

ATAPULGITA EM SOLOS DA REGIÃO DE
SENTO-SÉ, BAHIA-BRASIL

L.P. Ribeiro
Instituto de Geociências da UFBA, Dep. Geoquímica - CPGG, Salvador, Ba

ABSTRACT

The main purpose of this paper is to describe the occurrence of attapulgite at a soil profile located in the city of Sento Sé, which is about 800 km from Salvador, the capital of the state of Bahia.

The profile is part of a soil toposequence, which has morphological and compositional characteristic of Latosoil. However, the presence of attapulgite give to these soil a particular position in that classification. Based upon the geological, mineralogical and micromorphological aspects, the genesis of the attapulgite in these soil is discussed. Besides geological structural control, a past climate, which was drier than the now-a-days semiarid one, is suggested to have played an important rule in the generation of this mineral.

RESUMO

Análises mineralógicas, realizadas por difratometria de raios X e microscopia eletrônica de transmissão, revelaram a presença de atapulgita em um perfil de solos da região de Sento Sé, norte do Estado da Bahia.

A ocorrência de falhas transcorrentes nas proximidades do perfil, bem como a presença de rochas carbonáticas, facilitaram a acumulação de soluções com pH elevado, e bastante ricas em álcalis, situadas nos espaços deixados pelo falhamento. Estes fatores, sob a influência de um clima mais seco que o atual, propiciaram a formação da atapulgita.

Estudos micromorfológicos demonstraram a existência de uma estrutura latossólica parcialmente desenvolvida. As alterações, levaram à formação desta estrutura latossólica, possivelmente em consequência de períodos posteriores mais úmidos, porém não rigorosos o suficiente para degradar totalmente a atapulgita.

O perfil foi classificado como "Latosolo Câmbico", porque, apesar de apresentar características morfológicas de latossolo, tem a relação silte/argila maior que 0,7. A composição do silte, entretanto, não é de minerais primários facilmente intemperizáveis, e sim, de quartzo e agregados de sílica.

INTRODUÇÃO

A atapulgita é um silicato alumino-magnésiano, no qual o alumínio e o magnésio encontram-se em proporções iguais. Ao microscópio eletrônico, apresenta-se sob a forma de palhetas alongadas e achatadas, daí o aspecto fibroso.

Vários outros nomes têm sido dados à atapulgita, por diversos autores: Vernet (1967) procura mostrar que ela se assemelha à série das paligorsquitas de Fersmann; segundo Brown (1961) e Caillère et Hénin (1963), Lapparent teria sido o responsável pelo nome atapulgita, em virtude da exploração desse mineral argiloso na mina de Attapulgis (USA).

Ainda Brown (1961), acha que Paligorsquita, Piolita, Lassalita e Atapulgitita podem ser considerados como sinônimos, preferindo utilizar o primeiro, em virtude de atapulgita ser o nome mais conhecido.

É um mineral argiloso, frágil, não suportando nenhum tipo de transporte, sendo, também, do ponto de vista físico-químico, muito instável, não suportando variações no seu ambiente de formação. Segundo os autores já citados, a atapulgita ainda não foi encontrada em meios lixiviantes e, nos solos, altera-se muito rápido para minerais do grupo das esmectitas. Não se tem notícias da presença da atapulgita em solos ou em materiais de ori-

gem pedogenética. Geralmente, estão relacionadas a ambientes lagunares e marinhos, com gênese *in situ*. De acordo com Vernet (1967), são minerais de neoformação que ocorrem em sedimentos com reações básicas, ricos em sílica e em magnésio, e com um teor em carbonatos relativamente elevado.

As atapulgitas encontradas no Marrocos, segundo Brown (1961), parecem ser de origem hidrotermal. Para Grim (1953) e Millot (1964), as atapulgitas podem ser encontradas em solos de regiões desérticas, estando em íntima relação com as "terras fuler".

Para Grim (1953), Caillère e Hénin (1963), Millot (1964) e Polmerol (1967), a

atapulgita, a sepiolita e a paligorsquita são encontradas em sedimentos recentes ou atuais, geralmente associados à montmorilonita e à illita. Bigote (1959), Peter & Von Salis (1965), Martini (1967) e Vernet (1967) mostraram que a atapulgita e a paligorsquita sempre ocorrem em diáclases e falhamentos na África equatorial. Posteriormente, Vernet (1967) encontrou a atapulgita em "fissuras de marnes" na Suíça. Segundo esse autor, essa atapulgita está relacionada a um processo de diagênese tardia, ligada a fenômenos físico-químicos locais, tal como meio confinado, onde a hidrólise é bloqueada, ou seja, onde são aprisionados os íons alcalinos e alcalinos terrosos, sílica e muito pouco alumínio. Dessa forma, a atapulgita forma-se em um meio onde o pH é bastante elevado, normalmente entre 10 e 12, superior ao necessário para a formação da montmorilonita. Para Loughnan (1969), os argilominerais desses grupos são, na verdade, anfibólitos modificados em dupla camada. O magnésio é o principal cátion no octaedro, pela substituição do alumínio; íons férricos e ferrosos são comuns em seu ambiente de formação. Para esse autor, do ponto de vista genético, isso ocorre em regiões lagunares, onde as rochas submetidas às alterações são ricas em minerais com altos valores de pH de abrasão, como a olivina, augita e a nefelina; as águas poderão ser particularmente alcalinas, suficientes para causar a dissolução da alumina como aluminato e promover a precipitação do magnésio. Os estudos de Singer (1981), em Israel, chegam, também, à conclusão que esses minerais argilosos são formados por precipitações de soluções.

Na região de Sento-Sé, a atapulgita ocorre em um solo classificado como Latossolo (Classificação Brasileira), Ferralítico (Classificação Francesa), Oxissol (Soil Taxonomy). É profundo, laterítico ou com presença de concreções e nódulos em profundidade, relativamente dessaturado em bases, apresentando algumas manchas de hidromorfia abaixo de 370 cm.

Neste trabalho, procurou-se caracterizar e iniciar o estudo das condições de ocorrência e formas de jazimentos da atapulgita em solos da região de Sento-Sé.

MATERIAIS E MÉTODOS

O município localiza-se ao norte do Estado da Bahia, às margens do Rio São Francisco, mais precisamente do Lago de Sobradinho, a uma altitude de 380m. Está compreendido entre os paralelos 09°45' e 10°S e os meridianos 40°31' e 41°35'W.Gr., situando-se a 800 km de Salvador. Possui jazimentos de talco, ametista, amianto, barita, cobre, esmeralda, hematita, turmalina e ouro, geralmente associados ao chamado complexo Colomi. A área é acessível pela BA 210, estrada que liga Juazeiro à Sento-Sé (Moraes Filho et al., 1983).

A região, onde se insere a referida área, está submetida a um clima semi-árido, com pluviometria média anual da ordem de 614 mm, caracterizada pela alternância de uma estação chuvosa (inverno), com cerca de 93% do total pluviométrico, e uma estação seca (verão), bem contrastadas. Apresenta um alto grau de evapotranspiração com valores médios anuais da ordem de 1286 mm. A temperatura mé-

dia anual é da ordem de 24,2°C, sendo que as mínimas estão em torno de 20,9°C e as máximas em torno de 25,9°C (Santos, 1962).

Morfologicamente, a região caracteriza-se pela presença de superfícies aplainadas do tipo tabular, erosiva, limitadas por escarpas subverticais, destacando-se a escarpa do Tombador, ao norte da qual estende-se o monótono pediplano regional com as cotas em torno de 400m, da qual emergem, como "ilhas", relevos residuais representados por morros e serras com cotas entre 500 e 800m. Os níveis erosivos mais elevados estão representados pelo topo da Serra de Boqueirão da Onça, com altitudes variando entre 800 e 900m.

Na área estudada, afloram, essencialmente, rochas pertencentes à unidade litoestratigráfica do Pré-Cambriano, ao Grupo Colomi, depósitos de cobertura detrítica terció-quaternários e sedimentos quaternários, caracterizando uma geologia muito complexa (Moraes Filho et al., 1983).

O Grupo Colomi engloba rochas de baixo grau de metamorfismo (fácies xisto verde), pertencentes à uma seqüência essencialmente químico-sedimentar com contribuição subordinada de vulcanismo de idade Proterozóica Inferior, caracterizada pela seguinte sucessão litoestratigráfica (da base para o topo): 1) Unidade Serra do Cachorro - constituída por quartzitos, metarcózios e metarenitos e gradando lateral e verticalmente para a Unidade Castela; 2) Unidade Castela - representada, essencialmente, por rochas metacarbonatadas (dolomita, calcário dolomítico e magnesita); 3) Unidade Serra da Capivara - constituída por formações ferríferas bandadas

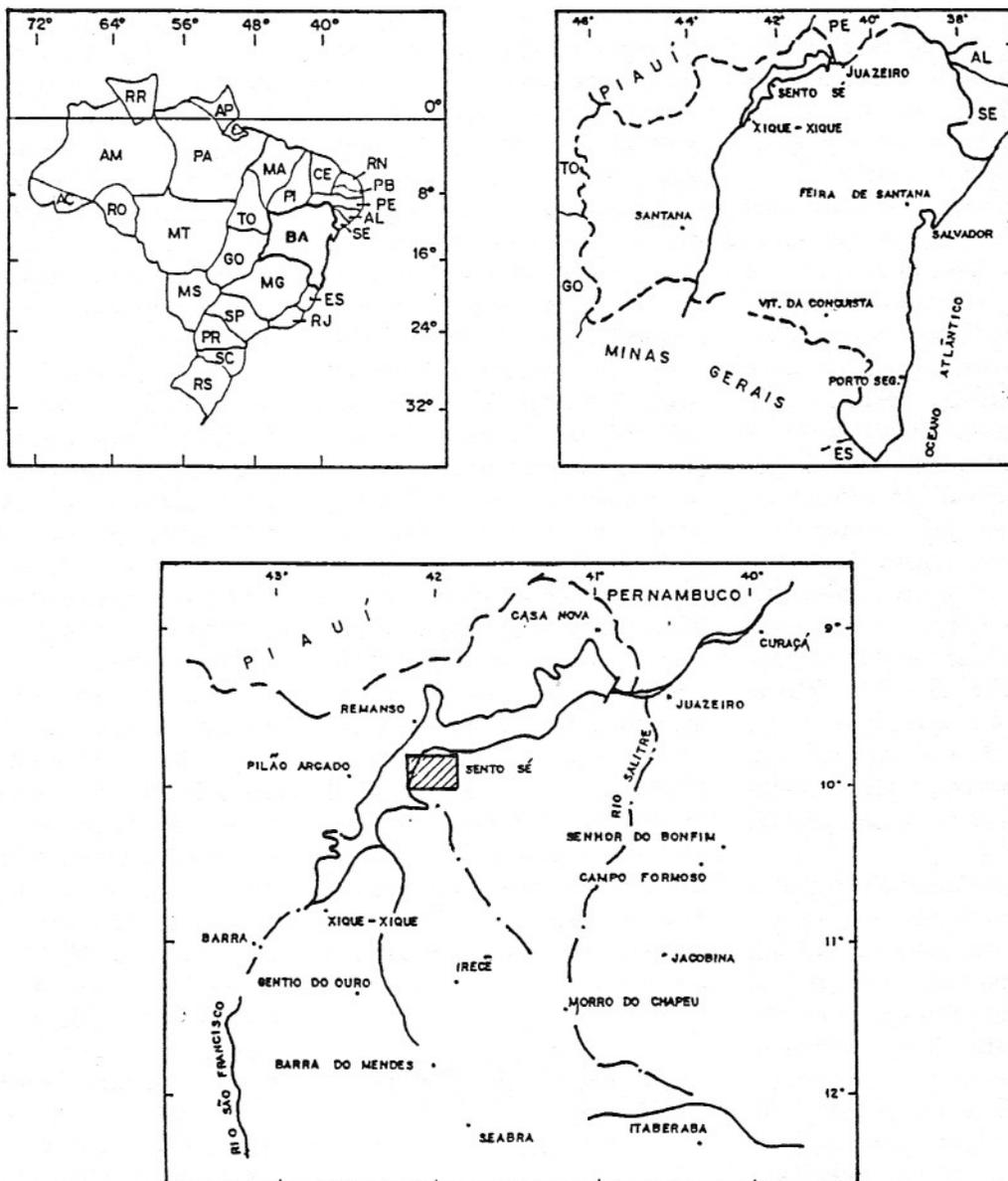


Figura 1 - Mapa de situação.

tipo Lago Superior e, essencialmente, da fácies óxido; 4) Unidade Serra da Bicuda - formada, essencialmente, por rochas psamíticas.

Pequenos sills de epidiorito e metabasitos xistificados (xistos verdes) têm distribuição restrita, ocorrendo associados às duas primeiras unidades.

As coberturas estão relacionadas aos ciclos de pediplanação e denudação Sul-

Americana e Velhas e/ou Paraguaçu. São constituídas por depósitos terciário-quaternários, amplamente distribuídos regionalmente, principalmente nas proximidades ou nos sopés das serras constituídas por rochas do Complexo Colomi. De uma maneira geral, são formados por sedimentos argilo-arenosos e, localmente, por couraças lateríticas e cangas ferruginosas. Como sedimentos mais recentes, foram individualizados os

depósitos de "talus" e aluviões recentes (Moraes Filho, 1983).

Ocorrem, na área, falhas transcorrentes e muitas zonas de brechas, já bastante lateritizadas, como observado nas proximidades da fazenda Castela e próximo ao morro da antena. A ocorrência de magnetita, na área, tem estreitas relações com os falhamentos.

A cobertura vegetal nativa é a caatinga hipoxerófila, que pode ocorrer com espécies

arbóreas e com porte mais baixo e mais aberta; essas fitofisionomias estão relacionadas aos tipos de relevo.

Para o presente trabalho, selecionou-se o perfil n° 3, ao norte dos cinco estudos em uma toposequência de solos (Fig. 2), por ser o único que apresenta a atapulgita. Este perfil localiza-se na parte baixa da toposequência, com relevo plano a suave ondulado, desenvolvido sobre o produto da alteração de um material complexo, ou seja, uma cobertura terció-quaternária que se assenta sobre rochas metamórficas de baixo grau, do tipo xisto e metavulcânicas. Os perfis 1 e 2 situam-se no terço superior da vertente, sobre rochas carbonáticas itabiríticas e quartzito e, os perfis 4 e 5, situados no sul, desenvolveram-se sobre materiais de origem semelhante ao do perfil n° 3.

O exame morfológico e amostragem dos horizontes foram feitos de maneira usual, em conformidade com os critérios da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo (Lemos e Santos, 1984). Efetuou-se, também, amostragens especiais, em amostras indeformadas e orientadas para análises micromorfológicas.

As determinações químicas e físicas foram realizadas segundo a metodologia utilizada na ORSTOM, descrita por Perraud et al (1976).

Nas determinações mineralógicas, as amostras foram submetidas à separação granulométrica, utilizando-se, como dispersante, o hidróxido de amônio e, para coleta de fração argilosa, seguiu-se o tempo calculado pela lei de Stokes. A sequência de determinação através de raios X e microscopia eletrônica de transmissão foi realizada nos laboratórios da

ORSTOM, Bondy-França. Nos estudos por difratometria de raios X, utilizou-se o tubo de cobalto com os feixes incidentes sobre lâminas de pó e orientadas, tendo sido a fração argilosa passada na seqüência normal, deferrificada, tratada com magnésio, com potássio, aquecida a 500°C e glicolada conforme Robert e Tessier (1974).

As amostras indeformadas foram impregnadas com uma mistura de resina Polylite (nome comercial) com o monômero de estireno na proporção de 30 para 70%. Para acelerar a polimerização da mistura, adicionou-se gotas de catalizador MEK. Após o preparo das lâminas delgadas, foi desenvolvida a análise micromorfológica, com base nas especificações de Brewer (1964). Avaliou-se, principalmente, os fenômenos ligados à gênese do material e algumas feições que pudessem explicar fatos ou processos observados no campo e através de análises diversas.

CARACTERIZAÇÃO MORFOLÓGICA DO PERFIL

A - 0-15cm, vermelho acinzentado (10R 4/4 úmido), franco arenosa, fraca, média, blocos pequenos subangulares, concreções e nódulos pequenos e médios, clara, irregular.

AB - 15-55cm, vermelho escuro (10R 4/6 úmido), franco arenosa, fraca, média, blocos subangular, nódulos e concreções muito pequenos (chumbinho), clara, irregular.

BA - 55-100cm, vermelho escuro (10R 4/6 úmido), franco arenosa, média, blocos subangulares, com granular muito pequena forte, concreções e nódulos pequenos e

médios, gradual, irregular.

Bw_{c1}-100-155cm, vermelho escuro (10R 4/6 úmido), franco arenosa, muito fraca, tendência a bloco com granular muito pequena, horizonte constituído por cerca de 80% de nódulos e concreções ferruginosos e manganosos e alguns fragmentos de quartzo, gradual, irregular.

Bw_{c2}-155-260cm, vermelho escuro (10R 4/6 úmido), franco arenosa, granular, muito pequena, forte, raras tendências a bloco subangular, alguns fragmentos de quartzo, concreções e nódulos ferruginosos e manganosos arredondados, 05 a 15cm, alguns blocos soldados, gradual e plana.

B_{wc} - 260-350cm, vermelho escuro (10R 4/6 úmido), horizonte soldado em mais de 50% do seu volume com o restante apresentando nódulos, concreções e material similar ao anterior, clara, plana.

B_c - 350-370cm, vermelho claro (10R 6/8 úmido), horizonte apresentando algumas manchas de hidromorfia nas fendas com coloração esbranquiçada, os blocos e concreções apresentam-se quebradiços, o material do solo é mais argiloso, com aspecto duro, fundido, gradual, plano.

BC_{g1} - 370-390cm, vermelho claro (10R 6/8 úmido); horizonte com manchas de hidromorfia mais generalizada com nódulos de coloração castanha escura a preta, fracamente endurecido, material do solo mais argiloso, fundido com presença de rocha muito alterada, gradual, plana.

BC_{g2} - 390-420cm, rochas alteradas, com nódulos muito quebradiços, manchas de hidromorfia de coloração esbranquiçada, material endurecido.

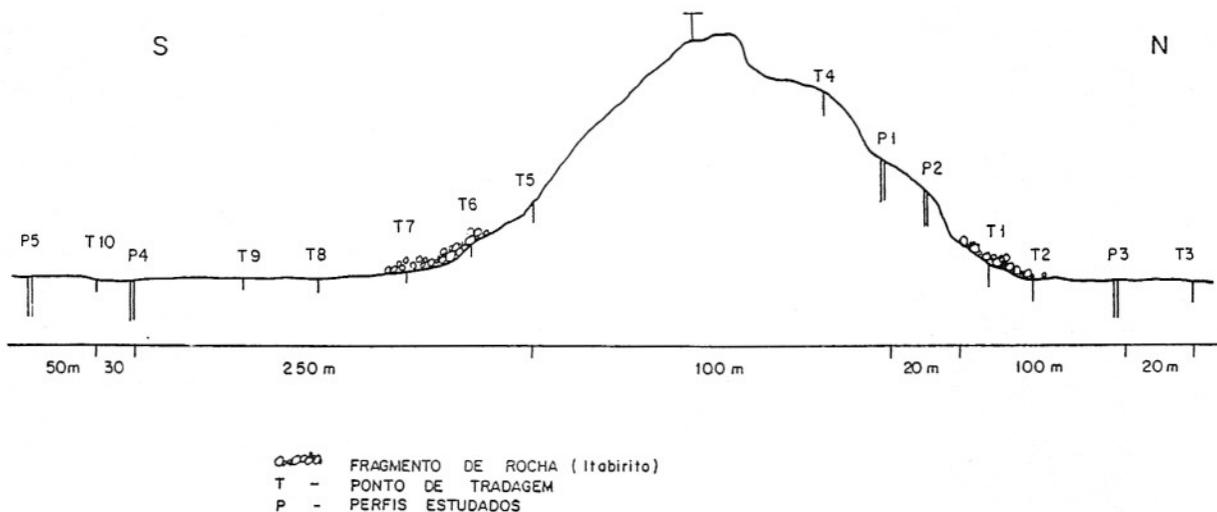


Figura 2 - Esquema de toposequência.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As observações efetuadas através de lâminas delgadas em microscópio polarizado mostraram que o setor compreendido entre a base do perfil até a profundidade de 268cm apresenta um fundo matricial com esqueleto, abrangendo cerca de 60-70%, constituído, basicamente, por grãos inteiriços de quartzo microfraturado, formas e tamanhos variáveis (angulares e arredondados). Estes quartzos apresentam-se bastante alterados, sendo visível a presença de sílica amorfa sob a forma de calcedônia. As muscovitas são de pequenos tamanhos, alteradas e muito alteradas, com cores de interferência fortes, palhetas abertas, liberando alteroplasma; alguns grãos de plagioclásios ocorrem alterados e pouco alterados. Presentes, também, alguns grãos de zircão e ferromagnesianos do tipo olivina e hornblenda, possivelmente grunerita, sendo esses dois últimos observados dentro de concreções. Presença de opacos, principalmente hematita, com halos de alteração para

goetita.

As relações entre o esqueleto e o plasma (estrutura básica) são do tipo aglomeroplásmica com raros setores porfirósquélica ou intertética.

O material plasmático, quase todo constituído por alteroplasma, assume cerca de 15 a 20% do fundo matricial, apresentando cores variegadas, entre elas vermelho escuro, amarelo e esbranquiçado. Constitui-se de material argiloso, pequenos fragmentos de minerais muito alterados (fantasma), já encoberto por alteroplasma, óxidos de ferro e, possivelmente, manganês e sílica amorfa, com uma estrutura bimasépica.

Esse material, quando observado com grandes aumentos, permite separar os seguintes subtipos de materiais plásmicos:

1 - Alteroplasma de coloração esbranquiçada brilhante, aspecto fibroso, com a presença de sílica amorfa e pseudocristalizada. A estrutura bimasépica, ocorre, freqüentemente, contornando nódulos, concreções e áreas contendo outros tipos de plasma. Apresenta,

como maior característica, o aspecto fluidal, como se fosse uma corrente de material e, em alguns pontos, observa-se o aspecto de flocos de neve ou palhas de trigo. É freqüentemente cortado por vazios do tipo wfendas.

2 - Alteroplasma vermelho escuro, normalmente pontual, raramente isotrópico, preenchendo espaços vazios, onde ocorrem certas concentrações de argila e ferro, parecendo ser o termo mais evoluído do alteroplasma, com aspecto globular, formado por microglóbulos de plasma, com coloração variando de vermelho-escuro a vermelho-amarelo. Está nitidamente relacionado à evolução imediata do alteroplasma fibroso, podendo-se observá-lo em pontos ligados às bordas alteradas de minerais primários.

3 - Plasma dos nódulos e dos invólucros das concreções. São, na verdade, concentrações de plasma ferro-argilomangânico, de coloração castanho escura à quase preta, na maioria das vezes apresentando grãos de quartzo. No interior das concreções, observam-se, geralmente, restos de minerais

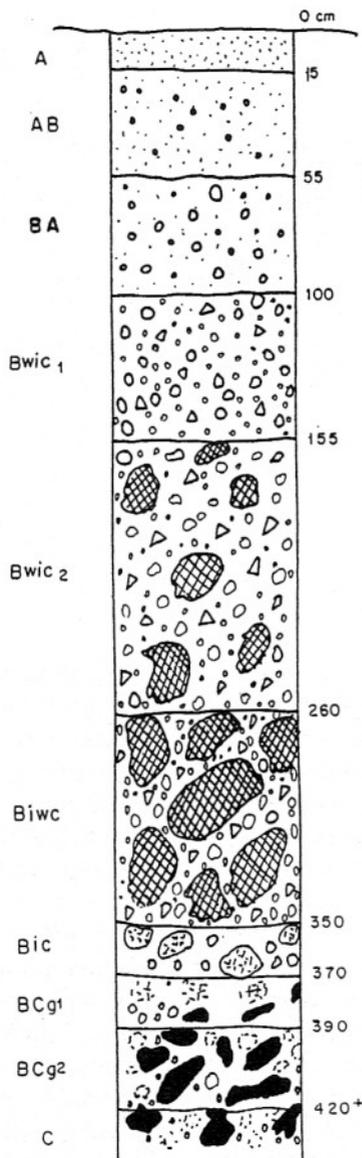


Figura 3 - Desenho de Perfil.

alterados e a presença de plasmas do tipo 1 e 2, acima descritos.

Os vazios ocupam regularmente todo o fundo matricial e constituem cerca de 10 a 20%, em média. Os principais tipos observados são as fendas e canais, raros *packings* (empacotamentos) e cavidades. Boa parte desses vazios está parcialmente preenchida por sílica

amorfa. Na parte superior desse setor, ocorre um ligeiro aumento dos espaços vazios do tipo cavidade.

As feições pedológicas observadas são, basicamente, os nódulos castanho-escuro a preto, com grãos de quartzo, e as concreções, que, na maioria das vezes, parecem ter se formado sobre fragmentos de ro-

chas pouco alterados. É possível observar, em alguns setores mais avermelhados, tais feições, parecendo tratar-se de material menos denso, menos ferruginizado, com vestígios da estrutura da rocha-mãe. Outro tipo de feição é a presença de sílica pseudo-amorfa ou pseudocristalizada em espaços vazios e em meio ao plasma fibroso. Esse plasma fibroso parece, em alguns pontos, funcionar como uma espécie de cutã de difusão.

268 a 228cm - O esqueleto é semelhante ao do setor anterior, ressalvando a menor presença dos minerais mais facilmente alteráveis do tipo olivina e hornblenda. Constitui cerca de 60 - 70% do fundo matricial. O grau de alteração é bem mais acentuado, com diminuição de alteroplasma. A estrutura básica porfirósquêmica já se apresenta mais clara, apesar da participação da intertética e da granular.

O plasma mais representativo é de coloração vermelho escura, isotrópico, argilasepico, organizando-se em micropeds isolados e micropeds ligados, irregularmente arredondados e com contornos flagelados. Este material apresenta pequenas concentrações em materiais mais ferri-manganosos, dando origem a micronódulos brunados.

O plasma fibroso (alteroplasma) apresenta-se em uma fase mais evoluída, com coloração mais amarelo avermelhada, bastante relacionado ao alteroplasma globular exibido em alguns pontos, também com ligações evolutivas para o plasma isotrópico acima descrito. Nesse setor, este tipo de material apresenta-se relacionado a litorrelíquias bastante alteradas.

Os vazios aumentam sen-

LEGENDA

-  HORIZONTE ORGANO-MINERAL COM PEQUENOS NÓDULOS E CONCREÇÕES.
-  HORIZONTE COM NÓDULOS, CONCREÇÕES E FRAGMENTOS DE QUARTZO
-  HORIZONTE MOSTRANDO SETORES COM COURAÇA ASSOCIADA A FRAGMENTOS DE QUARTZO, NÓDULOS E CONCREÇÕES
-  HORIZONTE COM HIDROMAFIA PARCIAL, C/CONCREÇÕES, NÓDULOS E COURAÇA GUEBRADIÇOS, DEGRADANDO-SE.
-  FRAGMENTOS DE ROCHAS MUITO ALTERADOS

sivelmente sua participação no fundo matricial com cerca de 40%. Os tipos mais comuns são as cavidades e *packings* (empacotamento), sendo, mais raros, as fendas e os canais.

As feições observadas são nódulos e concreções como as já descritas. As silicificações ocorrem em menores quantidades. Ocorrem, neste setor, raras litorrelíquias de itabirito, algumas delas podendo ser denominadas de pseudoconcreções, por apresentarem, superficialmente ou subsuperficialmente, uma faixa contínua ou descontínua de coloração vermelho amarelada, possivelmente ligada à alteração, o mesmo acontecendo com alguns fragmentos de minerais opacos. Ocorrem concreções realmente zonadas, constituídas por sucessão de concentrações plásmicas, vermelha-escura e castanha-avermelhada.

228 a 155cm - O esqueleto constitui-se, basicamente, de quartzo, como já descrito, traços de zircão e raros opacos primários, alteráveis, relacionados às raras litorrelíquias bastante alteradas. Aumento da estrutura tipo porfirosquélica. Em alguns pontos, observam-se grãos de mica, relativamente isolados, de tamanho muito pequeno.

O material plásmico constitui 15 a 20% do fundo matricial. É semelhante ao tipo anteriormente descrito, com uma sensível diminuição do alteroplasma mais evoluído, ligado às raras litorrelíquias alteradas.

Os vazios, inicialmente, aumentam em porcentagens, podendo chegar a cerca de 45%, decrescendo em seguida para cerca de 40%, aproximadamente. Os tipos mais observados são as cavidades e os *packings* (empacotamento).

As feições pedológicas mais comuns são os nódulos e concreções que vão diminuindo sensivelmente de tamanho, à medida em que se sobe no perfil. Os fragmentos de itabirito ocorrem, como descrito anteriormente, enquanto a sílica pseudocristalizada diminui. As concreções contendo minerais primários em seu interior diminuem, sendo raras, dando lugar às formadas por concentrações diferenciais de plasma.

155 a 15cm - O esqueleto torna-se mais rico em quartzo. O restante é semelhante ao descrito no setor anterior, contendo minerais primários de tamanho pequeno. Alguns grãos de mica, pouco alterados, também ocorrem. A estrutura do tipo porfirosquélica é dominante.

O plasma é semelhante ao descrito no setor anterior, salvo pelo maior escurecimento, tornando-se mais brunado. O alteroplasma evoluído torna-se raro pela diminuição, em quantidade e tamanho, das litorrelíquias muito alteradas.

Os vazios comportam-se como no setor anterior, porém, à medida que se aproxima dos pontos mais elevados do perfil, ocorre uma sensível diminuição para cerca de 25 a 30%, com aumento dos vazios do tipo *packings* (empacotamento) e diminuição relativa das cavidades.

As feições estão constituídas por nódulos de tamanho pequeno, raras concreções, também, de tamanho pequeno, litorrelíquias de itabirito, e raros pontos com sílica pseudocristalizada. As concreções contendo minerais primários no interior desaparecem.

15 a 0cm - O esqueleto é mais quartzoso e com maior número de opacos, o restante é semelhante ao observado no setor anterior. A estrutura básica é porfirosquélica com seto-

res aglomeroplásmicos.

Do plasma, cerca de 15% torna-se mais brunado ou castanho-avermelhado, organizado sob a forma de micropeds e micronódulos, como já descrito.

Os vazios são semelhantes aos descritos para o setor anterior, apresentando um ligeiro aumento na porcentagem, que pode variar entre 35 a 45%. Os *packings* (empacotamento) são mais representativos.

Ocorrem grandes quantidades de micronódulos e raras micro concreções, como já descritas. As litorrelíquias de itabirito estão presentes e o plasma de alteração não foi observado.

Desta análise, pode se entender o seguinte:

Apesar da variação nítida entre a base e o topo do perfil, na verdade, as transformações são graduais. Os grãos de esqueleto, mais alteráveis transformam-se em alteroplasma e evoluem para o plasma isotrópico, passando por fases bem definidas. Mesmo as litorrelíquias, observadas em pontos mais elevados do perfil, exibem essa evolução. Somente nos horizontes superficiais, foi possível observar raros grãos de minerais primários pouco alterados, o que pode estar relacionado à participação de material em trânsito, o mesmo acontecendo com fragmentos de itabirito.

O material plásmico possui uma pequena participação no fundo matricial, com 15 a 20%. Apesar de morfológicamente dar a impressão da existência de uma estrutura granular forte, bem formada, a análise das lâminas mostra que os micropeds e micropeds soldados parece que ainda não atin-

giram um estágio evolutivo satisfatório.

Os vazios são bem representados, principalmente os de tamanho pequeno que permitem uma microporosidade muito boa. As fendas são mais comuns nos horizontes de profundidade, relacionadas ao alteroplasma. Nas partes superiores do perfil, as cavidades e os vazios do tipo *packing voides* são mais representativos, sendo que os últimos não apresentam suas características típicas e, desta forma, tornam os canais e as cavidades, proporcionalmente, mais evoluídos. Os estudos mostram, ainda, que nos horizontes mais profundos, a porosidade é bem menor que nas partes medianas e superficial do perfil, com a ocorrência, na parte mediana, de um sub-horizonte com diminuição de porosidade.

Os grãos do esqueleto são, em sua maioria, grãos de quartzo bastante alterados e microfragmentados, liberando sílica que se apresenta como amorfa, pseudocristalizada e sob forma calcedônica. Apesar dos grãos apresentarem-se desta forma ao longo de todo perfil, não há nenhuma evidência de iluviação desse material, ressaltando os horizontes de alteração que estão ligados ao processo de difusão de material plásmico numa área semi-fechada de drenagem deficiente. Os minerais facilmente intemperizáveis fazem parte do alteroplasma e não apresentam persistência ao longo do perfil. Mesmo o plagioclásio, praticamente, desaparece nos horizontes medianos, sendo este comportamento extensivo às micas. As alterações dos minerais facilmente intemperizáveis liberam ferro e manganês, que ou se incorpora ao alteroplasma para gerar o plasma isotrópico,

ou se concentra para dar origem aos micronódulos, nódulos e concreções. Estes minerais, também, liberam sílica que, juntamente com a alteração dos grãos de quartzo microfragmentados, são responsáveis pelo elevado teor de silte e pela presença de sílica no perfil.

Os nódulos são bastante representativos, a maioria com grãos de quartzo em seu interior. Esses nódulos têm tamanhos variáveis, são arredondados, com contornos relativamente nítidos. As concreções dos horizontes mais profundos parecem ser constituídas pelo mesmo material plásmico apresentado pelos nódulos, sendo que, em seus centros, ocorrem fragmentos de rochas alteradas e pouco alteradas. Na medida em que se estuda a parte mediana do perfil, esse tipo de concreção torna-se rara; a partir daí, até o topo, é mais comum a presença do que se chamou de pseudo-concreção. Trata-se de possíveis fragmentos de itabirito com alteração na periferia, resultando em um material plásmico goetítico, de colora-

ção amarela e pequenas concreções formadas por sucessivas concentrações de material plásmico amarelo avermelhado, vermelho escuro e bruno avermelhado.

Os estudos desenvolvidos para a caracterização mineralógica da fração argila evidenciaram uma suíte de minerais argilosos constituída por: atapulgita, caolinita, quartzo, hematita e traços de goetita, calcita, interestratificados a 17Å, e presença de picos pouco nítidos a 14Å (Figura 4).

A atapulgita ocorre mais intensamente nos horizontes mais profundos, principalmente na zona de rochas alteradas. Ela ainda tem ocorrência nos horizontes concrecionários, com diminuição sensível em torno de 155cm. Sua presença ainda é notada, como traços, no horizonte Bw_{1c1} .

Os estudos desenvolvidos ao microscópio eletrônico de transmissão (Figura 5) mostraram, claramente, a presença desse mineral argiloso ao longo do setor do perfil acima re-

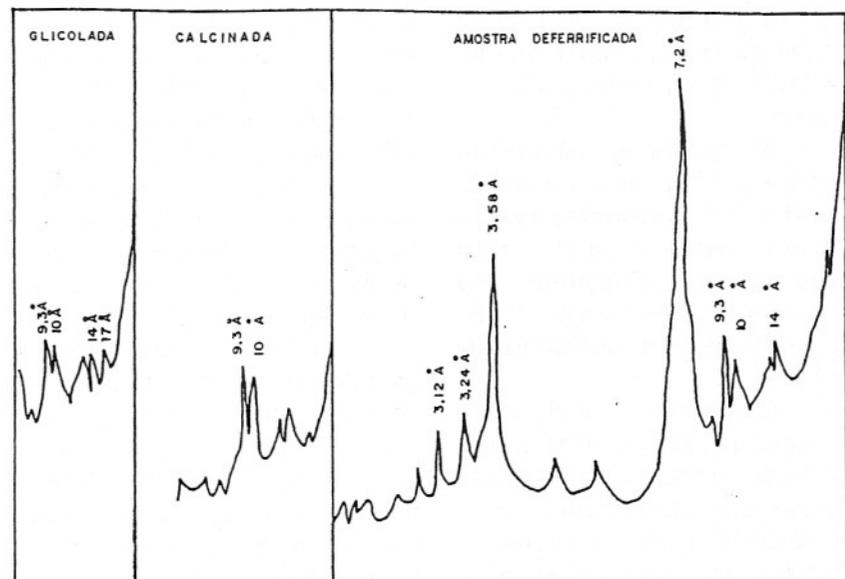


Figura 4 - Difratograma de Raios X.



Figura 5 - Fotomicrografia mostrando aspectos da presença de atapulgita no horizonte B do perfil.

ferido. Trata-se de palhetas alongadas, com tamanhos aproximados entre 1 a 3 micras, apresentando-se, em muitos casos, como grupamentos fibrosos, associados à caolinita de tamanho pequeno, pouco cristalizada. Observou-se, ainda, que os cristais de maiores tamanhos ocorrem nos horizontes mais profundos. Nos horizontes superiores, limitado a 100 cm, as palhetas apresentam-se quebradas ou de tamanho muito pequeno, normalmente, em torno de 1 (um) micron, ou menor.

A caolinita apresenta-se em pequenas quantidades, em profundidade, mostrando ligeiro aumento nos horizontes mais superiores: apresenta um grau de cristalinidade baixo, quando observada ao microscópio eletrônico. O quartzo apresenta-se de forma muito expressiva ao longo do perfil, principalmente nos horizontes mais profundos. A hematita acompanha o comportamento do quartzo, enquanto que a goetita, ocorrendo como traços, é mais visível nos horizontes mais superficiais. As micas, também em muito pe-

quenas quantidades, ocorrem, principalmente, nos horizontes mais profundos, onde, também, foram observadas calcita e alguns argilominerais, com picos pouco expressivos nas regiões de 14Å e 17Å.

Quando tratados com etileno glicol, tais minerais não se expandiram, o que levou a se pensar em mineral do tipo vermiculita e/ou interestratificados. Estudos mais detalhados ficaram prejudicados pela pequena quantidade dessas espécies.

Os estudos específicos dos nódulos e concreções, isolados do material do solo e pulverizados, mostraram uma suíte mineralógica semelhante à encontrada no material do solo, sendo que se notou um ligeiro aumento nas proporções de caolinita e de goetita.

Como característica, o perfil apresenta acentuadas variações morfológicas, com a profundidade. Os dois primeiros horizontes, A e AB, atingiram a profundidade de 55cm, apresentando coloração vermelha (10R), textura arenosa, va-

riando entre 10 e 12% de argila, presença de nódulos e concreções de ferro e manganês tipo “chumbinho de caça”, estrutura em blocos subangulares com granular muito pequena, forte; a transição desse conjunto para o sotoposto é clara. Dois outros horizontes, que estão logo abaixo, ainda apresentam características morfológicas semelhantes às descritas acima: são os horizontes BA e Bw_{c1}, que se diferenciam daqueles por apresentar um aumento substancial em nódulos e concreções, muitos deles de tamanho superior aos descritos, sendo a transição gradual aos 155cm. Segue-se a esses horizontes, grande espessura de material concrecionário, com presença localizada de couraças, estendendo-se até a profundidade de 370cm, onde se distinguem os horizontes Bw_{c2}, B₁w_c e B₁c. Os dois primeiros horizontes apresentam fragmentos de quartzo; o terceiro horizonte já apresenta uma coloração mais clara, com diminuição do grau de endurecimento das concreções e um fraco aparecimento de manchas relacionadas a processos hidromórficos. Abaixo desses horizontes, distinguem-se os BC_{g1} e BC_{g2}, onde os nódulos e concreções são cortáveis pela faca. Ocorre, aí, um aumento das manchas de hidromorfia temporária e presença de feições da rocha já bastante intemperizada, que se estendem a uma profundidade superior a 420 cm.

As características morfológicas do perfil levam a classificá-lo como Latossolo. Entretanto, as análises laboratoriais (Tabela 1) mostram teores de argila inferiores a 15%, e de silte superior a este valor, o que impede a inclusão do perfil nesta classe de solo.

Tabela 1 - Resultado das análises.

ANÁLISES FÍSICAS E QUÍMICAS

AMOSTRA PERFIL - 03 SENTO-SE

HORIZONTE		GRANULOMETRIA			Ph		COMPLEXO SORTIVO (mE/100g)						V	C	N	C/N	M.O	Fe LIVRE	Fe TOTAL	Fe/FeT	
Simbolo	Prof. (cm)	Argila	Silte	Areia Total	H ₂ O I/2,5	KCl I/2,5	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺	Na ⁺	S	T	%	%	%		%	%	%		
A	15	10,1	16,3	72,8	4,7	4,5	0,50	1,18	0,07	0,08	1,83	3,10	59,03	1,83	0,47	3,89	0,31	4,1	5,5	74,5	
AB	55	12,0	15,3	72,6	5,1	5,2	0,43	2,59	0,10	0,10	3,22	4,06	79,31	1,83	0,61	3,00	0,31	4,8	4,8	100,0	
BA	100	11,8	16,6	71,7	5,0	5,2	0,47	2,46	0,08	0,06	3,07	4,40	66,77	1,37	0,54	2,54	0,23	5,1	5,7	88,7	
Bw1c1	155	10,1	14,1	75,8	5,0	5,1	0,50	2,53	0,08	0,12	3,23	4,08	79,16	1,44	0,33	4,36	0,25	5,7	6,2	92,3	
Bw1c2	260	10,0	15,8	74,2	4,9	5,0	0,54	1,35	0,09	0,18	2,16	4,11	52,55	1,07	0,28	3,82	0,18	5,9	6,6	90,1	
Bjw1c	350	9,1	16,8	74,1	5,0	4,9	0,48	1,64	0,08	0,15	2,35	2,80	83,93	1,00	0,25	4,00	0,17	4,5	5,7	78,3	
Pic	370	14,6	15,3	70,1	5,2	5,0	1,19	3,30	0,11	0,13	3,73	4,66	80,04	1,42	0,42	3,38	0,24	5,1	6,5	78,5	
BC _{cl}	390	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
BC _{cl}	420	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
C	430	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*

*Descritos, amostrados e não analisados quimicamente.

Entretanto, a organização geral da morfologia do perfil não se apresenta como a de perfis da classe das areias. Na verdade, parece ocorrer o fenômeno de pseudo-areia, visto que, grande parte da fração silte e alguns componentes da fração areia são constituídos por aglomerados de partículas de argila, que resistem à dispersão do método de análise granulométrica utilizado. Esse fato é confirmado no estudo de lâminas delgadas, onde se percebe que as porcentagens em plasma são bem mais representativas que as esperadas através da análise granulométrica. Os grãos, de tamanho de silte, observados em lâminas delgadas, constituem-se de fragmentos de grãos de quartzo microfraturados e alterados por processos químicos, agregados de sílica microcristalizados ou pseudocristalizados, micronódulos e micropeds. Não foi observada a presença de minerais facilmente alteráveis em quantidade suficiente para tirá-lo da classe do Latossolo, entretanto, pelos teores em silte, através de uma análise granulométrica, o perfil tende a ser classificado na interfície, ou seja, como

Intergrade Latossolo câmbico. No sistema francês de classificação, ele seria enquadrado como Ferralítico, entretanto, a melhor maneira de enquadrá-lo parece ser a dos Párra-Ferralítico, utilizados pelos portugueses, em solos africanos.

Do ponto de vista da química desse perfil, nota-se que os valores de pH estão em torno de 5,0, sendo considerados baixos os teores em potássio e sódio; os valores de cálcio crescem apenas próximo ao horizonte de alteração, sendo que o magnésio, como sempre se apresenta no semi-árido, mostra valores mais elevados que os demais cátions trocáveis, com valores variando entre 1,0 e 3,0 me (Tabela 1). A Capacidade de Troca de Cátions (CTC), apesar de irregular ao longo do perfil, apresenta valores entre 2,0 e 5,0 me, enquanto a soma de base, também com comportamento irregular, mostra valores entre 1,0 e 6,0. O grau de saturação é sempre superior a 50%, dando ao perfil o caráter eutrófico. A relação Fe livre/Fe total é sempre superior a 70%, evidenciando que o material do solo é bastante pedogenizado.

Esse comportamento,

tanto morfológico, como químico, do perfil, parece não ser compatível com a presença de atapulgita, que nessas condições deveria degradar-se ou transformar-se, gradativamente, para esmectitas e caolinita, com perda de bases e sílica, entretanto ela se apresenta em associação com estes minerais argilosos. Dessa maneira, parece ter acontecido uma "descontinuidade pedológica*", já que o material de origem é, aparentemente, o mesmo, ao longo de todo o perfil. O limite dessa descontinuidade pedogenética estaria em torno da profundidade de 155cm, onde tem início o horizonte concrecionário que tem continuidade até a base do perfil. Esse limite parece corresponder ao alcance máximo da presença da atapulgita, indicando que essa parte do perfil foi menos lixiviada e que sofreu menor participação de processos de adição ou perda de materiais. O processo de ferralitização, que em determinado momento atingiu e transformou parcialmente a cobertura pedológica, possivelmente não teve tempo suficiente nem condições para degradar o sistema como um todo, ao contrá-

* DESCONTINUIDADE PEDOLÓGICA, ou descontinuidade pedogenética - O termo é utilizado, aqui, no intuito de explicar diferenciações morfológicas, mineralógicas, e químicas, de ocorrência expressiva ao longo de um perfil, devido à atuação de processos pedobiogeoquímicos, que atuam ou atuaram, preferencialmente, em uma parte do perfil, causando transformações, enquanto o resto do perfil exhibe feições e características típicas de uma pedogênese anterior.

rio, o clima atual pode estar promovendo uma retroalimentação em sílica e bases que mantêm o sistema através de manutenção dos microssistemas, onde a drenagem só permite uma evacuação muito lenta dos elementos.

Os estudos efetuados levam a crer que a atapulgita teria se formado em um período bem mais seco que o atual, correspondendo aproximadamente àquele de formação das dunas eólicas, encontradas nos municípios da região, notadamente nas cidades de Barra, Xique-Xique e mesmo próximo a Sento Sé, de idade quaternária.

Observa-se que, dos cinco perfis estudados e tradagens efetuadas, a presença de atapulgita somente ocorre em um perfil de solo, demonstrando ser uma ocorrência localizada. O processo de sua formação passa pela existência de falhamentos transcorrentes, observados na área. Esse sistema, pela sua característica, condiciona e forma armadilhas. A drenagem fechada e a acumulação de sais e bases criaram um bom ambiente para a formação da atapulgita. A ocorrência de carbonato e magnesita na área, associada a um clima mais seco que o atual, forneceram as condições químicas para a geração do mineral. Este ambiente, de pequena expressão geográfica, conseguiu manter uma quantidade significativa de atapulgita, apesar de terem ocorrido períodos úmidos após sua formação.

Os processos que geraram os concrecionamentos (laterização) devem ter ocorrido devido às variações periódicas do lençol freático

regional, talvez ligadas às enchentes periódicas do Rio São Francisco. Este concrecionamento valorizou o material existente, formando concreções e nódulos, cujos interiores, na maioria dos casos, apresentam litorrelíquias das rochas da base do perfil.

A presença de horizontes profundos, com hidromorfia leve e pseudoconcreções e nódulos, está, possivelmente, ligada às elevações do lençol freático regional após a criação do Lago de Sobradinho, que, de um lado, poderá funcionar no sentido de dar condições de manutenção do sistema e, do outro lado, poderá desestabilizar o sistema pela fuga de bases e sais.

CONCLUSÕES

Há dificuldades para classificar o perfil na classe dos Latossolos concrecionários: primeiro por se tratar de um perfil complexo; segundo por apresentar uma relação silte/argila, superior a 0,7, no setor do perfil, que vai de 0 a 155 cm, onde as características latossólicas são evidentes. Esses fatos levaram a classificar o perfil como Latossolo Câmbico. Abaixo de 155 cm, onde se caracterizou uma descontinuidade pedogenética, ocorre a atapulgita, dando origem a um tipo de perfil complexo, laterítico.

A fração siltosa, apontada acima, é basicamente constituída por restos de grãos de quartzo microfragmentados e alterados, pseudo-areias, micronódulos, concreções de ferro e manganês, e agregados sili-

cosos. Não se observou a presença de minerais primários facilmente alteráveis para justificar a exclusão do perfil da classe dos Latossolos.

As variações observadas no perfil levam a crer que a sua parte superior, de tendência latossólica, seria compatível com a classe dos solos ferralíticos (Francesa) ou dos Páraferralíticos (Portuguesa). Este setor do perfil, que está hoje submetido a condições pedoclimáticas desfavoráveis à sua evolução latossólica, contou, também, com contribuições de "materiais em trânsito*", produto das alterações do itabirito que se encontra a montante. Os processos de transformações a que está submetido ainda propiciam a liberação e circulação de bases e sílica que estão, inclusive, sendo translocadas para os horizontes mais profundos do perfil.

Os horizontes de subsuperfície, apesar do período desfavorável de atuação do processo ferralítico, conseguiu manter a presença da atapulgita. Nas condições pedoclimáticas atuais, apesar de ainda desfavoráveis, a tendência seria a atapulgita manter-se por mais algum tempo, principalmente nos horizontes de alteração, onde os teores em magnésio ainda são elevados e a drenagem pouco eficiente. Entretanto, a elevação do nível freático regional, provocada pelo Lago de Sobradinho, poderá mudar essa tendência.

O concrecionamento observado no perfil parece indicar um processo genético ligado a períodos de oscilação do lençol freático, com maior atuação nos

*O Termo "Material em Trânsito", é bastante utilizado por pedólogos e geomorfólogos da UFBA, sendo possivelmente de origem francesa. Diz respeito às partículas do solo, sob processo e erosão em "lençol", que circulam pela vertente e que, em um dado momento, estão acumuladas em um ponto, onde são descritos e coletados, mostrando diferenciações entre o material do solo e da delgada camada da superfície.

horizontes de subsuperfície, onde houve incorporação do material plásmico existente contendo atapulgita. Nos horizontes superiores, mais latossólicos, a diminuição da quantidade e do tamanho dos nódulos e concreções reforça a idéia de uma diferenciação pedogenética ao longo do perfil.

A análise microscópica dos materiais plásmicos mostrou várias fases de evolução, quando apresenta, em profundidade, um alteroplasma bimassépico, associado a um plasma fibroso, composto, possivelmente, por ferro, manganês e sílica, exibindo-se como uma corrente de material pastoso. Logo acima desse setor, o material plásmico já se apresenta bem mais evoluído, isotrópico,

vermelho escuro e com uma organização argilasépica, que domina a parte superior do perfil. Os micropeds observados, entretanto, não se apresentam tão bem arredondados e individualizados como em outros latossolos vermelho-escuro, o que pode ser interpretado como um estágio incipiente e/ou complexo na sua formação.

A gênese da atapulgita parece estar relacionada a vários fatores, dentre eles, a atuação de um clima muito seco, a presença de falhas transcorrentes e a ocorrência de rochas carbonáticas e de magnetita. Sabe-se que, mesmo nos períodos mais secos que ocorreram no Quaternário, as enchentes periódicas na bacia do Rio São Francisco aconteciam e inundava-

vam as áreas baixas; quando do recuo das águas, restavam pequenos lagos, inclusive nas áreas falhadas, gerando ambientes propícios à gênese desse mineral argiloso, principalmente, por precipitação das soluções.

A ocorrência deste mineral em ambiente laterizado, com pH 5,0 é fato pouco conhecido e pouco estudado. Sugere-se que estudos mais detalhados, nas áreas de química e mineralogia de solos, sejam realizados, para uma caracterização mais refinada e confirmação dos processos, tendo em vista a probabilidade de, na região, existirem outros pontos apresentando solos com composições semelhantes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BREWER, R. (1964) Fabric and mineral analysis of Soils. J. Miley and Sons (Ed.), New York, 470p.
- BIGOTTE, G. (1959) Contribution a la geologie du bassin du Niari. Bull. Direct. Mines, Geol. A.E.F., Paris, 9:188p.
- BROWN, G. (1961) The X-Ray identification and crystal structures of clay minerals. Mineralogical Society-London, 544p.
- CAILLÈRE, S. & HÈNIN, S. (1963) Mineralogie des argiles. Paris, Masson, 355p.
- CAVALCANTI, V.M.M. & BEZERRA, A.T. (1992) Atapulgita de Guadalupe-PI. Rev. de Geologia, Fortaleza, Un. Fed. do Ceará, 5:99-114.
- GLAESER, R.; MARTINE, I.; MERING, J. (1967) Observations sur la baidellite. Bul. du Groupe Français des Argiles, Paris, 19(1):128-130.
- GRIM, R.E. (1953) Clay Mineralogy, New York, Mac Graw-Hill Book, 384p.
- LEMOS, R.C. & SANTOS, R.D. (1984) Manual de Método de trabalho de campo. Soc. Bras. do Solo, Campinas, 45p.
- LOUGHNAM, F.C. (1969) Chemical Weathering of the silicate minerals. New York. Elsevier Inc., 190p.
- MILLOT, G. (1964) Geologie des argiles. Paris Masson, 499p.
- MARTINI, J. (1969) Note sur la presence d'attapulgitite secondaire dans la molasse genevoise. Arch. Sci Geneve, 17:118-119.
- MORAES FILHO, L. et al. (1983) Prospecção de ouro e cobre no Complexo Vulcano-sedimentar de Barreiro, Município de Santo Sé-BA. In: Simpósio sobre mineralizações auríferas no Estado da Bahia - Salvador. SBG/CPM, Anais, p.31-38.
- PERRAUD, E. et al (1967) Métodos de Análises Utilizados nos Laboratórios de Pedologia do Instituto de Geociências da UFBA. Salvador, 120p. (unpub.)
- PETERS, T.J. & VON SALIS, K. (1965) Palygorkit als Klurtbelag in der tortonen Molasse des Entlebuch. Bull. Suisse Min. Petro., 45(1):123-130.
- POMEROL, C.H. (1967) Esquisse Paléogéographique du Bassin de Paris à l'ère tertiaire et aux temps questionnaires. Rev. Géos. Phys. et Géd. dyn. n.2, 9(1):55-86.

- RIBEIRO, L.P. (1982) Ferralitização no Nordeste Semiárido: os solos vermelhos de Jequié - Ba. FFLHC - Universidade de São Paulo - São Paulo, Tese de Doutorado, 316p.
- ROBERT, M. & TESSIER, D. (1974) Methode de preparation des argiles des pour des études mineralogiques. Ann Argon., **25**(6):859-882.
- SANTOS, R.F.A. (1962) Chuvas na Bahia. DNOCS - Salvador., 160p.
- SINGER, A. (1981) The Texture of paligorskite from the rift valley, southern Israel. Clay Minerals., **16**:41-419.
- VERNET, J.P. (1967) Neoformation d'atapulgitite dans le bassin molassique Smisse. Bul. du Groupe Français des Argiles, Paris, **19**(1):107-120.