SiO}}{\text{Al O} + \text{Fe O}}$$

$$(4) \text{ Ki} = \frac{\text{SiO}}{\text{Al O}}$$

4.2.4 Teor de Ferro

Alguns métodos são utilizados para analisar os processos de formação do solo e também para distinguir o estágio de evolução mineralógica do perfil. A análise de óxido de ferro, no interior dos perfis de alteração, é um desses métodos, em que a hematita e a goethita são considerados os principais óxidos, considerando as condições pedogenéticas presentes (COSTANTINI *et al.*, 2006).

No presente trabalho, a determinação do teor de ferro oxalato (Feo), ferro ditionito (Fed) e ferro total (Fet) são os primeiros dados referentes às fases amorfa e cristalina. Foram feitas cinco amostras referentes aos horizontes identificados ao longo do perfil, para as seguintes profundidades: 1,00-1,10 m, 2,00-2,10 m, 3,60-3,70 m, 6,60-6,70 m e 9,10-9,30 m. Tais determinações foram realizadas pelo Laboratório de Solos da ESALQ, que determinou o teor de ferro total na dissolução de extratos obtidos pela digestão ácida com mistura de HCl:HNO₃:HF.

Diante desses parâmetros de ferro, foram estabelecidas as razões: a) Fed/Fet; b) Feo/Fed; c) Fet/argila, igualmente a Tsai *et al.* (2007).

4.2.5 Mineralogia da Fração Argila

A mineralogia da fração argila foi utilizada para determinar os argilominerais produzidos pelo intemperismo, pois os tipos de argilominerais presentes expressam, além de outras propriedades, a intensidade do intemperismo (KER, 1998). Foram selecionadas cinco amostras, ao longo do perfil, nas mesmas profundidades das amostras submetidas ao teor de ferro. As determinações foram realizadas pelo Laboratório de Difractogramas de Raio-X da UFRGS, por meio da técnica de difratograma de raio -X.

A identificação dos minerais é feita com a utilização das fichas de dados de difração de JCPDS (Centro Internacional de Dados de Difração) (EMBRAPA, 1997), além das informações trazidas por Resende *et al.* (2005).

4.2.6 Descrição Micromorfológica

A micromorfologia refere-se à identificação e definição dos constituintes do solo e dos produtos do intemperismo a fim de formular hipóteses acerca da dinâmica genética e evolutiva desses materiais (CASTRO, 2002).

No campo, foram coletadas oito amostras indeformadas para análise micromorfológica, seguindo a metodologia de Castro (2002) e de acordo com os horizontes previamente identificados. No horizonte 2, duas amostras foram selecionadas para confecção da lâmina, em 0,40 m e 1,10 m de profundidade; no horizonte 3, apenas uma amostra, em 2,10 m de profundidade; e, no horizonte 4, cinco amostras, seguindo 3,00 m, 4,00 m, 5,10 m, 6,05 m e 7,95 m de profundidade.

A impregnação e a confecção de lâminas delgadas foram feitas pelo Laboratório de Micromorfologia do Departamento de Geociências, da UNICAMP, e

foram analisadas e descritas no Laboratório de Microscopia Ótica da UNIOESTE - Campus Francisco Beltrão, conforme critério e terminologia proposta por Castro (2002) e Stoops (2003).

5 RESULTADOS

5.1 MORFOLOGIA

5.1.1 Descrição Física

As características físicas do perfil de alteração estudado, reconhecidas em campo e laboratório, serão apresentadas de forma sistemática por horizonte de solo, como ilustrado nas figuras 8 e 9. As anotações de campo, referentes à estrutura, cerosidade, cor e consistência, encontram-se nos apêndices A e B.

Na extensão de 9,50 m do perfil de alteração exposto no barranco à beira da BR-280, foram reconhecidos seis horizontes de solo.

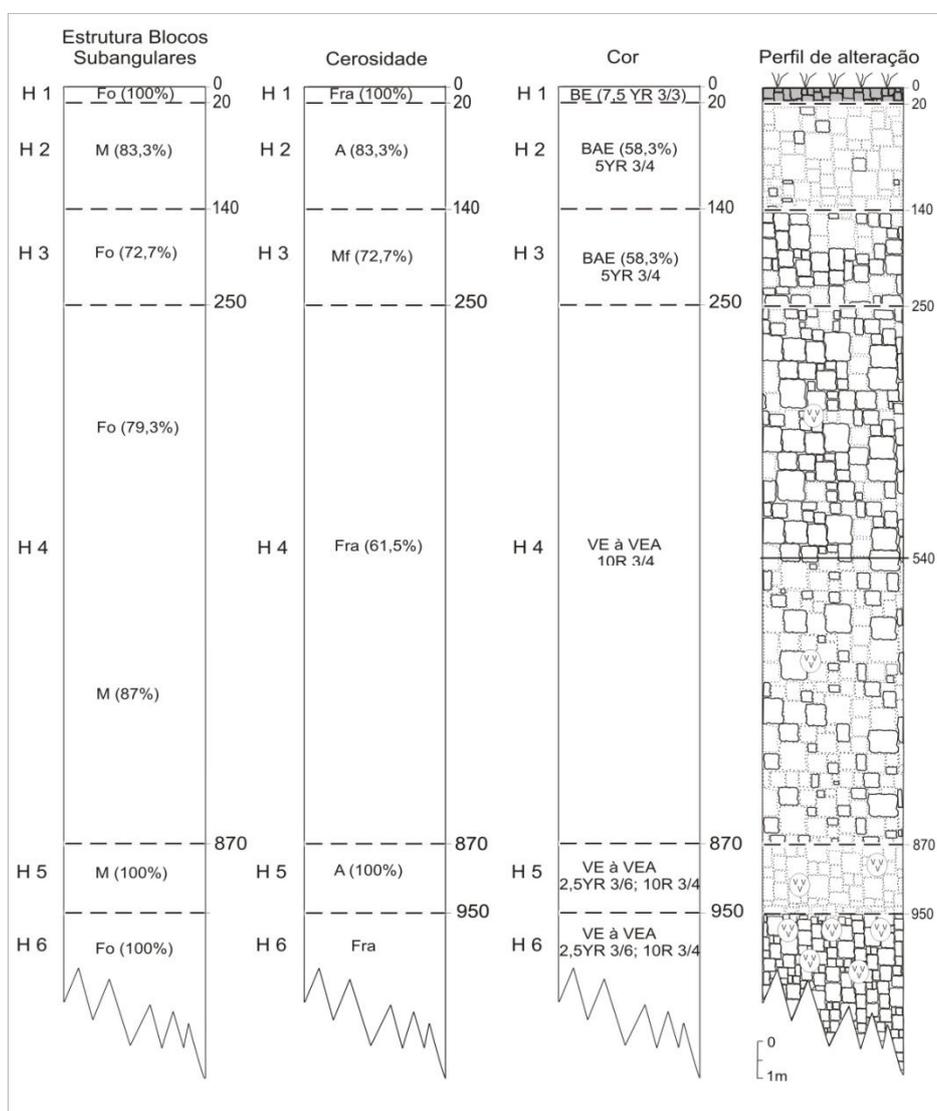


Figura 8 - Esquema demonstrando os resultados da descrição física do perfil de alteração estudado. H = horizontes; M = moderado; Fo = forte; A = ausente; Fra = fraca; Mf = muito fraca; BE = bruno escuro; BAE = bruno avermelhado escuro; VE = vermelho escuro; VEA = vermelho escuro acinzentado; \textcircled{V} = litoreliquia.

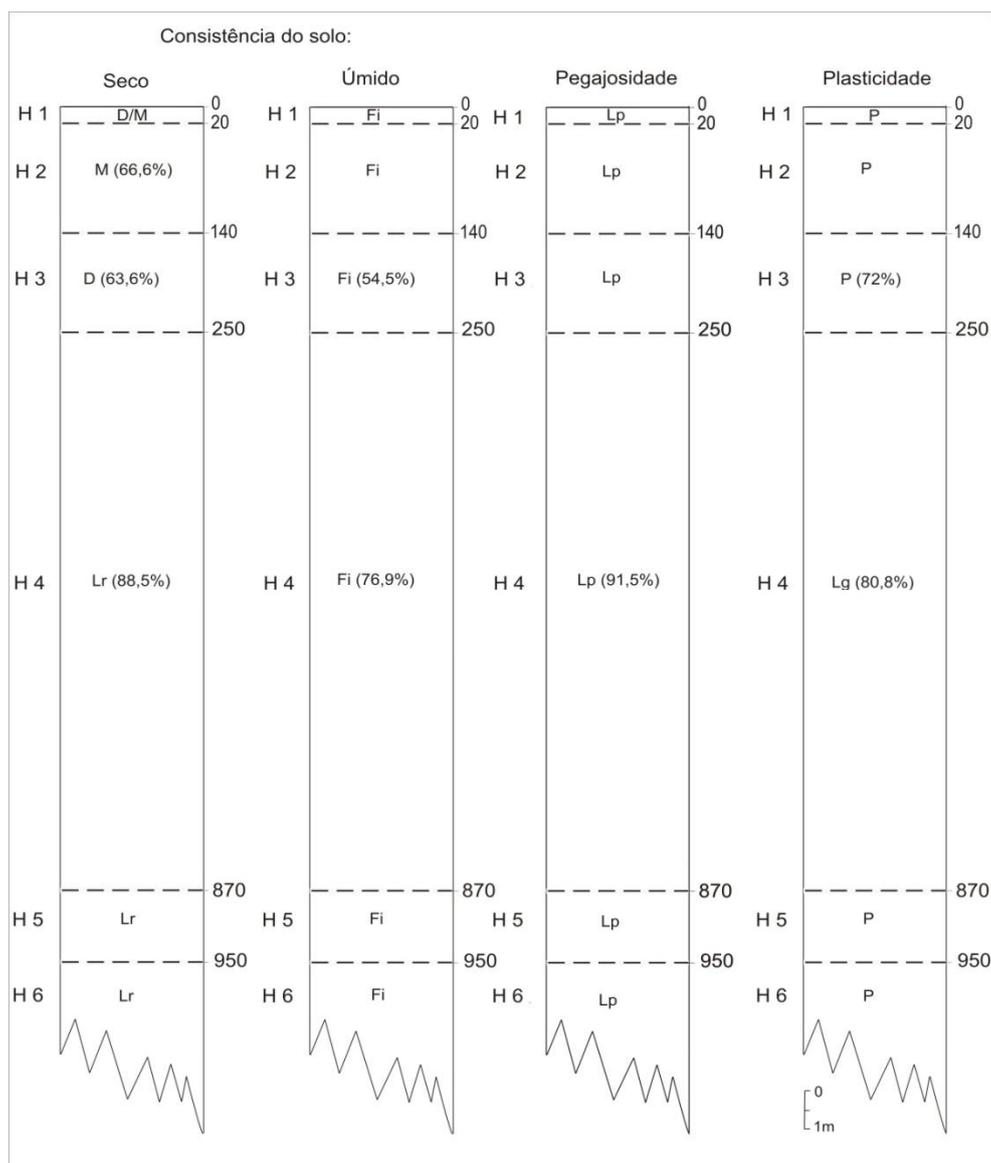


Figura 9 – Esquema 2 demonstrando os resultados da descrição física do perfil de alteração estudado. H = horizontes; D = duro; M = macia; Lr = ligeiramente duro; Fi = friável; Lp = ligeiramente pegajoso; P = plástico; Lg = ligeiramente plástico.

O horizonte 1 estende-se de 0 a 0,20 m de profundidade, mostra-se com estrutura forte em blocos subangulares, cor bruno escura (7.5 YR 3/3), cerosidade fraca, ligeiramente pegajoso, plástico, com consistência variando de macia a dura quando seco, e friável quando úmido.

O horizonte 2 encontra-se entre 0,20 e 1,40 m de profundidade, apresenta estrutura moderada em blocos subangulares, cerosidade muito fraca, localizada entre 0,30 e 0,40 m de profundidade, cor bruno avermelhado escuro (5 YR 3/4), ligeiramente pegajoso, plástico, com consistência macia quando seco, e friável quando úmido.

Entre 1,40 e 2,50 m de profundidade individualiza-se o horizonte 3, que exhibe estrutura forte em blocos subangulares, ausência de cerosidade, cor bruno avermelhado escuro (5 YR 3/4). É ligeiramente pegajoso, plástico, com consistência dura quando seco, e friável quando úmido.

O horizonte 4 encontra-se entre 2,50 e 8,70 m de profundidade, exhibe estrutura forte em blocos subangulares predominante até 4,90 m e passando para moderada em direção à profundidade; apresenta fraca cerosidade, cor variando entre vermelho escuro (2,5 YR 3/6) e vermelho escuro acinzentado (10 R 3/4), sendo ligeiramente pegajoso, ligeiramente plástico, com consistência ligeiramente dura quando seco, e friável quando úmido. Apresenta pedoturbação entre 2,70 e 2,80 m de profundidade; apresenta 1% de litorelíquias de cor amarela, porosidade e grão de quartzo entre 2,90 e 3,10 m de profundidade. Nas profundidades 3,90 e 4,00 m e 4,10 e 4,20 m, observa-se litorelíquias na mesma proporção com 1 x 0,5 cm de diâmetro.

O horizonte 5 encontra-se entre 8,70 e 9,50 m, tem estrutura moderada em blocos subangulares, ausente em cerosidade, cor variando entre vermelho escuro (2,5 YR 3/6) e vermelho escuro acinzentado (10 R 3/4); é ligeiramente pegajoso, plástico, com consistência ligeiramente dura quando seco, friável quando úmido e cerca 2% de litorelíquias.

Enfim, o horizonte 6 encontra-se a partir de 9,50 m de profundidade, apresentando forte estrutura em blocos subangulares, fraca cerosidade, cor variando entre vermelho escuro (2,5 YR 3/6) e vermelho escuro acinzentado (10 R 3/4); é ligeiramente pegajoso, plástico, consistência ligeiramente dura, quando seco, e friável quando úmido. Entre as profundidades 9,50 e 9,70 m, o perfil volta a ficar homogêneo e apresenta 20% de litorelíquia.

5.1.2 Granulometria

A granulometria dos horizontes de solo foi estabelecida para verificar: a) a distribuição das principais frações: areia, silte e argila, em profundidade (percentual verificado no apêndice C); b) as relações silte/argila e c) a classe textural dos horizontes.

Em relação à distribuição geral das frações areia, silte e argila, os percentuais granulométricos do perfil de alteração estão representados na figura 10, onde observa-se que, a partir de 5,70 m de profundidade, há um aumento na fração areia até 9,30 m.

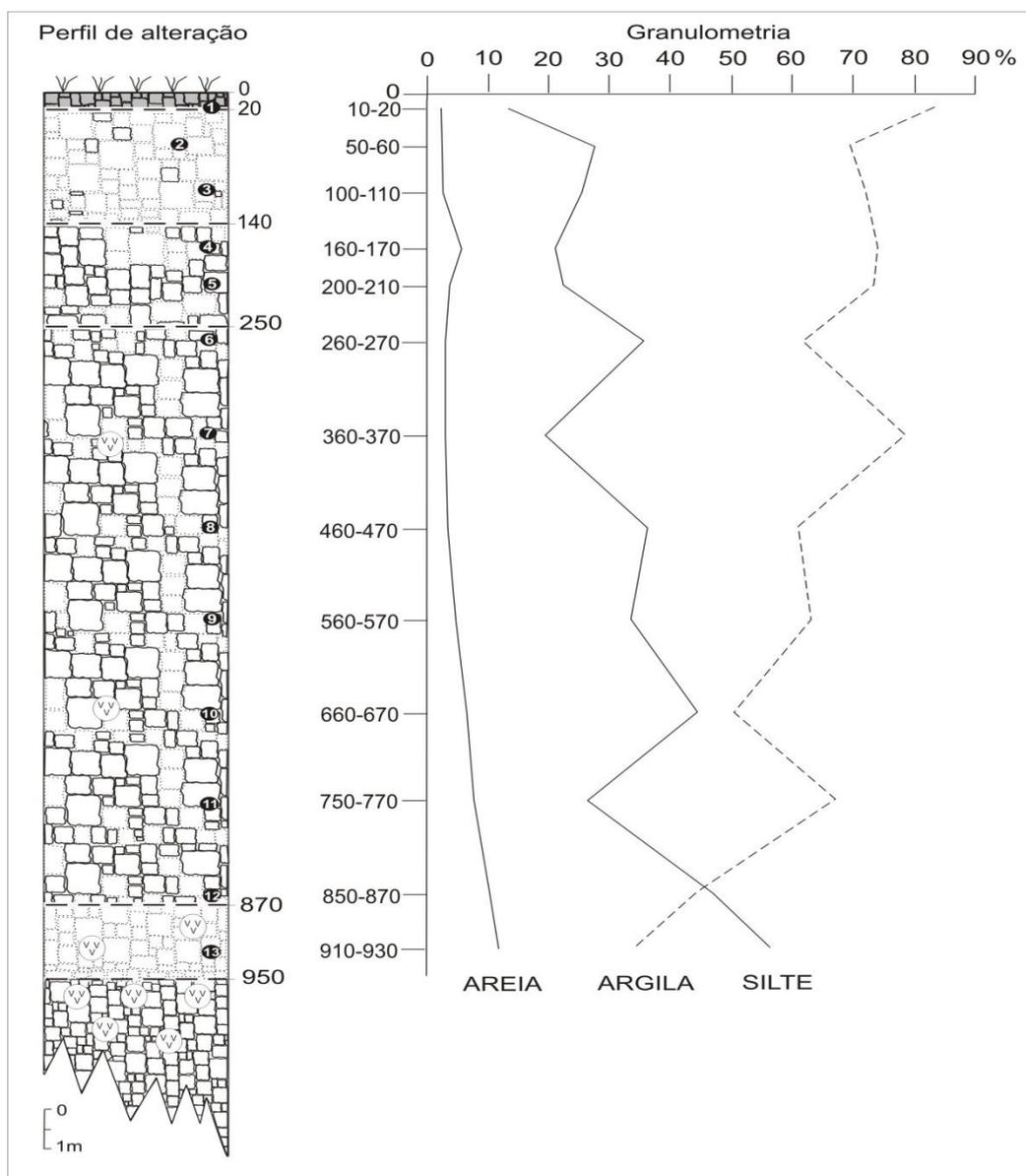


Figura 10 – Perfil de alteração com os percentuais de areia, silte e argila dispostos segundo a profundidade.

Em relação à classe textural, como se pode observar na figura 11, as amostras variaram de muito argilosa a argilosa e siltosa. A textura muito argilosa predomina nos horizontes 1 (amostra A1), 2 (A2, 3), 3 (A4, 5) e do topo até a metade do horizonte 4 (A6, 7, 8, 9). Em direção à base, tal horizonte exibe textura argilosa (A10, 12) intercalada com muito argilosa (A11). A textura siltosa é registrada apenas para o horizonte 5 (A13).

Quando os dados encontrados da relação silte/argila sendo valores inferiores a 0,6%, confirma sua textura argilosa (Apêndice C).

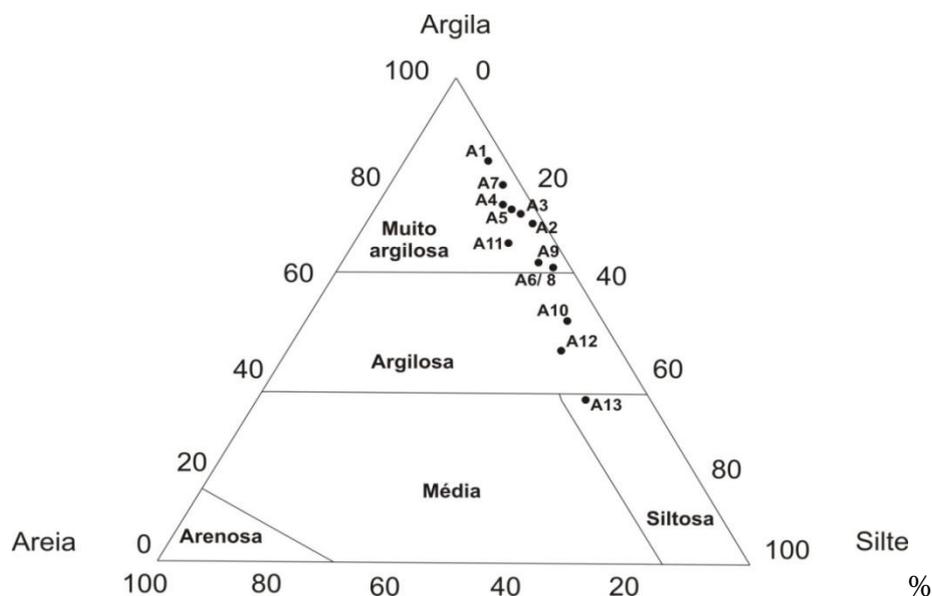


Figura 11 – Classe textural dos horizontes identificados segundo Embrapa (2006). A = amostra.

5.1.3 Caracterização química de rotina

A química de rotina visa classificar a porção de solo até dois metros de profundidade da cobertura pedológica. Os resultados estão expressos na Tabela 1 onde os dados apresentam-se organizados por horizonte e profundidade.

Tabela 1 – Análise química de rotina

		Volume		
		1	2	3
Prof. (m)		0-0,10	1,00-1,10	2,00-2,10
pH (CaCl)		4,60	4,40	4,60
MO (gdm)		58,97	20,10	6,70
mgdm ³	P	1,67	1,67	0,99
	Cu	1,06	0,50	0,15
	Fe	28,77	23,82	29,95
	Zn	1,17	1,07	0,86
	Mn	57,29	21,27	11,73
Cmol c dm ³	K	0,20	0,18	0,13
	Al ³	0,35	0,22	0,02
	H+Al	7,13	5,35	3,68
	Ca	3,02	0,41	0,55
	Mg	2,75	0,88	0,53
	SB	5,97	1,47	1,21
%	V	45,57	21,55	24,74
	Sat. Al.	5,54	13,02	1,63
Índ. SMP		5,60	5,90	5,40
CTC		13,10	6,82	4,89

Tabela 1 – Análise química de rotina. Prof – profundidade; V – índice de saturação de bases; Sat. Al. – saturação do alumínio; Índ. SMP – Índice SMP; CTC – capacidade de troca catiônica.

Observando a tabela 1, nota-se que a maioria dos elementos tem seus valores diminuídos em profundidade, à exceção do pH e o Fe que voltam a apresentar valores próximos, ou maiores, aos do horizonte 1. Em relação ao pH, os valores inferiores a 5,6 em todos os horizontes, caracterizando um solo ácido (EMBRAPA, 1999).

O perfil estudado apresenta saturação de bases inferior a 50%. Analisando esse dado, juntamente com o valor da matéria orgânica (58,97 gdm³) e descrição da cor (apêndice A), pode-se dizer que se tem um horizonte A moderado no topo do perfil (0 – 0,20 m) (EMBRAPA, 2003; 2006).

Em relação ao horizonte B, o perfil de alteração estudado apresenta valor de saturação de bases de 24,74 a 21,55, CTC entre 6,82 e 4,89 e pH variando de 4,40 a 4,60. Esses dados são próximos aos Latossolos encontrados por Silva Neto *et al.* (2008), que apresentaram baixos teores de bases (23 a 27%), CTC entre 4,4 e 7,4 e pH variando de 4,9 a 5,3 caracterizando materiais com estágio avançado de intemperismo.

Considerando ainda a CTC, conforme a Embrapa (1999; 2006), em horizonte B latossólico, o valor deve ser menor que 17 cmol_c/Kg, como verificado na Tabela 1.

Até o momento, convém totalizar os resultados da macroestrutura verificando a presença de horizonte B nítico ou latossólico, estrutura em blocos subangulares e relação silte/argila indicando um horizonte Bw, assim como, os parâmetros pH, saturação de bases e CTC da química de rotina.

Assim, o horizonte 1 corresponde ao horizonte A moderado (0 - 0,20 m) e os horizontes 2 e 3 a um B latossólico.

5.2 MICROMORFOLOGIA

A micromorfologia é utilizada visando contribuir na diferenciação dos horizontes de solo através da organização e distribuição interna dos materiais. Foram analisadas oito lâminas dos horizontes 2, 3 e 4, descritas a seguir.

O horizonte 2 exibe distribuição relativa dos constituintes do tipo porfírica aberta com cerca de 45% de plasma, 18% de esqueleto e 37% de poros. O plasma encontra-se distribuído de forma aleatória, parcialmente acomodado a não acomodado e com cor variando entre vermelho-amarelado (5 YR 4/6) e vermelho-escuro (2,5 YR 3/6); as cores representam depleção e acumulação de ferro (Fig. 12A; 12B); o esqueleto possui dimensão areia muito fina, com distribuição aleatória e rugosidade alisada; predominam grãos isotrópicos, que podem ser ilmenita e ou magnetita; grãos de quartzo são rasos e em tamanho inferior a 100 µm; os poros, do ponto de vista genético, são do

tipo pedoporos; predominam poros fissurais, com presença de alguns poros

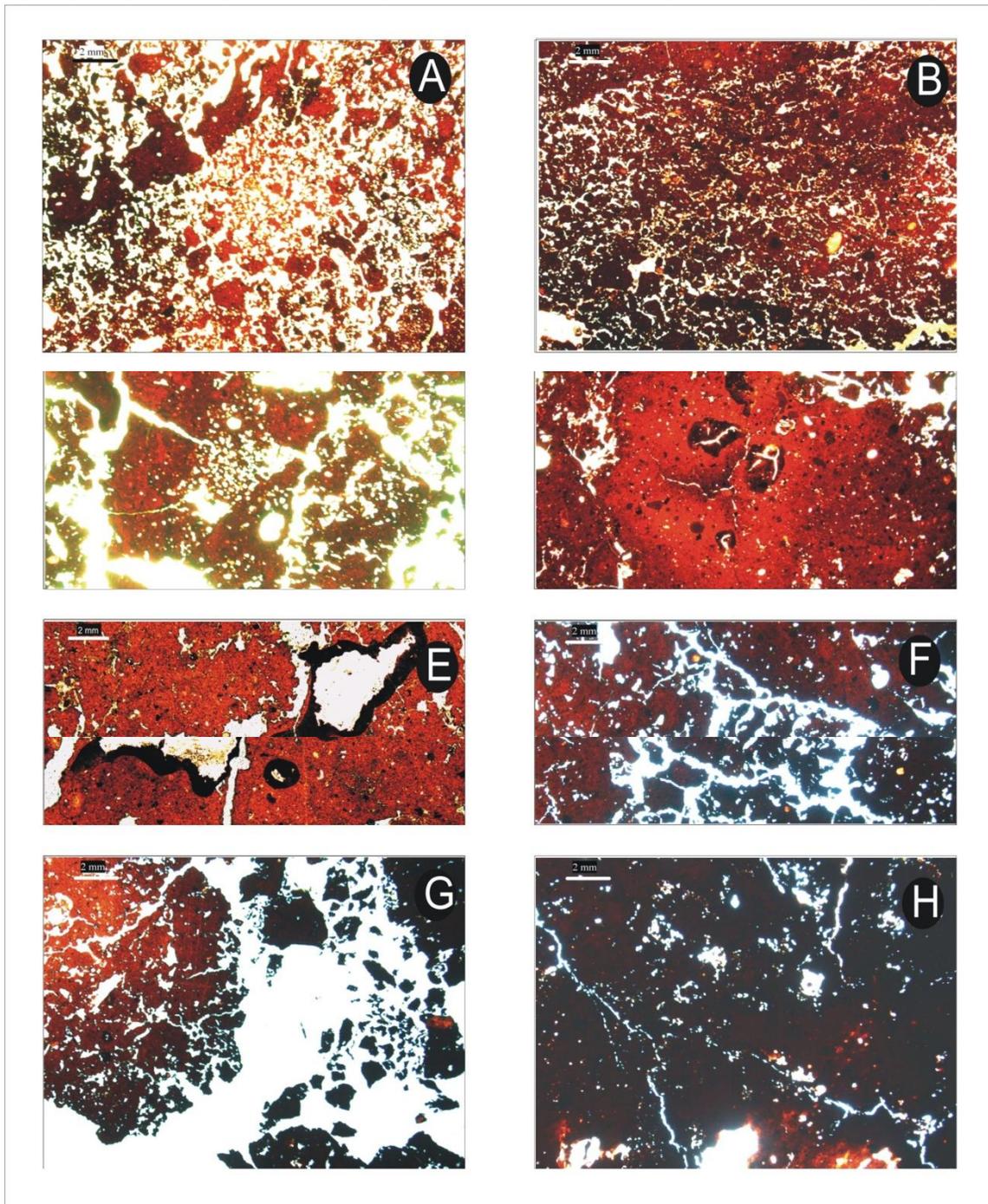


Figura 12 – Imagens micrográficas dos horizontes 2 (A, B), 3 (C) e 4 (D, E, F, G, H) do perfil de alteração, com lente 1x e luz natural e escala = 2 mm. A e B = microestrutura granular evoluindo de agregado à microagregados; C = microestrutura em blocos subangulares, localmente agregada; D = microestrutura em blocos subangulares com início de microagregação; E = microestrutura em blocos subangulares com amígdala preenchida com calcedônia e acumulação de ferro; F = microestrutura em blocos, concentração de ferro e bioturbação; G = microestrutura em blocos e depleção (próximo à A3); H = microestrutura em blocos, localmente granular, com concentração de ferro e depleção no centro dos blocos.

No horizonte 3, registra-se 40% de plasma, 10% de esqueleto e 50% de poros. No plasma, a estrutura mostra-se moderadamente desenvolvida, distribuindo-se de forma porfírica aberta, com cor variando entre vermelho-escuro (2,5 YR 3/6) e bruno-avermelhado-escuro (5YR 3/3). Observa-se, a partir da porosidade fissural, remobilização de ferro (depleção) e concentração deste constituinte (Fig.12C). No que se refere aos grãos do esqueleto, predominam os mesmos tipos de grãos mencionados no horizonte 2. A dimensão dos grãos de esqueleto é de areia muito fina, com rugosidade ondulada e distribuição aleatória. A porosidade apresenta-se fissural evoluindo para intergranular complexa. A dimensão dos poros está entre 75 – 1000 μm (macroporos muito finos), originários de processos pedogenéticos, distribuídos de forma aleatória; os agregados entorno das fissuras estão parcialmente acomodados, mostrando que o solo é parcialmente evoluído (Fig.12C).

O horizonte 4 apresenta uma distribuição relativa que se mantém como porfírica, aberta apenas na profundidade 6,05 m, registrando entre 65 a 70% de plasma do topo ao centro do horizonte e, na base, encontra-se entre 45 e 55%. Em relação ao esqueleto tem-se redução de 13% para 5% em direção à base. Inversamente, a porosidade mostra-se com uma variação de 17 a 25% entre o topo e a porção central do horizonte e aumento considerado, 40 a 48 % de poros na base. Em relação ao topo e centro do horizonte, percebe-se um moderado desenvolvimento de agregados (pedalidade), enquanto, na base, ocorre um fraco a moderado grau de desenvolvimento de agregados (Fig.12H). Sobre o grau de acomodação dos agregados, no topo, estes caracterizam-se como parcialmente acomodados (Fig.12D); no centro, parcialmente acomodados a não acomodados e, na base, acomodados a parcialmente acomodados (Fig. 12E; 12F). As cores do topo e da base caracterizam-se como vermelho-escuro (2,5 YR 3/6) e, no centro, é vermelho (10 R 4/8).

A respeito do esqueleto, observou-se ser constituído de minerais similares aos dos horizontes anteriores, com predomínio de ilmenita e/ou magnetita. Grãos de quartzo, identificados no topo e no centro do horizonte, somam cerca de 5%, e são ausentes na base. Sobre a dimensão do esqueleto, o topo e o centro apresentam areia muito fina, e, na base, areia fina; ambos distribuem-se de forma aleatória/não orientados (Fig. 12D). Os grãos do esqueleto apresentam sua forma de ondulada para alisada.

Os poros são caracterizados como pedoporos, distribuem-se de forma aleatória e com rugosidade ondulada em todo o horizonte; do topo para base, a classificação dimensional caracteriza-se como mesoporos a microporos; sua forma é classificada

como fissuras (Fig. 12D-H); apenas na profundidade de 6,05 m apresentam-se como intergranulares complexo (Fig. 12G).

A microestrutura granular, evoluindo para microgranular, sugere que o horizonte 2 corresponde a um horizonte B latossólico; classificação já apontada pelos resultados da granulometria e química de rotina. Esta característica muda no horizonte 4, passando de estrutura em blocos a granulares, apontado pelos mesmos parâmetros como B nítico.

A apresentação dessas observações permitem a interpretação de que se tem um horizonte B latossólico na parte superior do perfil resultante da evolução de um horizonte B nítico, ainda presente na parte inferior do perfil.

5.3 MINERALOGIA DA FRAÇÃO ARGILA

A mineralogia da fração argila do perfil de alteração estudado - representada na Figura 13 - foi realizada para os horizontes 2, 3, 4 e 5, principais horizontes subsuperficiais do solo.

Em todos os horizontes, nota-se a presença e a uniformidade nos teores de caolinita (1:1) e gibbsita (1:1), indicando um estágio avançado de pedogênese (MELO *et al.*, 2008). Considerando ainda Melo *et al.* (2008), a formação de caolinita foi observada em Latossolo Bruno, atribuindo isso à composição química e mineralógica do material de origem – basalto – e ao clima, similar ao encontrado em Latossolos Vermelho originados de basalto (CURI e FRANZMEIER, 1984).

Mondenese-Gauttieri *et al.* (2010), registraram evidências de intemperismo menos intenso, caracterizado pelo predomínio de caolinita, produto de menor perda de sílica – monossilicização. Por outro lado, há solos que apresentam baixos teores de material amorfo devido ao alto grau evolutivo dos solos (MELO *et al.*, 2008). Já nas quatro amostras, analisadas nesta pesquisa, percebe-se um aumento na quantidade de caolinita, em profundidade, exceto na amostra 4, acompanhada de sua cristalinidade que diminui até esta profundidade.

Algumas particularidades são percebidas na Figura 13, como a presença de vermiculita e K-feldspato. A vermiculita é considerada expressiva em solos brunos (RESENDE *et al.*, 2005), é encontrado nas quatro primeiras amostras. Nota-se uma diminuição na quantidade até a amostra três, juntamente com sua cristalinidade. A partir daí, a quantidade aumenta em proporção pequena, e, em 9,30 metros de profundidade,

ela desaparece (Fig. 13). Segundo Ker (1998), em Latossolos, a vermiculita é encontrada em menores proporções.

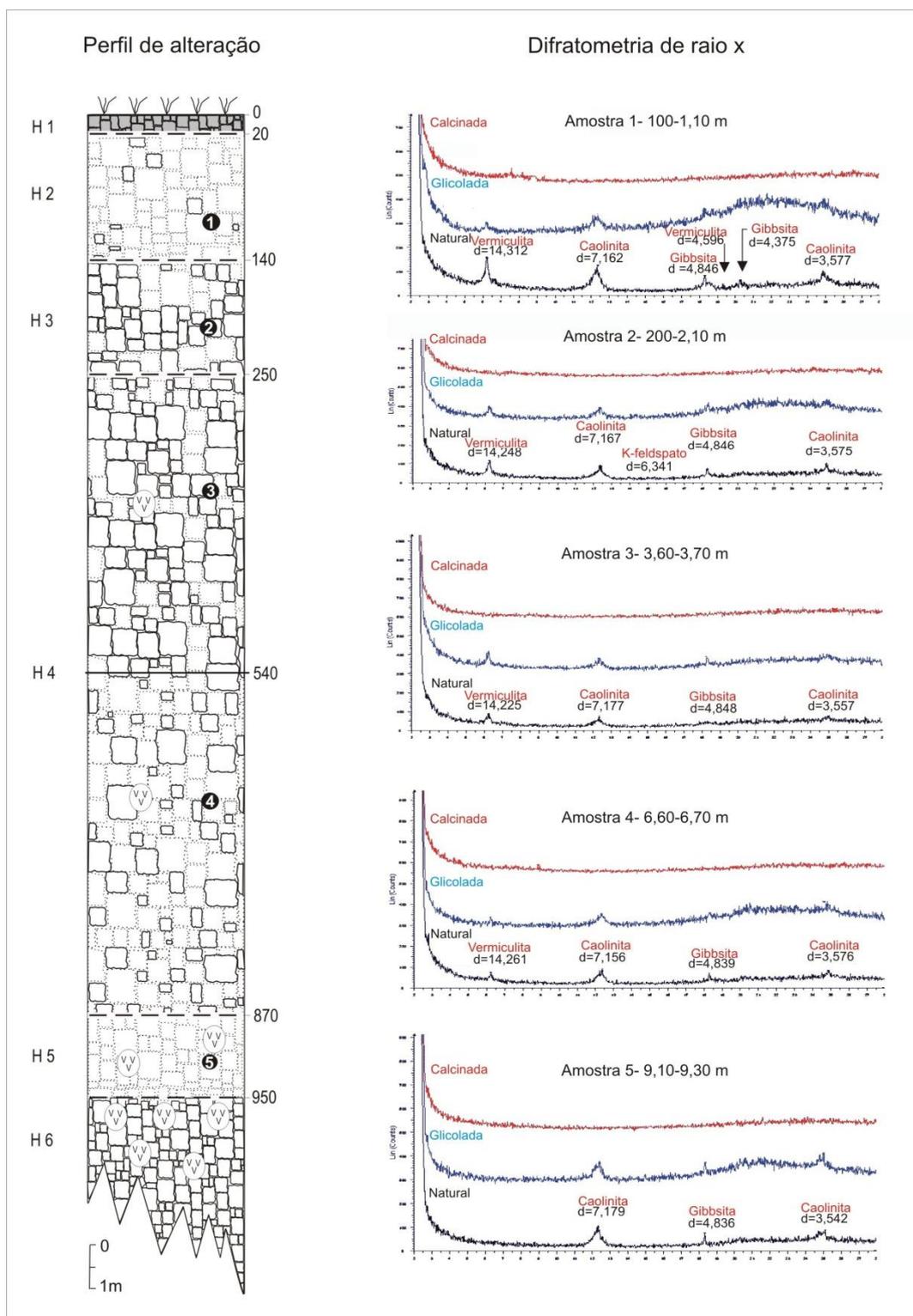


Figura 13 - Mineralogia de argila dos principais horizontes subsuperficiais do perfil de alteração estudado. H = horizonte.

Sobre o K-feldspato, de acordo com Resende *et al.* (2005), minerais primários originam argilominerais durante o processo de intemperismo. Considerando isso e o fato de que aquele foi encontrado apenas no volume 3, e em pouca quantidade, pode-se considerar que o solo estudado com base na mineralogia de argila apresenta um estágio avançado de intemperismo, nos horizontes 2 e 3, levando a pensar em Bw.

5.4 TEORES DE FERRO

Os teores de ferro são parâmetros utilizados por diferentes autores para verificar o estágio de evolução mineralógica do solo e perfis de alteração (BECH *et al.*, 1997; KAMPF e CURI, 2000; COSTANTINI *et al.*, 2006; COSTANTINI *et al.*, 2007; TSAI *et al.*, 2007; SILVA NETO *et al.*, 2008; TSAI *et al.*, 2010).

Neste estudo, tais teores foram obtidos para cinco amostras dos mesmos níveis das análises de mineralogia da fração argila. Os resultados partiram da extração de Ferro pelos métodos de ditionito-citrato-bicarbonato (Fed) e oxalato de amônio (Feo) bem como o teor total (Fet). As razões entre estes estão expostas na Tabela 2.

Tabela 2 – Teores de ferro a partir da extração e respectivas razões

Volumes	Profundidade (cm)	Extrações (%)			Fed/Fed	Fed/Fet	Fet/argila	(Fed-Feo)/Fet
		Fed	Feo	Fet				
V 2	100-110	11,08	0,57	20,73	0,05	0,53	0,29	0,51
V 3	200-210	9,22	0,58	20,38	0,06	0,45	0,28	0,42
V 4	360-370	9,72	0,49	18,59	0,05	0,52	0,24	0,50
	660-670	10,01	0,37	22,88	0,04	0,44	0,46	0,42
V 5	910-930	10,07	0,31	25,38	0,03	0,40	0,75	0,39

Os teores de Fed variaram de 9,22 a 11,08 % e indicam se tratar de teores médios de ferro de alta cristalinidade (TSAI *et al.*, 2007). O horizonte 2 exibe o maior teor de Fed, sugerindo tratar-se que a cristalinidade do ferro é resultante de processos pedogenéticos (SILVA NETO *et al.*, 2008).

Já o Feo (oxalato de amônio) apresentou teores que variaram de 0,31 a 0,58 %, com tendência, na maioria, de decréscimo com a profundidade no perfil. O Feo expressa a quantidade de ferro de baixa cristalinidade e tem sido usado como parâmetro para se identificar a fase evolutiva de perfil lateríticos. Em estudos, Bech *et al.* (1997) afirmam que o valor de Feo < 0,57 % condiz com a fase inicial de desenvolvimento do perfil

laterítico. Assim, o perfil estudado pode-se tratar de um perfil em estágio avançado de intemperismo na parte superior diminuindo sua intensidade em profundidade.

Valores entre 0,05 e 0,07, na razão Feo/Fed, indicam minerais desordenados e cristalinos, do mesmo modo que os encontrados em materiais de natureza latossólica, derivados de basalto. O decréscimo desses valores conforme a profundidade, observados na tabela 2, indicam maior grau de cristalinidade do ferro em horizontes subsuperficiais (TORRENT *et al.*, 1980; INDA JUNIOR e KAMPF, 2003; COSTANTINI *et al.*, 2006; TSAI *et al.*, 2007; SILVA NETO *et al.*, 2008).

A razão (Fed-Feo)/Fet indica o estágio de intemperismo e/ou idade do solo. Quanto mais baixo o valor, mais desenvolvido mineralogicamente e antigo é o solo (TORRENT *et al.*, 1980; BECH *et al.*, 1997; TSAI *et al.*, 2007). Considerando isso, o valor dessa razão apresentado no perfil de alteração estudado mostra-se entre 0,39 e 0,51, o que permite reconhecê-lo como um solo em estágio avançado de intemperismo.

Se os valores da razão Fed/Fet apresentarem-se acima de 0,80, considera-se um grau de intemperismo intenso (TORRENT *et al.*, 1980). No perfil em estudo, essa razão apresenta entre 0,40 e 0,53, podendo-se novamente atribuir um estágio mais avançado de intemperismo à parte superior do perfil.

Os valores de Fet/argila variaram entre 0,24 e 0,75, havendo variações no horizonte 4. Percebe-se uma diminuição da razão entre 1,00 e 3,70 m de profundidade e um considerável aumento a partir de 6,60 m. Isso significa que o material mais profundo, com valor 0,75, próximo a 1, indica relação com a alteração do material de origem, ou seja, contribui com a hipótese de ser um horizonte BC.

Ghidin *et al.* (2006) registrou em Latossolos originados de rochas basálticas, no Estado do Paraná e os teores de Fed deste Latossolo variaram entre 98,6 a 280 g.Kg⁻¹ e de Feo entre 1,0 a 2,5 e 3,5 a 5,1 g.Kg⁻¹, interpretados como Latossolos em estágio avançado de pedogênese.

Analisando os valores de Fed e Feo (Tabela 2) e comparando-os com os dados obtidos na presente pesquisa com os de Ghidin *et al.* (2006), percebe-se sutil diferença.

5.5 QUÍMICA ANALÍTICA

O estágio de intemperismo é indicado pela perda de óxidos móveis, considerando o potencial de intemperismo (WPI) e o produto do intemperismo (PI). Esses índices são as razões entre os vários grupos dos óxidos principais (RUXTON, 1968).

Além desses, as relações moleculares Ki (relação molar sílica/alumínio) e Kr (relação molar sílica/óxidos de ferro e alumínio), usadas na pedologia, também foram considerados neste estudo, pois principalmente a relação sílica/alumínio é um indicativo do estágio de intemperismo, isto é, indica o grau de evolução mineralógica do solo (RUXTON, 1968; MONIZ, 1972).

Os dados da química analítica, incluindo os dez principais óxidos, estão expostos na Tabela 3, de acordo com os horizontes e profundidade.

Tabela 3 – Determinação dos dez principais óxidos e parâmetros aplicados à identificação do estágio de intemperismo (%)

	Volume						PGB
	2	3	4			5	
Prof. (m)	1,00-1,10	2,00-2,10	4,00-4,10	5,00-5,10	7,10-7,30	9,10-9,30	
SiO	27,16	28,12	28,71	23,97	24,83	24,87	49,20
TiO	6,24	6,18	5,87	6,37	8,09	8,05	1,84
Al O	29,62	30,22	30,86	31,08	26,02	26,05	15,74
Fe O	20,50	20,58	20,16	24,26	27,97	27,79	3,79
MnO	0,09	0,09	0,08	0,10	0,13	0,12	0,20
MgO	0,26	0,23	0,20	0,17	0,18	0,19	6,73
CaO	0,04	0,06	0,02	0,03	0,03	0,02	9,47
Na O	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	2,91
K O	0,18	0,19	0,19	0,14	0,10	0,09	1,10
P O	0,15	0,14	0,13	0,14	0,25	0,25	0,35
FeO	5,15	3,23	3,02	3,47	4,90	4,96	7,13
H O+	13,40	13,40	12,87	13,14	11,44	11,53	0,95
WPI	20,76	21,02	22,88	18,60	12,05	12,11	-
PI	30,63	31,85	32,39	26,88	27,15	27,11	-
Ki	1,55	1,58	1,58	1,31	0,95	0,95	-
Kr	1,08	1,10	1,11	0,87	0,96	0,96	-

Tabela 3 – Análise química dos principais óxidos (SiO ; Al O ; Fe O ; TiO ; MnO; MgO; CaO; K O; Na O ; P O); FeO - óxido de ferro; H O+ - água combinada; WPI - potencial de intemperismo; PI - produto do intemperismo; Ki - relação molar sílica/alumínio; Kr - relação molar sílica/óxidos de ferro e alumínio; PGB – parâmetros gerais do basalto, conforme Wernick (2004).

Em relação à tabela acima, os conteúdos de sílica e alumínio possuem valores maiores nos horizontes 2, 3 e 4, diferenciando-se do ferro que, em profundidade, aumenta. Em se tratando do último, pode-se dizer que, mesmo com essa variação no seu conteúdo o perfil, pode caracterizar-se como férrico, devido ao teor de ferro (Fe O) variar entre 18 e 36% (MELFI e PEDRO, 1977; MELFI *et al.*, 1978).

A respeito do WPI, PI, Ki e Kr, observa-se na figura 14, que existe uma similaridade nos dados, isto é, um decréscimo nos valores do topo para a base. Isso demonstra que os horizontes superficiais apresentam maior grau de evolução

mineralógica, podendo inferir que a ação do intemperismo foi mais atuante nestes horizontes superficiais.

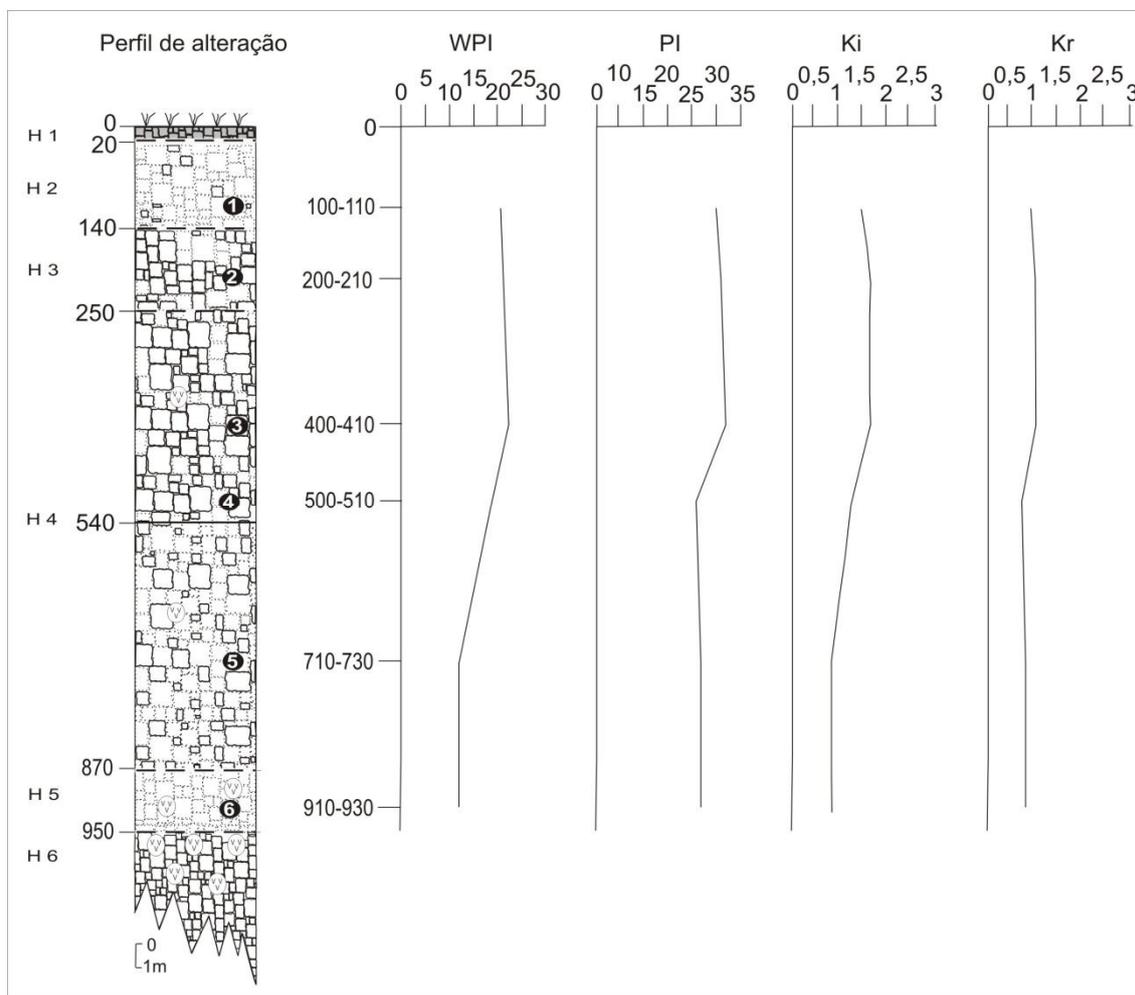


Figura 14 – Perfil de alteração estudado incluindo as amostras analisadas para química analítica. Resultado dos dados WPI, PI, Ki e Kr.

Observa-se, ainda, na tabela 3, o valor de Ki maior que 0,75. Pode-se, então, classificar o solo, de início, como Latossolo, caracterizando-se este com estágio avançado de intemperismo (EMBRAPA, 2006). Ainda levando em consideração essa relação molar, valores menores que 2 sugerem uma cobertura pedológica ferralítica – ferro sob forma de óxidos ou hidróxidos associados à caolinita ou gibbsita (MELFI *et al.*, 1978).

A relação molar sílica/óxidos de ferro e alumínio (Kr) obtida também foi maior que 0,75. Junto ao Ki, segundo a Embrapa (1999), o solo pode se caracterizar como caolinítico.

Sílica e alumínio, ocorrendo sob forma de hidróxidos, referem-se à hidrólise, mecanismo importante na gênese das coberturas pedológicas do Brasil (MELFI e PEDRO, 1977; MELFI *et al.*, 1978; DUCHANFOUR, 1997; PEDRO, 1997).

Denomina-se hidrólise total quando a sílica é totalmente removida (THOMAS, 1994). No entanto, a tabela 3 mostra apenas a remoção parcial da sílica – hidrólise parcial. Esta acontece quando parte da sílica reage com alumínio formando argila (sialitização), eliminando parcialmente os cátions e individualizando-se formando caolinita – monossialitização (MELFI e PEDRO, 1977; THOMAS, 1994; PEDRO, 1997; MONDENESI e GAUTTIERI *et al.*, 2010).

De acordo com Duchanfour (1997), em solos ferralíticos localizados em trópicos úmidos, há o avanço da hidrólise promovendo a lixiviação de sílica, providenciando um excesso de alumínio, formando gibbsita associada a caolinita. Analisando os dados de ferro e comparando-os com os da química total, pode-se dizer que se trata de uma cobertura pedológica ferralítica, porém, os baixos picos de gibbsita e a presença de vermiculita nos horizontes mostra que essa fase ainda não foi completamente estabelecida. Portanto, pressupõe-se que seja um perfil ferruginoso transitando para o ferralítico.

6 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Nessa etapa do trabalho, serão analisados e discutidos os resultados obtidos tanto em campo quanto em laboratório, a fim de indicar o estágio de intemperismo da cobertura superficial, definir as principais características macro e micromorfológicas do perfil de alteração em estudo e verificar se a teoria da *etchplanação* é predominante no processo de evolução da superfície aplainada VI.

Considerando os dados obtidos em campo, uma síntese a respeito dos resultados permitiu identificar um perfil com mais de nove metros de profundidade, com estrutura que varia de moderada a forte, cores homogêneas, variando entre bruno avermelhado escuro (2,5 YR 3/4) e vermelho escuro acinzentado (10 R 3/4), cerosidade ausente a muito fraca, consistência quando solo seco, de macia a ligeiramente dura, e friável úmido. Em relação à pegajosidade e à plasticidade, o perfil caracteriza-se respectivamente, como ligeiramente pegajoso e plástico.

Quanto aos resultados obtidos em laboratório, considerando os percentuais granulométricos, pode-se dizer que o perfil varia de argiloso a muito argiloso. Somando-se isso aos dados acima descritos, a Embrapa (1999; 2003; 2006), Lepsch (2002) e Resende *et al.* (2007), num primeiro momento, sugerem tratar-se de um perfil de Latossolo com quatro horizontes subsuperficiais, pois é homogêneo, apresenta baixos teores de silte, cerosidade fraca e transição gradual de cores no perfil.

A respeito da química de rotina, o perfil de alteração nos primeiros dois metros de profundidade apresenta-se ácido ($\text{pH} < 5,6$). O valor da saturação de bases ($V < 50\%$) juntamente com a matéria orgânica, apresentando $58,97 \text{ gdm}^3$ e a cor bruno escuro (7,5 YR 3/3) permitem classificar o perfil de 0 – 0,20 m em horizonte A moderado (EMBRAPA, 2003; 2006).

A respeito dos horizontes subsuperficiais, é importante citar a análise química de rotina, pois o valor da capacidade de troca catiônica, se inferior a $17 \text{ cmol}_c / \text{Kg}$, caracteriza um horizonte B latossólico (EMBRAPA, 2003; 2006). O que contribui para essa afirmação é a análise micromorfológica que parece revelar um horizonte B latossólico de 0,20 - 2,50 m, devido a microestrutura do material apresentar-se como granular evoluindo para microgranular.

A partir dessa profundidade, a microestrutura apresenta-se na forma de blocos subangulares evoluindo para granulares, característica de um horizonte B nítico. Em estudos realizados, Cooper e Vidal-Torrado (2005) e Marcelino *et al.* (2010) classificaram um horizonte similar como B nítico e Oxissolo, respectivamente. Portanto,

pode-se dizer que se tem um horizonte B nítico entre 2,50 m a 8,70 m de profundidade, confirmando o mapeamento de solos da Embrapa (2008).

Portanto, avaliando as descrições de campo e análises de laboratório, foi possível individualizar os horizontes do perfil de alteração estudado devido a suas características. Assim, determinou-se tais horizontes: A moderado (0 – 0,20 m), Bw1 (0,20 – 1,40 m), Bw2 (1,40 – 2,50 m), B nítico 1 e B nítico 2 (2,50 – 8,70 m), BC (8,70 – 9,50 m) e CB (a partir de 9,50 m) como mostra a figura 15.

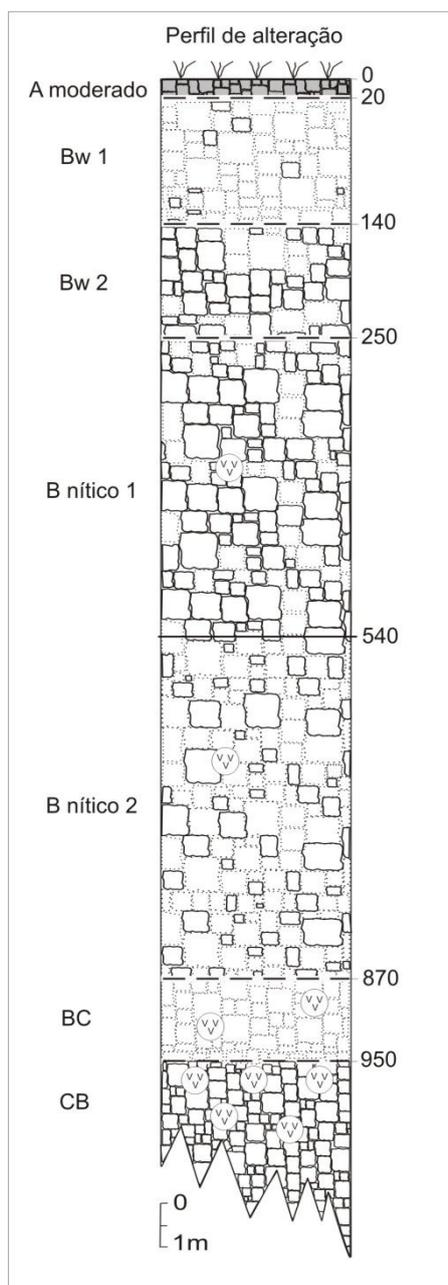


Figura 15 – Perfil de alteração estudado, apresentando os horizontes identificados.

O horizonte A moderado é caracterizado pela quantidade de matéria orgânica, acima de 50 gdm, cor úmida, croma inferior a 4, e saturação de bases inferior a 65%.

Após este, encontra-se os horizontes Bw, que apresentam transição de cores difusa, cerosidade fraca e, por vezes, ausente, consistência do material quando seco, variando de macia a dura, e, quando úmido, de firme a friável. Além disso, possui espessura mínima de 50 cm, textura argilosa na qual a relação silte/argila apresenta-se inferior a 0,6 (Apêndice C) e CTC inferior a 17 cmol_c/Kg.

Por fim, tem-se os horizontes B níticos, com características similares ao B latossólico, estando as particularidades na cerosidade, no mínimo comum e moderada, e na microestrutura que, enquanto nos Latossolos mostra-se granular à microgranular, nos Nitossolos, variam de blocos subangulares a granular. Isso indica a transformação de um horizonte B nítico para um horizonte Bw, verticalmente.

Embora o perfil apresente essa característica peculiar, pode-se dizer que ele é classificá-lo como Latossolo Vermelho Distroférico, embasado em todas as características referentes a essa classe de solo, além da cor, volume de saturação de bases e alto teor de ferro, com três horizontes distintos.

Em relação ao estágio de intemperismo, os Latossolos são definidos como avançado, considerando, entre outras características, o elevado conteúdo de argila e teor de ferro que o solo apresenta (NARDY *et al.*, 2002). No perfil de alteração estudado, os dados dos teores de ferro apresentam variações até 3,70 m de profundidade e, em seguida, até a base, indicando essa variação na intensidade do intemperismo.

Além desses, o estágio de alteração pode ser definido de acordo com a quantidade de minerais primários alterados em relação ao total de minerais alteráveis da rocha original, lembrando que eles não se alteram com a mesma intensidade. A presença do K-felspató confirma essa diminuição do estágio de intemperismo em profundidade por estar presente apenas na amostra 2 (2,00 - 2,10 m).

A mineralogia da fração argila também mostra a presença de caolinita (1:1). O predomínio desse argilomineral é denominado monossilização e resulta da perda parcial da sílica, hidrólise parcial (MELFI e PEDRO, 1977; MELFI *et al.*, 1978; BLAND e ROLLS, 1998).

Ainda sobre a caolinita, ela é evidência de Latossolo Vermelho, segundo Curi e Franzemeier (1984). Considerando esse argilo-mineral e a cristalinidade, Mondenesi-Gauttieri *et al.* (2010) apontaram a possibilidade de um intemperismo menos intenso em materiais que apresentam mais caolinita. A princípio, considera-se o perfil estudado

com um estágio de intemperismo maior na superfície, diminuindo sua intensidade em profundidade até 3,70 m.

Quanto à química analítica, ela confirma a intensidade do intemperismo na parte superior do perfil, através da diminuição de todos os parâmetros (WPI, PI, Ki, Kr) até 4 m de profundidade. Além desses, há o desaparecimento, em parte, dos minerais primários substituídos por minerais secundários como caolinita e gibbsita (TARDY e ROQUIN, 1991; PEDRO, 1997; BLAND e ROLLS, 1998).

Portanto, considerando a alteração quase completa dos minerais primários ou minerais de argila 2:1 e os dados de WPI, PI, Ki e Kr, pode-se dizer que o horizonte B latossólico do perfil estudado encontra-se em estágio avançado de intemperismo. Quanto ao horizonte B nítico, este também se mostra em estágio de intemperismo avançado na parte superior, diminuindo sua intensidade em profundidade.

De acordo com a intensidade do intemperismo e a conseqüente formação do solo, pode ser feita a análise da composição interna do material através da micromorfologia. Cabe aqui citar que, do topo à base do perfil, há o predomínio de poros e plasma de origem pedogenética, resultante da destruição completa da rocha e grãos de esqueleto em quantidade e tamanho cada vez menores.

Delvigne (1998) apresenta algo semelhante em estudo sobre a diferenciação das alteritas, destacando a distribuição vertical dos vários níveis de horizontes em um típico perfil laterítico (Fig. 16A). No entanto, a comparação feita inclui apenas a porção solo da figura 16A.

Um dos solos lateríticos identificados por Tardy (1992) é próximo ao encontrado neste estudo, considerando a composição mineralógica da parte superficial do perfil (Fig. 16C). Do desaparecimento dos minerais alteráveis resultam minerais secundários como caolinita e gibbsita, tem influência direta com a intensidade do intemperismo. Baseando-se nisso, Pedro (1997) exibe em seu estudo diferentes níveis de intemperismo, considerando um solo bem desenvolvido, a partir da rocha (Figura 16B).

Quanto ao perfil estudado, cogita-se a ideia de que o surgimento e desenvolvimento do solo deram-se da forma semelhante ao de Pedro (1997), no entanto, limitou-se ao nível II, pois não foi possível identificar resquícios de estrutura petrográfica.

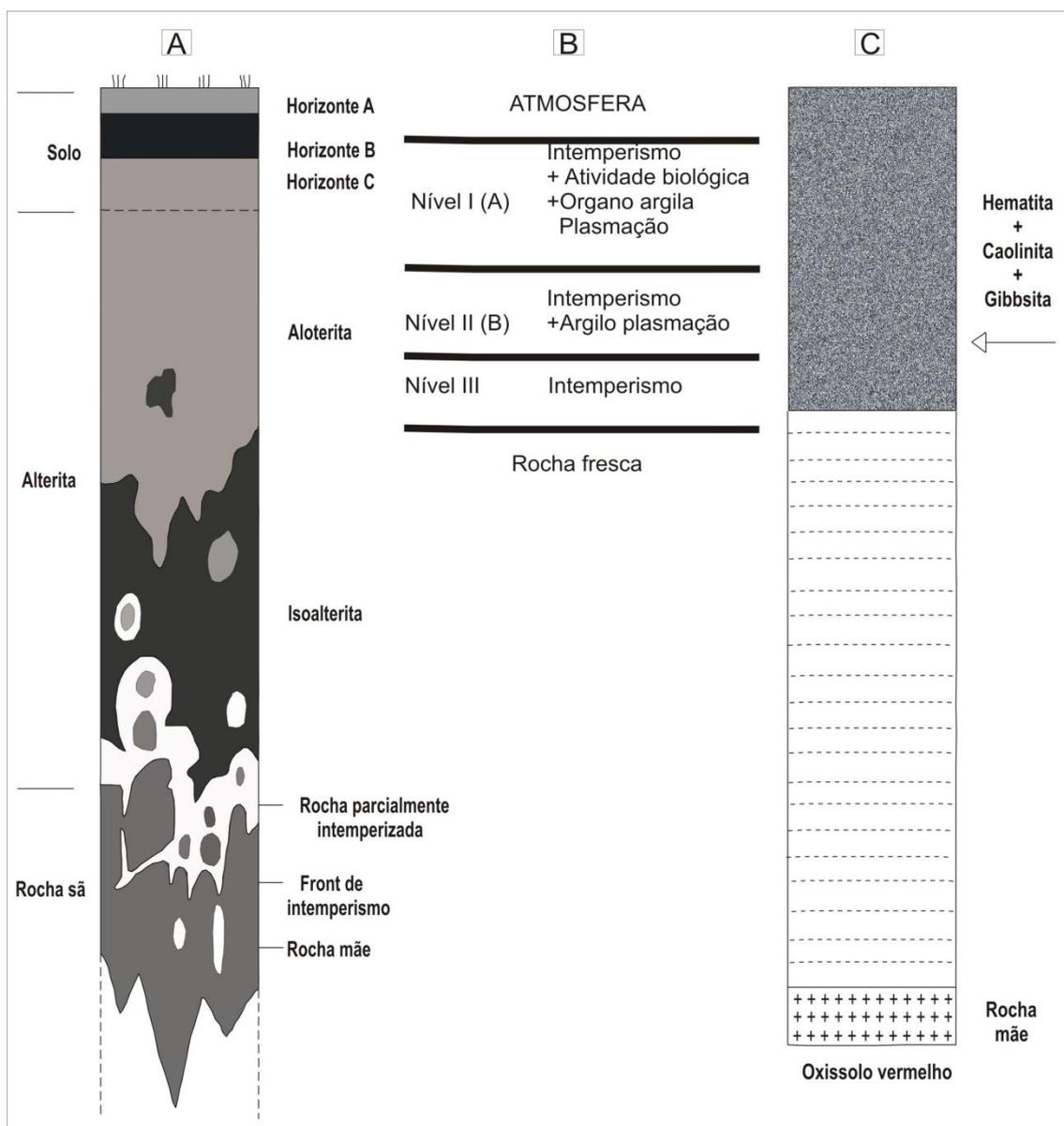


Figura 16 – Perfis de solo identificado por Delvigne (1998) - A; Pedro (1997) - B; Tardy (1992) - C.

Considerando que todos os perfis de solo da figura 16 mostraram-se completos e desenvolvidos, com presença de todos os horizontes e processo de intemperismo intenso, segundo Duchanfour (1997), aqueles seriam denominados ferralíticos.

No entanto, está claro que o perfil de alteração estudado encontra-se em situação diferente. Solos ferralíticos caracterizam-se pela alteração quase completa dos minerais primários (MELFI e PEDRO, 1977; DUCHANFOUR, 1997; PEDRO, 1997) e isso não é confirmado neste estudo. Tem-se a presença de K-feldspato e também baixa quantidade e cristalinidade de gibbsita, sugerindo um perfil em transição, evoluindo do

estágio ferruginoso para ferralítico. Neste último, os fenômenos de decomposição podem cessar, mas a evolução da superfície continua.

Portando, devido a essa evolução de um estágio a outro estar ocorrendo no perfil de alteração estudado, pode-se considerar possível a teoria da *etchplanação* proposta neste estudo. Esta é conferida em clima subtropical devido à ação do intemperismo químico relacionado à litologia e a presença de Latossolo (THOMAS, 1994).

O modelo de *etchplanação* (item 2.2) confirma a hipótese acima descrita e lançada neste estudo, ou seja, observa-se a evolução da superfície aplainada através da decomposição química do basalto, que ocorre por perda isovolumétrica, sendo mais intensa em clima quente e úmido e originando solos espessos.

Para contribuir com essa hipótese, a análise micromorfológica revelou a 4 m de profundidade uma amígdala preenchida com calcedônia e acúmulo de ferro concentrando-se nas extremidades (Fig. 12E). Em relação a isso e à variação que ocorre próximo a essa profundidade nos outros dados laboratoriais, pode ser indicativo de dois derrames, cujo limite estaria entre 4 e 5 m de profundidade.

7 CONCLUSÃO

A definição dos horizontes de solo foi possível devido ao levantamento de dados a respeito das características macro e micromorfológicas, obtidas em campo e em laboratório. Com isso, pode-se identificar um horizonte A moderado na porção superior do perfil (0 – 0,20 m), determinado pela presença considerável de matéria orgânica, cor e saturação de bases inferior a 65%.

Entre 0,20 - 1,40 m e 1,40 – 2,50 m de profundidade, encontram-se os horizontes Bw1 e Bw2, confirmados em sua maior parte, pelas características macromorfológicas como cerosidade fraca, transição de cores difusa e textura argilosa.

Em seguida, tem-se os horizontes B nítico 1 e 2, caracterizados principalmente pela microestrutura, variando de blocos subangulares a granular. Considerando, ainda, a microestrutura, da base para o topo do perfil, ela evolui de blocos subangulares a estrutura microgranular, confirmando, assim, a transformação vertical de um horizonte B nítico para um horizonte B latossólico.

Nas profundidades de 8,70 – 9,50 m, caracteriza-se um horizonte BC, de acordo com os resultados das análises mineralógica, teores de ferro e química analítica encontrarem-se mais próximos às características do horizonte B. Por fim, acredita-se ser um horizonte CB.

Embora haja essa transição entre horizontes, a classificação do perfil de solo em Latossolo Vermelho Distroférrico pode ser afirmada pelas características físicas referentes aos Latossolos encontrados, similares aos definidos pela Embrapa (1999; 2003; 2006) e dados como volume de saturação de bases e teor de ferro.

Quanto ao intemperismo, o Latossolo encontra-se em estágio avançado. No entanto, isso não foi confirmado em todo o perfil. Verifica-se, através da análise mineralógica, química e teor de ferro, que o perfil de alteração estudado está evoluindo de ferruginoso à ferralítico, apresentando estágio mais avançado do topo do perfil até aproximadamente 5 m.

O processo relacionado à formação e evolução desse perfil foi confirmado pela mineralogia de argila, definindo-o como hidrólise parcial. Isso se deu devido à perda parcial de sílica e predomínio do argilomineral caolinita (1:1), monossilicização.

Diante dessas considerações, confirma-se a hipótese de que a superfície aplainada VI foi elaborada de acordo com o modelo proposto na teoria da *etchplanação*. Assim, a transformação e evolução do solo ocorreu devido ao intemperismo químico,

promovendo a movimentação vertical dos materiais ao longo do perfil, ocasionando a perda isovolumétrica e, conseqüentemente, gerando o aplainamento.

REFERÊNCIAS

- ADAMS, G. Planation surfaces: peneplains, pediplains and etchplains. Pennsylvania: Dowden, 1975.
- ALMEIDA, F. F. M. O Planalto Basáltico da Bacia do Paraná. Boletim Paulista de Geografia. São Paulo, n. 24, p. 3 - 33, 1956.
- BECH, J.; RUSTULLET, J.; GARRIGÓ, J.; TOBÍAS, F. J.; MARTÍNEZ, R. The iron content of some red Mediterranean soils from northeast Spain and pedogenic significance. Catena, n. 28, p. 211-229, 1997.
- BEINROTH, F. H.; ESWARAN, H.; PALMIERI, F.; REICH, P. F. Properties, classification and management of Oxisols. Washington DC, 1996.
- BERNARD, M. L. A Região Sudoeste do Paraná. Disponível em: <<http://www.jornalexpress.com.br>>. Acesso em 14, out. 2008.
- 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, p. 117-151, 1965.
- BIGARELLA, J. J.; ANDRADE, G. O. Contribution the study of the Brazilian Quaternary. Geology Society American. n. 84, p. 433-451, 1965.
- 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.; MOUSINHO, M. R.; SILVA, J. X. Considerações a respeito da evolução das vertentes. Boletim Paranaense de Geografia, n. 16 e 17, p. 85 - 115, 1965.
- BLAND, W.; ROLLS, D. Weathering: an introduction to the scientific principles. London, p. 197-242, 1998.
- BUDEL, J.; OLLIER, C. D.; THOMAS, M. F. Deep weathering and etching. In: ADAMS, G. Planation surfaces. Pennsylvania: Dowden, 1975. p. 358-360.
- BUDEL, J. Double surfaces of leveling in the humid tropics. In: ADAMS, G. Planation surfaces. Pennsylvania: Dowden, 1975. p. 361-366.
- CASTRO, S. S. Micromorfologia: bases para descrição de lâminas delgadas. Campinas, 2002.
- COOPER, M.; VIDAL TORRADO, P. Gênese, morfologia e classificação do solo: caracterização morfológica, micromorfológica e físico-hídrica de solos com horizonte B nítico. Revista Brasileira de Ciência do Solo, n. 29, p. 581-595, 2005.

COSTANTINI E. A. C.; LESSOVAIA, S.; VODYANITSKII, Y. Using the analysis of iron and iron oxides in paleosols (TEM, geochemistry and iron forms) for the assessment of present and past pedogeneses. *Science Direct*. n. 156-157, p. 200 – 211, 2006.

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.

CURI, N.; FRANZEMEIER, D. Toposequence of oxisols from Central Plateau of Brazil. *Soil Science American*. n. 48, p. 341-346, 1984.

DELVIGNE, J. E. Differentiation of the alterites. In: DELVIGNE, J. E. Atlas of micromorfology of mineral alteration and weathering. Canadá: Mineralogical Association of Canada and Orstom Éditions, 1998. p. 26-34.

DUCHANFOUR, P. Abregé de pédologie: sol, végétation, environnement. Masson, p. 154-221, 1997.

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

EMBRAPA. Manual de métodos de análise de solo. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. 2 ed. Rio de Janeiro, 1997. Org.: 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.

EMBRAPA. Sistema brasileiro de classificação de solos. Rio de Janeiro: Embrapa solos, 2003.

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

ENCONTRO DE GEOGRAFIA. Anais do VIII Engeo; II Engeosop – Encontro de Geografia do Sudoeste do Paraná. MARTINS, G. Caracterização climática do sudoeste do Paraná. *Geopolítica e o Brasil no contexto mundial*, p. 29 - 31, 2003.

GHIDIN, A. A.; MELO, V. F.; LIMA, V. C.; LIMA, J. M. J. C. Topossequências de Latossolos originados de rochas basálticas no Paraná. II – Relação entre mineralogia da fração argila e propriedades físicas dos solos. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, n. 30, p. 307-319, 2006.

GOMES, J. B. V.; CURI, N.; SCHULZE, D. G.; MARQUES, J. J. G. S. M.; KER, J. C.; MOTTA, P. E. F. Mineralogia, morfologia e análise microscópica de solos do bioma cerrado. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*. n. 28, p. 679 – 694, 2004.

GOUDIE, A. Geomorfology techniques. London, p. 150-153, 1981.

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.

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

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.

KAMPF, N.; CURI, N. Óxidos de ferro: indicadores de ambientes pedogênicos e geoquímicos. In: NOVAIS, R. F. *et al.* (Org.). *Tópicos em Ciência do Solo*. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. Viçosa, 2000. p. 107 – 138.

KAMPF, N.; KLAMP, E. Mineralogia e gênese de Latossolos (Oxisols) e solos podzólicos da região nordeste do planalto sul-riograndense. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, n. 2, p. 68-73, 1978.

KER, J. C. Latossolos do Brasil: uma revisão. *Geonomos*. n. 5, p. 17 - 40, 1998.

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

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.

MAACK, R. Notas preliminares sobre o clima, solos e vegetação do Estado do Paraná. *Arquivos de biologia e tecnologia*. Instituto de biologia e pesquisas tecnológicas. v. 3, Curitiba, 1948.

MANFREDINI, S.; DIAS, S. M. F.; QUEIROZ NETO, J. P.; OLIVEIRA, D.; DIAS FERREIRA, R. P. Técnicas em Pedologia. In: *Praticando a Geografia: técnicas de campo e laboratório em geografia e análise ambiental*. Luis Antonio Bittar Venturi (org.). São Paulo: Oficina de Textos, 2005.

MARCELINO, V.; STOOPS, G.; SCHAEFER, C. E. G. R. Oxic and related materials. In: STOOPS, G.; MARCELINO, V.; MEES, F. *Interpretation of micromorphological features of soils and regoliths*. Berlim: Elsevier, 2010. p. 305-321.

MELFI, A. J.; PEDRO, G.; VOLKOFF, B. Cartografia pedogeoquímica das coberturas pedológicas do Brasil. *Colóquio Estudo e cartografia das formações superficiais e suas aplicações em regiões tropicais*. São Paulo, v. 1, p. 335-350, 1978.

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

MELFI, A.J.; PEDRO, G. Estudo geoquímico dos solos e formações superficiais do Brasil: Considerações sobre os mecanismos geoquímicos envolvidos na alteração superficial e sua repartição no Brasil. *Revista Brasileira de Geociências*. n. 8, p. 11 – 22, 1978.

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

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

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.

MONDENESI-GAUTTIERI, M. C.; TOLEDO, M. C. M.; HIRUMA, S. T.; TAIOLI, F.; SHIMADA, H. Deep weathering and landscape evolution in a tropical plateau. *Catena*, n. 85, p. 221-230, 2011.

MONDENESI-GAUTTIERI, M. C.; TOLEDO, M. C. M.; SOARES, L. C. R.; TAIOLI, F.; SHIMADA, H. Gênese e evolução do saprólito no planalto de Campos do Jordão: implicações na evolução do relevo. *Revista Brasileira de Geociências*, n. 40, p. 242-255, 2010.

MONIZ, A. C. Elementos de pedologia. São Paulo: Polígono, p. 211-221, 1972.

NAHON, D. Transfers and accumulations. In: NAHON, D. Introduction to the petrology of soils and chemical weathering. USA: John Wiley & Song, 1991. p. 135-206.

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.; OLIVEIRA, M. A. F.; BETANCOURT, R. H. S.; VERDUGO, R. H.; MACHADO, F. B. Geologia e estratigrafia da Formação Serra Geral. São Paulo, *Geociências*, v. 21, n. 1 e 2, p. 15-32, 2002.

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. Descontinuidades hidrológicas, escoamento superficial e desenvolvimento de incisões erosivas em áreas de cabeceira de drenagem: estudo de caso na Colônia Quero-Quero, Palmeira (PR), 1998. Dissertação (Mestrado em geografia), UFSC.

PEDRO, G. A alteração das rochas em condições superficiais (perimorfismo) – caracterização geoquímica dos processos fundamentais. *Notícia geomorfológica. Campinas.* v. 9, n. 17, p. 1-19., 1969.

PEDRO, G. Clay minerals in weathered rock materials and in soils. In: PAQUET, H.; CLAUER, N. *Soils and sediments: mineralogy and geochemistry.* France: Springer, 1997. p. 1 – 20.

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.

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.

RESENDE, M.; CURI, N.; KER, J. C.; REZENDE, S. B. Mineralogia de solos brasileiros: interpretação e aplicações. Lavras: Editora UFLA, 2005. p.192.

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

RUXTON, B. P. Measures 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, Adailde do Carmo. Pedogênese e Alterações Geoquímicas em Litossequência do Grupo Paraíba do Sul na Região do Médio Vale do Paraíba. Rio de Janeiro, 2009. Tese (Doutorado em Ciências) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

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

SILVA NETO, L. F.; INDA, A. V.; BAYER, C.; DICK, D. P.; TONIN, A. T. Óxidos de ferro em Latossolos tropicais e subtropicais brasileiros em plantio direto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo,* n. 32, p. 1873-1881, 2008.

SILVA, A. C.; VIDAL-TORRADO, P.; MARTINEZ CORTIZAS, A.; GARCIA RODEJA, E. Gênese, morfologia e classificação do solo: Solos do topo da Serra São José (Minas Gerais) e suas relações com o paleoclima no Sudeste do Brasil. *Revista Brasileira de Ciência do Solo.* n. 28, p. 455 – 466, 2004.

STOOPS, G. Guidelines for analysis and description of soil and regolith thin sections. Soil science society of America, Inc. USA, 2003.

SUGUIO, K. Introdução à sedimentologia. Edgard Blücher: São Paulo, 1973. p. 71.

TARDY, Y. Diversity and terminology of lateritic profiles. In: MARTINI, I.P. Weathering, Soils & Paleosols. New York: Elsevier, 1992. p. 379 – 405.

TARDY, Y.; ROQUIN, C. Geochemistry and evolution of lateritic landscapes. In: MARTINI, I. P. New York: Elsevier, 1991. p. 407 – 439.

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

TORRENT, J.; SCHWERTMANN, U.; SCHULZE, D. G. Iron oxide mineralogy of some soils of two river terrace sequences in Spain. Geoderma, n. 23, p 191-208, 1980.

TSAI H.; HUANG, W.; HSEU, Z. Pedogenic correlation of lateritic river terraces in central Taiwan. Geomorphology. Science Direct. n. 88, p. 201-213, 2007.

TSAI, C. C.; CHEN, Z. S.; KAO, C. I.; OTTNER, F.; KAO, S. J.; ZEHETNER, F. Pedogenic development of volcanic ash soils along a climosequence in Northern Taiwan. Geoderma, n. 156, p. 48-59, 2010.

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

TWIDALE, C. R. The two-stage concept of landform and landscape development involving etching: origin, development and implications of an Idea. Earth-Science Review, n. 57, p. 37-74, 2002.

VAZ, L. F. Origem e tipos de solos. Instituto de Geociências, UNICAMP, 2003.

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.

WAYLAND, E. J. Peneplains and some other erosional platforms. In: ADAMS, G. Planation surfaces. Pennsylvania: Dowden, 1975. p. 355-357.

WERNICK, E. Rochas magmáticas: conceitos fundamentais e classificação modal, química, termodinâmica e tectônica. São Paulo: UNESP, 2004, 655 p.

APÊNDICE A – Características reconhecidas em campo

Prof. (cm)	Cerosidade	Cor seca	Cor úmida	Estrutura em blocos subang.	Tamanho cm (comp. X larg.)	Obs.
0-10	Fraca	7.5 YR 3/4	7.5 YR 3/3	Forte	3,5 x 2	
10-20	Fraca	5 YR 3/3	5 YR 3/3	Forte	3,5 x 2,5	
20-30	Ausente	5 YR 3/4	5 YR 3/3	Moderada	2,5 x 2,5	
30-40	Muito fraca	5 YR 3/4	5 YR 3/3	Moderada	4,5 x 3,5	
40-50	Muito fraca	5 YR 3/4	2,5 YR 2,5/3	Moderada	3 x 2	
50-60	Ausente	5 YR 3/4	2,5 YR 2,5/3	Moderada	5 x 3,5	
60-70	Ausente	5 YR 3/4	5 YR 3/4	Moderada	3 x 2,5	
70-80	Ausente	5 YR 3/4	2,5 YR 2,5/3	Moderada	3 x 2,5	
80-90	Ausente	5 YR 3/4	5 YR 3/4	Fraca	2,5 x 2	
90-100	Ausente	5 YR 3/4	5 YR 3/4	Moderada	4 x 3,5	
100-110	Ausente	5 YR 3/4	5 YR 3/4	Moderada	4,5 x 3,5	
110-120	Ausente	5 YR 3/4	5 YR 3/4	Forte	4 x 3	
120-130	Ausente	5 YR 3/4	5 YR 3/4	Moderada	5,5 x 4	
130-140	Ausente	5 YR 3/4	5 YR 3/4	Moderada	3 x 3	
140-150	Muito fraca	2,5 YR 3/6	2,5 YR 3/4	Forte	4,5 x 3,5	
150-160	Muito fraca	2,5 YR 3/6	2,5 YR 3/4	Forte	4,5 x 3	
160-170	Muito fraca	2,5 YR 3/4	2,5 YR 2,5/4	Forte	3,5 x 3	
170-180	Muito fraca	2,5 YR 3/6	2,5 YR 2,5/4	Moderada	5 x 3	
180-190	Muito fraca	2,5 YR 3/6	2,5 YR 3/4	Forte	6 x 3,5	
190-200	Muito fraca	5 YR 3/4	5 YR 3/4	Forte	7 x 5	
200-210	Fraca	5 YR 3/4	5 YR 3/4	Forte	5 x 4	
210-220	Muito fraca	5 YR 3/4	5 YR 3/4	Moderada	6 x 3	
220-230	Ausente	5 YR 3/4	5 YR 3/4	Forte	5 x 3	
230-240	Ausente	5 YR 3/4	5 YR 3/4	Moderada	5,5 x 3	
240-250	Muito fraca	2,5 YR 3/6	2,5 YR 3/4	Forte	7 x 5	
250-260	Ausente	2,5 YR 3/6	2,5 YR 3/4	Forte	5,5 x 3,5	
260-270	Fraca	2,5 YR	10 R	Forte	7 x 3,5	

		3/6	3/4			
270-280	Ausente	2,5 YR 3/6	10 R 3/4	Forte	7 x 4	Pedoturbação
280-290	Fraca	2,5 YR 3/6	10 R 3/4	Forte	5,5 x 4,5	
290-300	Fraca	2,5 YR 3/6	10 R 3/4	Forte	7,5 x 5	1% pedaço de rocha amarela
300-310	Fraca	2,5 YR 3/6	10 R 3/4	Forte	4,5 x 3,5	Grão de quartzo
310-320	Fraca	2,5 YR 3/6	10 R 3/4	Forte	8 x 5	
320-330	Moderada	2,5 YR 3/6	10 R 3/4	Forte	5 x 3	
330-340	Muito fraca	2,5 YR 3/6	10 R 3/4	Moderada	6,5 x 4	
340-350	Moderada	2,5 YR 3/6	10 R 3/4	Forte	5 x 4	
350-360	Fraca	2,5 YR 3/6	10 R 3/4	Forte	3 x 2	
360-370	Fraca	2,5 YR 3/6	10 R 3/4	Forte	6 x 3,5	
370-380	Fraca	10 R 3/4	10 R 3/4	Forte	5,5 x 3	
380-390	Fraca	2,5 YR 3/6	10 R 3/4	Moderada	5,5 x 4	
390-400	Moderada	2,5 YR 3/6	10 R 3/4	Forte	7,5 x 4,5	Litorelíquia (1 x 0,5 cm)
400-410	Fraca	2,5 YR 3/6	10 R 3/4	Forte	4 x 3	
410-420	Moderada	2,5 YR 3/6	10 R 3/4	Moderada	7 x 3,5	Litorelíquia (1%)
420-430	Moderada	2,5 YR 3/6	10 R 3/4	Forte	7 x 5	
430-440	Muito fraca	2,5 YR 3/6	10 R 3/4	Forte	6,5 x 4,5	
440-450	Muito fraca	2,5 YR 3/6	10 R 3/4	Forte	5,5 x 3,5	
450-460	Fraca	2,5 YR 3/6	10 R 3/4	Moderada	5,5 x 4	
460-470	Fraca	2,5 YR 3/6	10 R 3/4	Forte	5 x 4	
470-480	Moderada	2,5 YR 3/6	10 R 3/4	Forte	5 x 4	
480-490	Fraca	2,5 YR 3/6	10 R 3/4	Forte	6 x 4,5	
490-500	Fraca	2,5 YR 3/6	10 R 3/4	Moderada	4 x 4	
500-510	Fraca	2,5 YR 3/6	10 R 3/4	Moderada	5,5 x 3,5	
510-520	Fraca	2,5 YR 3/6	10 R 3/4	Forte	7 x 4	
520-530	Fraca	2,5 YR 3/6	10 R 3/4	Forte	6,5 x 4	
530-540	Ausente	2,5 YR 3/6	10 R 3/4	Forte	5 x 5	
540-550	Fraca	2,5 YR 3/6	10 R 3/4	Moderada	6 x 4	

550-560	Ausente	2,5 YR 3/6	10 R 3/4	Moderada	5 x 3	
560-570	Fraca	2,5 YR 3/6	10 R 3/4	Moderada	8 x 5,5	
570-580	Ausente	2,5 YR 3/6	10 R 3/4	Moderada	6 x 5	
580-590	Ausente	2,5 YR 3/6	10 R 3/4	Moderada	8 x 4,5	
590-600	Fraca	2,5 YR 3/6	10 R 3/4	Moderada	4,5 x 4	
600-610	Fraca	2,5 YR 3/6	10 R 3/4	Moderada	7 x 5,5	
610-620	Ausente	2,5 YR 3/6	10 R 3/4	Moderada	7 x 4,5	
620-630	Fraca	2,5 YR 3/6	10 R 3/4	Moderada	6 x 4,5	
630-640	Fraca	2,5 YR 3/6	10 R 3/4	Moderada	5,5 x 4	
640-650	Fraca	2,5 YR 3/6	10 R 3/4	Moderada	5 x 3	
650-660	Fraca	2,5 YR 3/6	10 R 3/3	Moderada	4,5 x 3,5	
660-670	Fraca	2,5 YR 3/6	10 R 3/4	Moderada	6,5 x 4,5	
*670-690	Fraca	2,5 YR 3/6	10 R 3/4	Moderada	5,5 x 4	
690-710	Ausente	2,5 YR 3/6	10 R 3/4	Forte	6,5 x 4	
710-730	Fraca	2,5 YR 3/6	10 R 3/4	Forte	9 x 4,5	
730-750	Fraca	2,5 YR 3/6	10 R 3/4	Moderada	6,5 x 2,5	
750-770	Ausente	2,5 YR 3/6	10 R 3/4	Moderada	5 x 3	
770-790	Moderada	2,5 YR 3/6	10 R 3/4	Moderada	9 x 5,5	
790-810	Fraca	2,5 YR 3/6	10 R 3/4	Moderada	7,5 x 5,5	
810-830	Fraca	2,5 YR 3/6	10 R 3/4	Moderada	8 x 4,5	
830-850	Ausente	2,5 YR 3/6	10 R 3/4	Forte	6 x 4	
850-870	Fraca	2,5 YR 3/6	10 R 3/4	Moderada	6 x 3	
870-890	Ausente	2,5 YR 3/6	10 R 3/4	Moderada	6 x 3,5	2% de fragmento de rocha alterada
890-910	Ausente	2,5 YR 3/6	10 R 3/4	Moderada	4,5 x 4	
910-930	Ausente	2,5 YR 3/6	10 R 3/4	Moderada	8 x 5	
930-950	Ausente	2,5 YR 3/6	10 R 3/4	Moderada	8 x 5	

950-970	Fraca	2,5 YR 3/6	10 R 3/4	forte	4,5 x 3,5	Volta a ficar homogêneo; 20% de litorelíquia .
---------	-------	---------------	-------------	-------	-----------	---

* A partir desse ponto, o intervalo de medida passou a ser de 20 em 20 cm.

APÊNDICE B – Características reconhecidas em laboratório

Prof. (cm)	Consistência Solo seco	Consistência Solo úmido	Pegajosidade Solo molhado	Plasticidade solo molhado	Obs.
0-10	Dura	Friável	Ligeiramente pegajosa	Plástico	
10-20	Macia	Friável	Ligeiramente pegajosa	Plástico	
20-30	Macia	Friável	Pegajosa	Plástico	
30-40	Macia	Friável	Ligeiramente pegajosa	Plástico	
40-50	Macia	Friável	Ligeiramente pegajosa	Plástico	
50-60	Macia	Friável	Ligeiramente pegajosa	Plástico	
60-70	Macia	Friável	Ligeiramente pegajosa	Plástico	
70-80	Macia	Friável	Ligeiramente pegajosa	Plástico	
80-90	Macia	Friável	Ligeiramente pegajosa	Plástico	
90-100	Macia	Friável	Ligeiramente pegajosa	Plástico	
100-110	Ligeiramente dura	Friável	Ligeiramente pegajosa	Plástico	
110-120	Ligeiramente dura	Friável	Ligeiramente pegajosa	Plástico	
120-130	Ligeiramente dura	Friável	Ligeiramente pegajosa	Plástico	
130-140	Ligeiramente dura	Friável	Ligeiramente pegajosa	Plástico	
140-150	Ligeiramente dura	Friável	Ligeiramente pegajosa	Plástico	
150-160	Dura	Firme	Ligeiramente pegajosa	Plástico	
160-170	Ligeiramente dura	Friável	Ligeiramente pegajosa	Plástico	
170-180	Ligeiramente dura	Friável	Ligeiramente pegajosa	Plástico	
180-190	Dura	Firme	Ligeiramente pegajosa	Ligeiramente plástico	
190-200	Dura	Friável	Ligeiramente pegajosa	Plástico	
200-210	Dura	Friável	Ligeiramente pegajosa	Ligeiramente plástico	
210-220	Ligeiramente dura	Friável	Ligeiramente pegajosa	Plástico	
220-230	Dura	Firme	Ligeiramente pegajosa	Ligeiramente plástico	
230-240	Dura	Firme	Ligeiramente pegajosa	Plástico	
240-250	Dura	Firme	Ligeiramente pegajosa	Plástico	
250-260	Dura	Friável	Não pegajosa	Ligeiramente plástico	
260-270	Dura	Firme	Não pegajosa	Ligeiramente plástico	

270-280	Dura	Firme	Não pegajosa	Ligeiramente plástico	
280-290	Dura	Firme	Não pegajosa	Ligeiramente plástico	
290-300	Dura	Firme	Não pegajosa	Ligeiramente plástico	
300-310	Ligeiramente dura	Friável	Ligeiramente pegajosa	Plástico	
310-320	Ligeiramente dura	Friável	Ligeiramente pegajosa	Plástico	
320-330	Ligeiramente dura	Friável	Ligeiramente pegajosa	Ligeiramente plástico	
330-340	Ligeiramente dura	Firme	Ligeiramente pegajosa	Ligeiramente plástico	
340-350	Ligeiramente dura	Friável	Ligeiramente pegajosa	Ligeiramente plástico	
350-360	Ligeiramente dura	Friável	Ligeiramente pegajosa	Plástico	
360-370	Ligeiramente dura	Friável	Ligeiramente pegajosa	Plástico	
370-380	Ligeiramente dura	Friável	Não pegajosa	Ligeiramente plástico	
380-390	Ligeiramente dura	Friável	Não pegajosa	Ligeiramente plástico	
390-400	Dura	Firme	Ligeiramente pegajosa	Ligeiramente plástico	
400-410	Ligeiramente dura	Firme	Ligeiramente pegajosa	Ligeiramente plástico	
410-420	Ligeiramente dura	Firme	Ligeiramente pegajosa	Ligeiramente plástico	
420-430	Ligeiramente dura	Friável	Ligeiramente pegajosa	Ligeiramente plástico	
430-440	Ligeiramente dura	Friável	Ligeiramente pegajosa	Ligeiramente plástico	
440-450	Ligeiramente dura	Friável	Ligeiramente pegajosa	Ligeiramente plástico	
450-460	Ligeiramente dura	Friável	Ligeiramente pegajosa	Ligeiramente plástico	
460-470	Ligeiramente dura	Friável	Ligeiramente pegajosa	Ligeiramente plástico	
470-480	Ligeiramente dura	Friável	Ligeiramente pegajosa	Ligeiramente plástico	
480-490	Ligeiramente dura	Friável	Ligeiramente pegajosa	Ligeiramente plástico	
490-500	Ligeiramente dura	Friável	Ligeiramente pegajosa	Ligeiramente plástico	
500-510	Ligeiramente dura	Friável	Ligeiramente pegajosa	Ligeiramente plástico	
510-520	Ligeiramente dura	Friável	Ligeiramente pegajosa	Ligeiramente plástico	
520-530	Ligeiramente dura	Friável	Ligeiramente pegajosa	Ligeiramente plástico	
530-540	Ligeiramente dura	Friável	Ligeiramente pegajosa	Ligeiramente plástico	
540-550	Ligeiramente dura	Friável	Ligeiramente pegajosa	Ligeiramente plástico	
550-560	Ligeiramente dura	Friável	Ligeiramente pegajosa	Ligeiramente plástico	
560-570	Ligeiramente	Friável	Ligeiramente	Ligeiramente	

	dura		pegajosa	plástico	
570-580	Ligeiramente dura	Friável	Ligeiramente pegajosa	Ligeiramente plástico	
580-590	Ligeiramente dura	Friável	Ligeiramente pegajosa	Ligeiramente plástico	
590-600	Ligeiramente dura	Friável	Ligeiramente pegajosa	Ligeiramente plástico	
600-610	Ligeiramente dura	Friável	Ligeiramente pegajosa	Ligeiramente plástico	
610-620	Ligeiramente dura	Friável	Ligeiramente pegajosa	Ligeiramente plástico	
620-630	Ligeiramente dura	Friável	Não pegajosa	Ligeiramente plástico	
630-640	Ligeiramente dura	Friável	Ligeiramente pegajosa	Ligeiramente plástico	
640-650	Ligeiramente dura	Friável	Não pegajosa	Ligeiramente plástico	
650-660	Ligeiramente dura	Friável	Ligeiramente pegajosa	Ligeiramente plástico	
660-670	Ligeiramente dura	Friável	Ligeiramente pegajosa	Ligeiramente plástico	
*670-690	Ligeiramente dura	Friável	Ligeiramente pegajosa	Ligeiramente plástico	
690-710	Ligeiramente dura	Friável	Ligeiramente pegajosa	Ligeiramente plástico	
710-730	Ligeiramente dura	Friável	Ligeiramente pegajosa	Ligeiramente plástico	
730-750	Ligeiramente dura	Muito friável	Ligeiramente pegajosa	Plástico	
750-770	Ligeiramente dura	Muito friável	Ligeiramente pegajosa	Ligeiramente plástico	
770-790	Ligeiramente dura	Muito friável	Ligeiramente pegajosa	Plástico	
790-810	Ligeiramente dura	Muito friável	Ligeiramente pegajosa	Plástico	
810-830	Ligeiramente dura	Friável	Ligeiramente pegajosa	Plástico	
830-850	Ligeiramente dura	Friável	Ligeiramente pegajosa	Plástico	
850-870	Ligeiramente dura	Friável	Ligeiramente pegajosa	Plástico	
870-890	Ligeiramente dura	Friável	Ligeiramente pegajosa	Plástico	
890-910	Ligeiramente dura	Friável	Ligeiramente pegajosa	Plástico	
910-930	Ligeiramente dura	Friável	Ligeiramente pegajosa	Plástico	
930-950	Ligeiramente dura	Friável	Ligeiramente pegajosa	Plástico	
950-970	Ligeiramente dura	Friável	Ligeiramente pegajosa	Plástico	

* A partir desse ponto, o intervalo de medida passou a ser de 20 em 20 cm.

APÊNDICE C – Percentual granulométrico

Profundidade	Frações (%)		
	Areia	Silte	Argila
10-20	3	14	83
50-60	2	28	70
100-110	3	25	72
160-170	5	21	74
200-210	4	23	73
260-270	3	36	61
360-370	3	19	78
460-470	3	36	61
560-570	5	33	62
660-670	6	44	50
750-770	8	26	66
850-870	10	46	44
910-930	11	55	34

APÊNDICE D – Relação silte/argila

Volumes	Profundidade (m)	Relação silte/argila
1	0,10-0,20	0,17
2	0,50-0,60	0,40
	1,00-1,10	0,35
3	1,60-1,70	0,28
	2,00-2,10	0,31
4	2,60-2,70	0,60
	3,60-3,70	0,24
	4,60-4,70	0,60
	5,60-5,70	0,53
	6,60-6,70	0,88
	7,50-7,70	0,40
	8,50-8,70	1,04
5	9,10-9,30	1,62