



Autora: Roselir Nascimento, 2007.
Foto 08 – Paisagem local no período da seca.



Autora: Roselir Nascimento, 2007.
Foto 09 – Início da escavação da trincheira.



Autor: Luiz Nascimento, 2007.

Foto 10 – Primeiros 4 metros já escavados.



Autora: Roselir Nascimento, 2007.

Foto 11 – Escoramento de madeira nas laterais e cantos das paredes da trincheira.



Autora: Roselir Nascimento, 2007.

Foto 12 – Tábuas utilizadas como base horizontal para a coleta das amostras.



Autora: Roselir Nascimento, 2008.

Foto 13 – Trincheira recoberta com tábuas de madeira e galhos.

Desenvolveu-se, em campo, a primeira descrição morfológica do material pedogenético, ao longo do perfil, a partir dos dados de cor (Foto 14) e textura.



Autora: Roselir Nascimento, 2007.
Foto 14 - Identificação de cor em campo.

O primeiro metro foi amostrado de 10 em 10 cm, devido às dificuldades de visualização do perfil completo dentro da trincheira e por conter os horizontes mais superficiais caracterizados como *solum*. O segundo metro foi amostrado de 20 em 20 cm. No restante do perfil as amostras foram coletadas segundo variação de informações morfológicas. As amostras deformadas foram coletadas em sacos plásticos e etiquetadas para análise morfológica, química e mineralógica (Foto 15). Amostras para fins de identificação de cor foram organizadas em caixas confeccionadas em papel cartão e organizadas em pedocomparador (Foto 16).

Amostras indeformadas foram coletadas em caixas confeccionadas em papel cartão, saboneteiras e marmitas (alumínio) para a confecção de lâminas delgadas e análise micromorfológica dos horizontes do perfil laterítico (Fotos 17 e 18). Observou-se a orientação do perfil durante a coleta das amostras indeformadas. Devido à presença do lençol freático nos últimos horizontes do perfil, tentou-se retirar a água do poço com bomba e gerador e posterior coleta de amostras indeformadas (Foto 19). Devido à ineficiência de tal prática, por conta da

alta vazão do material pedológico, optou-se pela coleta das amostras encharcadas com auxílio de profissional militar bombeiro utilizando como caixa de coleta de amostras, marmitas de alumínio perfuradas na base.



Autor: Luiz Nascimento, 2007.

Foto 15 - Coleta de amostras deformadas. Observar ao fundo, afloramento do lençol freático.



Autora: Roselir Nascimento, 2009.

Foto 16 - Pedocomparador.



Autora: Helena L. Oliveira.

Foto 17 - Escavação da parede da trincheira no formato da caixa recipiente do material indeformado.



Autora: Helena L. Oliveira.

Foto 18 - Coleta de amostra indeformada em caixa de papel cartão. Seta na lateral indicadora da orientação do perfil.



Autora: Helena L. Oliveira.

Foto 19 - Mangueira utilizada para a retirada da água da trincheira.

Sem as informações do saprolito e rocha fresca, optou-se pelo reconhecimento do material geológico a partir de afloramento de metarritmitos em cortes de estrada e dados de poços.

4.4 – Laboratório

Desenvolveram-se análises tanto morfológicas quanto químicas, mineralógicas e micromorfológicas, cujos resultados, combinados entre si, contribuíram para a identificação dos constituintes minerais, ao longo do perfil do solo. As amostras deformadas foram primeiramente secas ao ar, destorroadas e posteriormente passadas em peneira de 2 mm para análise morfológica (textura), química e mineralógica.

4.4.1 - Análise Morfológica

4.4.1.1 - Cor

A literatura que trata das propriedades morfológicas dos solos identifica a relação da cor dos mesmos com alguns constituintes mineralógicos. Neste último

aspecto, a literatura pedológica apresenta uma equação aplicada à identificação de alguns minerais mais comuns nos solos tropicais (Fator de Vermelho - FV), a partir dos dados referentes a matiz, croma e valor, obtidos na Tabela de Münsell. Esta equação será apresentada no item de análise mineralógica.

A partir das amostras organizadas em pedocomparador, procedeu-se a identificação da cor (úmida) segundo a Tabela de Münsell.

4.4.1.2 - Textura

Para a análise textural (<2 mm), as amostras foram submetidas ao método da pipeta, com defloculação em hidróxido de sódio (NaOH) e agitação por 3h e 10 minutos. Os resultados contribuíram para a organização dos horizontes a partir dos dados morfológicos.

Para a correlação do material pedogenizado com a rocha sotoposta optou-se por coletar amostras de cascalho (2 mm a 2 cm) em 100 g das amostras deformadas, passando-as em peneira de 2mm. O material retido na peneira (>2 mm) foi separado, quantificado e enviado ao Laboratório de Geologia da UFPR para confecção de lâmina delgada. Optou-se inicialmente pela defloculação das amostras. Entretanto, observou-se que em tal procedimento, havia a quebra de cascalhos devido à etapa de rotação do material imerso em defloculante no agitador de amostras. Procedeu-se, então, apenas a lavagem do material em água corrente e posterior secagem em temperatura ambiente.

4.4.2 – Análise Química

4.4.2.1 - Espectrômetro de Emissão Ótica por Plasma Indutivamente Acoplado (ICP-AP)

Parte das amostras indeformadas foi submetida ao ataque sulfúrico, oxalato ácido de amônio e ditionito-citrato-bicarbonato de sódio (DCB) para,

respectivamente, extração de ferro total, ferro livre e ferro amorfo no equipamento Espectrômetro de Emissão Ótica por Plasma Indutivamente Acoplado (ICP-AP) do Laboratório de Química Analítica de Plantas da EMBRAPA/Cerrados. Os resultados das amostras submetidas ao ataque sulfúrico foram aplicados nos cálculos de identificação da relação molecular K_i e K_r e igualmente aplicados nos cálculo da semiquantificação dos minerais da fração argila (método indireto) segundo EMBRAPA (2000). Os valores de K_i e K_r representam respectivamente a relação molecular $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ e $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$.

Segundo KEHRIG (1949, apud REATTO, 2000) os valores de k_i e K_r estão associados ao grau de intemperismo (evolução) do solo. RESENDE e SANTANA (1998) desenvolveram método de alocação da sílica quantificada a partir da técnica de ataque sulfúrico, à caulinita e, por conseguinte, a alumina à caulinita e gibbsita. Os valores de K_i advindos do cálculo da razão molecular apresentada no parágrafo acima permitem a diferenciação dos solos cauliniticos para os gibbsíticos. Valores de K_i acima a 0,75 confirmam solo caulinitico e K_i menor ou igual a 0,75 confere presença de gibbsita. Os valores de K_r acima de 0,75 são mineralogicamente classificados como cauliniticos e abaixo ou igual a 0,75, sesquioxídicos.

4.4.3 – Análise Mineralógica

A análise mineralógica consistiu na identificação (análise qualitativa) e quantificação dos minerais existentes em cada amostra. A identificação da mineralogia ao longo do perfil contribuiu para a interpretação da dinâmica evolutiva do material pedológico. Os procedimentos analíticos para a análise qualitativa e quantitativa dos minerais são descritos abaixo.

4.4.3.1 - DRX (Difratometria de Raios X)

O procedimento técnico de difratometria dos raios x é indicado para a caracterização qualitativa das fases minerais que compõem as amostras. As análises das amostras deformadas foram realizadas na fração terra fina, destorroada e passada em peneira de malha de 2 mm. As frações granulométricas foram separadas segundo FARIAS, MARTINS e CARDOSO (1999). As amostras totais (areia, silte e argila) foram pulverizadas e compactadas a seco em lâmina vazada. Utilizou-se o difratômetro Rigaku, D/MAX – 2/C operando com tubo de cobre e filtro de Ni, sob voltagem de 35 kv e 15 m. A velocidade de varredura de 2°/minuto, no intervalo de 2 a 70° - 2 teta, do Laboratório de Difração de Raios-X, do Instituto de Geociências - UnB. Para a identificação e interpretação dos difratogramas foi utilizado o *software* JADE 3.0, com banco de dados ICCD, 1996.

A mineralogia da fração argila, após procedimento de separação granulométrica, segundo FARIAS, MARTINS e CARDOSO (op. cit.), foi analisada em difratômetro do Laboratório de Química da UFG, devido a problemas com o equipamento do Laboratório de Difração de Raios-X DA UnB. Devido a mudança de laboratório, os resultados da mineralogia foram programados em difratômetro de Raios-X operando com tubo de cobre e filtro de Ni, sob voltagem de 40 kv e 30 m. A velocidade de varredura de 2°/minuto, no intervalo de 2 a 100° - 2 teta. A mudança na programação dos equipamentos resultou em pequenas diferenças na apresentação dos gráficos referentes às amostras totais das de argila. No entanto, tais diferenças não afetaram a interpretação dos difratogramas.

4.4.3.2 - ATG (Análise Termo-Gravimétrica)

A Análise Termo-Gravimétrica é um procedimento qualitativo que tem por fim identificar o mineral a partir do aquecimento da amostra gerando perda de massa do

mesmo. Os minerais Gibbsita e Caulinita foram identificados no equipamento Thermogravimetric Analyzer TGA -50 Shimadzu do Laboratório de Análises Físicas e Mineralogia dos Solos - EMBRAPA CERRADOS/CPAC e representados em termogramas que estão em anexo.

4.4.3.3 - Semiquantificação dos minerais na fração argila.

O método de alocação proposto por RESENDE e SANTANA. (1988) permite a semiquantificação dos minerais na fração argila de Latossolos e vem sendo utilizado pela EMBRAPA em inúmeros solos com bons resultados. Baseia-se em cálculos a partir dos resultados da análise química feita pelo ataque sulfúrico e nos resultados de cor (Fator Vermelho) para obtenção dos valores de caulinita (Ct), hematita (Hm), goethita (Gt), gibbsita (Gb) e FV (Fator Vermelho), cuja fórmula é:

$$FV = M^* + C/V$$

FV = Fator de Vermelho

M = Matiz

C = Croma

V= Valor

M* = valores complementares de matiz em relação ao vermelho.

Este dado foi, posteriormente, aplicado à razão hematita/goethita (RHG) utilizando-se a fórmula:

$$(Hm/Hm + Gt) = \frac{FV - 3,05}{8,33}$$

$$8,33$$

A partir da RHG calculou-se a goethita (%), como se segue:

$$\text{Gt\% (goethita)} = \frac{\text{Fe}_2\text{O}_3 \text{ (ataque sulfúrico)} \times (1 - \text{RHG})}{(0,8989 + 0,1011\text{RHG})}$$

A porcentagem de hematita foi calculada utilizando-se a fórmula:

$$\text{Hm \% (hematita)} = \text{Fe}_2\text{O}_3 \text{ (ataque sulfúrico)} - 0,8989 \times \text{Gt\%}$$

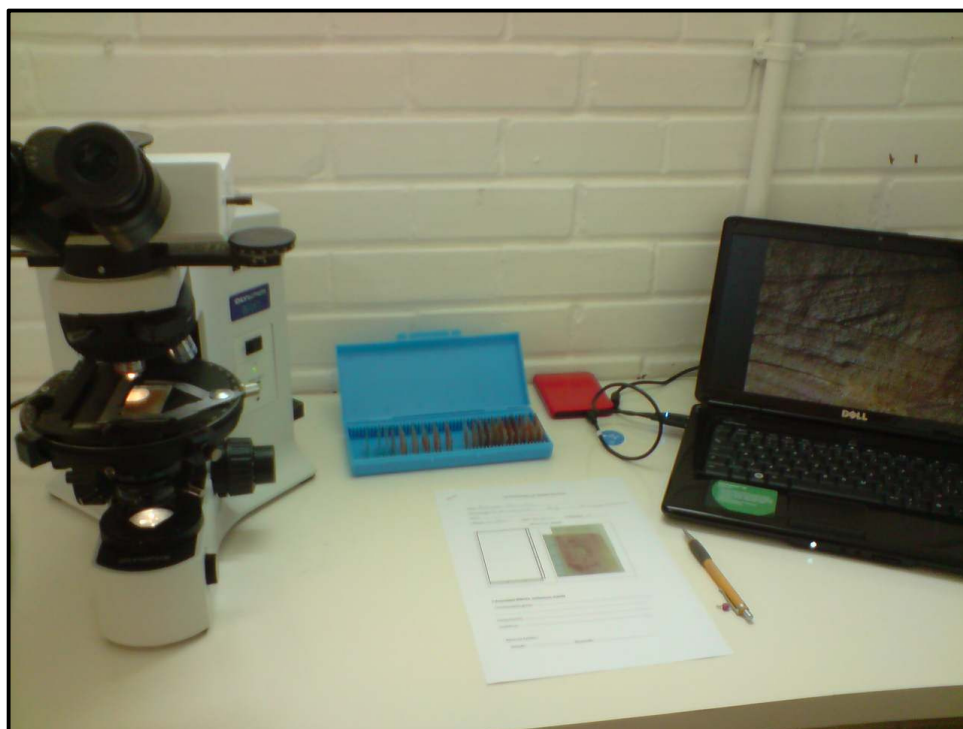
4.4.5 – Análise Micromorfológica

A micromorfologia do material pedológico, segundo CASTRO et al. (2003) compreende técnica de observação morfológica em escala micrométrica, o que requer preparação da amostra de solo indeformada que, originalmente friável é cuidadosamente impregnada por resina a fim de transformá-la em material endurecido, possibilitando assim o seu corte, polimento e posterior confecção de lâmina. A partir das propriedades ópticas do material já resinado e submetido a observações com o microscópio óptico, identificam-se microestruturas pedológicas e feições pedológicas diversas. Estas informações são necessárias para a caracterização dos horizontes do perfil laterítico.

Para a análise da micromorfologia do perfil laterítico estudado seguiu-se a metodologia de preparação das amostras e análise das mesmas em microscópio petrográfico apresentadas, resumidamente acima, e descritas a seguir. As amostras indeformadas foram inicialmente secas em estufa e posteriormente submetidas a impregnação com resina Epoxi no Laboratório de Geologia da Universidade Federal do Paraná. A impregnação das amostras ocorreu em dessecador com auxílio de

bomba a vácuo até total desprendimento de bolhas de ar. Ao final desse procedimento as amostras já resinadas foram secas à temperatura ambiente por 24 horas, cortadas e polidas para confecção de lâminas delgadas. Após polimento, as lâminas foram levadas ao microscópio petrográfico a fim de se descrever a micromorfologia das mesmas (Foto 20). Optou-se pela descrição de lâminas delgadas segundo STOOPS (2003).

Algumas lâminas contendo cascalho (material com diâmetro acima de 2mm e (feições pedológicas) foram preparadas para análise no Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV) visando à identificação da relação mineralógica entre o cascalho e o plasma do solo. Procedeu-se a metalização das lâminas com ouro e aterramento com tinta de prata ou fita metálica, em porta-amostra de alumínio. Tais procedimentos visaram a identificação pontual dos elementos químicos existentes na lâmina.



Autora: Roselir Nascimento, 2009.

Foto 20 - Procedimento de descrição de lâminas delgadas no Laboratório de Geografia Física da UnB.

A interpretação das lâminas foi desenvolvida no Laboratório de Geografia Física da Geografia (UnB), a partir do microscópio petrográfico Olympus 41C. Devido à ausência de máquina fotográfica acoplada ao microscópio, as microfotografias das lâminas foram confeccionadas a partir de câmera fotográfica acoplada à ocular do microscópio, o que gerou fotos, em sua maioria, de formato circular. Muitas foram editadas (identificação da escala) e recortadas em tamanhos variados visando à melhor ilustração do tema.

No MEV foram utilizados os detectores EDS (Detector de Energia Dispersiva Raios-X) e detector de Elétrons Retroespalhados (BSE). O EDS tem como função a identificação da composição química pontual ou em área definida (Mapa). O BSE, é aplicado para se identificar as diferentes fases e número atômico médio das fases e são representadas por meio de imagem em tons de cinza (quanto mais pesado é o mineral, mais claro este é identificado). Foram utilizados os Microscópios Eletrônicos de Varredura (MEV) do Centro de Microscopia UFPR, o do Laboratório de Mecânica das Rochas de FURNAS (G) e o do Laboratório de Microscopia do Instituto de Biologia/UnB.

4.5 - Análises dos dados

Os dados morfológicos, químicos, mineralógicos e micromorfológicos foram interpretados isoladamente e posteriormente integrados na descrição dos horizontes do perfil laterítico, a fim de se traçar a evolução do mesmo.

5 – RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 – Descrição Morfológica

Os resultados dos atributos morfológicos das amostras deformadas coletadas em campo contribuíram para a diferenciação dos sete horizontes que compõem o perfil laterítico, apresentados na Figura 40 e no Quadro 1.

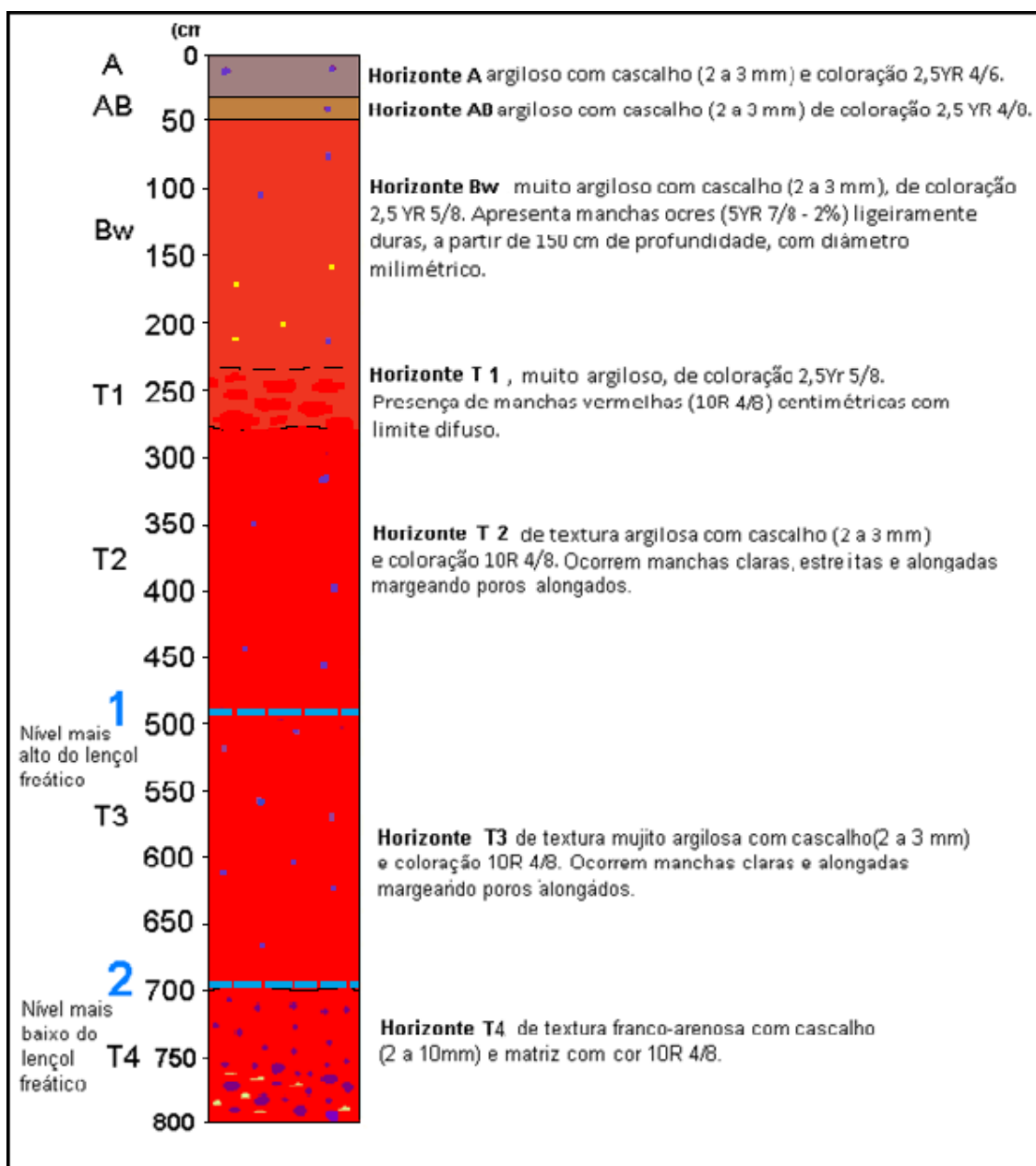


Figura 40 - Dados morfológicos do Perfil Laterítico

5.1.1 – Horizonte T4

O horizonte T4 caracteriza-se pela textura franco-arenosa, expressa em 84% de areia e 16% de argila (Figura 41, Quadro 1,). Apresenta cor 10R 4/8. São encontrados cascalhos (2 mm a 20mm – Foto 21A) formados por fragmentos de quartzo de veios e fragmentos de couraça laterítica (denominados nessa tese por glébulas).

Os fragmentos de quartzo de veio são alongados e apresentam estrias, resultantes de ambiente que passou por deformações estruturais (Foto 21B). Assemelham-se aos veios de quartzo encontrados em perfil de corte de estrada, em metarritmito arenoso (**R₃**) localizado nas proximidades do domo de Sobradinho. A análise da Foto 03 na pág. 61 contribui para a afirmação anterior. Sabe-se que o **R₃** se encontra sotoposto ao perfil e não aflora localmente.

Os fragmentos de couraça são de diâmetro médio de 2 a 10 mm e apresentam morfologia subarredondada a arredondada com morfologia interna constituída por matriz opaca ou em tom marrom-avermelhado, recobrimdo grãos de quartzo de textura arenosa (areia muito grossa) semelhante a níveis mais arenosos do **R₃** (Foto 21C). Apresenta em sua superfície, material mais amarelado, caracterizado como córtex e explicado como material resultante da degradação de couraça com hidratação e redução do ferro. As glébulas estreitas e alongadas são subangulosas a angulosas e internamente apresentam estratos mais avermelhados recobrimdo grãos de areia média a fina (Foto 21D). Lembram a estrutura dos metarritmitos evidenciando variação de estratos litorrelíquias do **R₃**. Estas evidências (glébulas) associadas à presença de quartzo de veio contribui para a hipótese de evolução do perfil laterítico *in situ*. Atualmente o T4 se apresenta imerso, no lençol freático.

Horizonte	Prof. (cm)	Cor úmida	Manchas	Textura	Argila%	Silte%	Areia%	Cascalho(100g)	Tipo	Grau	Tamanho
A	0 a 30	2,5 YR 4/6		Argilosa	58	8	34	1	gra	for	mf
AB	30 a 50	2,5 YR 4/8		Argilosa	56	8	36	2	gra	for	mf/uf
Bw	50 a 240	2,5 YR 5/8	5 YR 7/8 ocres	Muito Argilosa	64	6	30	2	gra	for	mf
T1	240 a 280	2,5 YR 5/8	10R 4/8 verm.	Muito Argilosa	62	7	31	2	gra/mac	for,mod	mf/uf
T2	280 a 480	10 R 4/8	Claras	Muito Argilosa	65	7	28	5	gra/mac	for,mod	mf/uf
T3	480 a 700	10R 4/8	Claras	Arg.-Aren.	48	7	45	5	gra/mac	for,mod	mf/uf
T4	700 a 800	10 R 4/8	Claras	Franco- Arenosa	16	0	84	8	gra/mac	for,mod	mf/uf

Quadro 01 - Dados morfológicos dos horizontes do perfil laterítico. gra – granular; mac – maciça; mod – moderada; for – forte; fra – fraca; mf – muito fina; uf – ultrafina.

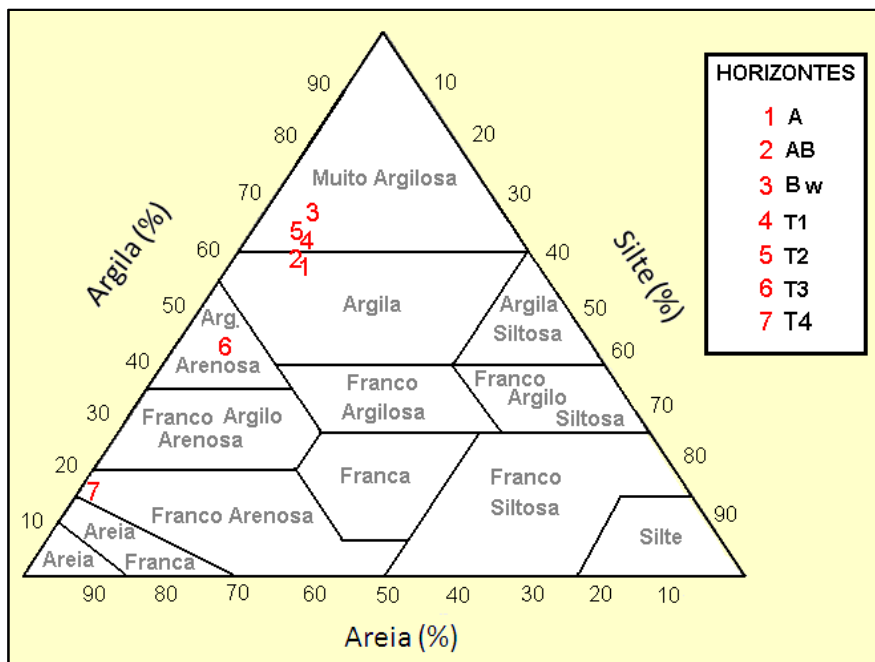
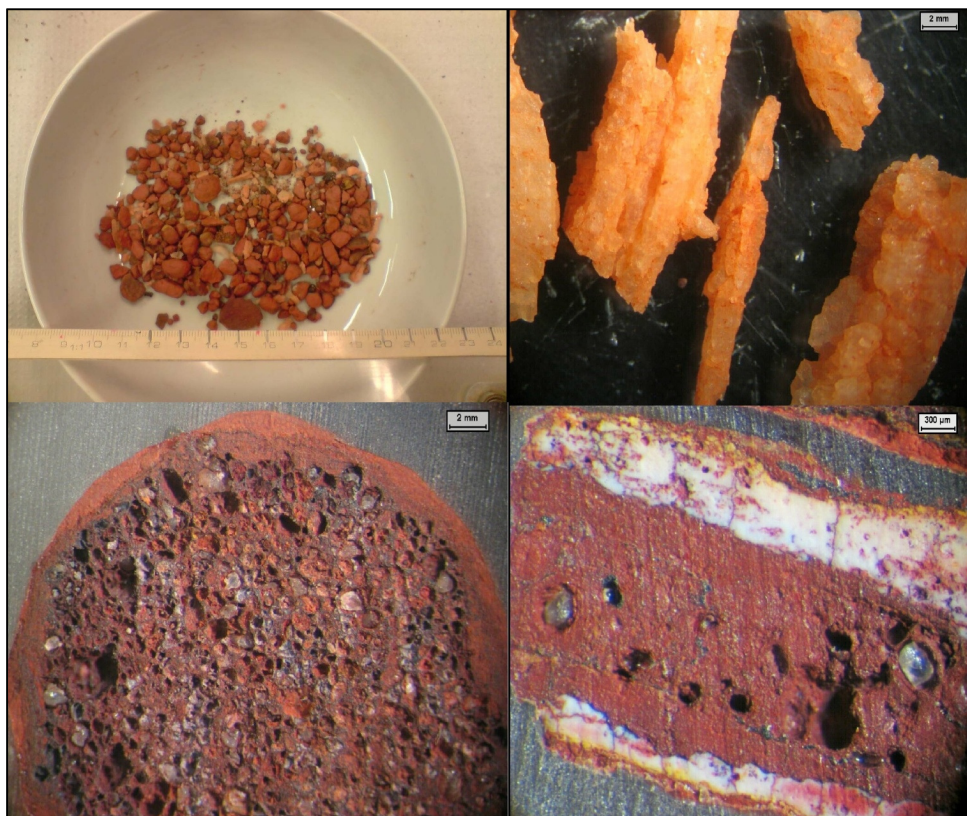


Figura 41 - Triângulo de classificação textural (<2 mm) dos horizontes do perfil laterítico segundo USDA, (1951, apud DIXON & WEED, 1989).



Autora: Heloisa H. A. Silva, 2010.

Foto 21 - **A**: cascalho composto por fragmentos de quartzo e couraça semi-arredondada a arredondada; **B**: quartzo estriado; **C**: morfologia interna da glóbula arredondada com córtex; **D**: couraça apresentando estrutura da rocha. Imagens obtidas em lupa estereoscópica.

5.1.2 - Horizonte T3

O horizonte T3 possui característica peculiar em relação aos outros horizontes, identificada pela variação de textura ao longo do perfil. No horizonte T4 a textura é franco-arenosa e na base (aproximadamente 650 cm) do T3 passa para argilo-arenosa (48% de argila; 7% de silte e 45% de areia) e a 15 cm acima (500 cm) agrega valores maiores de argila que passa para 63% (7% de silte e 30% de areia). A cor se mantém em 10 R 4/8. A estrutura é granular e maciça, mas apresenta em alguns pontos do perfil, menor resistência à perfuração da faca de campo.

Há redução do número de cascalhos dispersos na matriz do solo (5 grãos em 100 gramas de amostra - Quadro 1), em relação ao horizonte T4. Estes cascalhos são subarredondados a arredondados com diâmetro que varia de 2 a 3 mm. Ao longo desse horizonte são identificadas manchas claras e lineares com algumas ramificações, associadas a poros alongados. Sabe-se que algumas plantas exsudam substâncias redutoras em suas raízes atuando diretamente no solo que as recobre.

A fração areia é composta por grãos de quartzo e fragmentos de couraça laterítica. Em alguns setores as manchas retilíneas evoluem para manchas maiores e disformes (Foto 22).



Autora: Roselir Nascimento, 2010.

Foto 22 – Aspecto da mancha clara disforme (600 cm de profundidade).

5.1.3 – Horizonte T2

O horizonte **T2** possui textura muito argilosa (acima de 60 %) e cor 10 R 4/8. A estrutura é maciça, mas apresenta em alguns pontos do perfil menor resistência à perfuração da faca de campo (característica semelhante ao horizonte T3). Ocorrem poucos fragmentos de cascalhos subarredondados a arredondados dispersos na matriz do solo, com diâmetro que varia de 2 a 3 mm. Em 100g de material de solo foram identificados em peneira de trama de 2 mm, cinco unidades de cascalho.

Ao longo do horizonte são identificadas manchas claras e lineares com algumas ramificações, associadas a poros alongados. São mais estreitas que as do horizonte T3. Podem indicar antigos setores do solo perfurados por raízes (exsudação de substâncias redutoras - Foto 23, Foto 24 - detalhe). A fração areia é composta por grãos de quartzo e fragmentos de couraça laterítica.



Autora: Roselir Nascimento, 2010.

Foto 23- Aspecto da mancha clara e retilínea. Observar canal com paredes claras.