

# Mineralogia das frações silte e argila em Argissolos com horizontes subsuperficiais escurecidos em Santa Catarina

*Mineralogy of the silt and clay fractions in Ultisols with darkened subsurface horizon in the state of Santa Catarina*

Antônio Lunardi Neto<sup>1\*</sup>, Jaime Antonio de Almeida<sup>2</sup>

Recebido em 27/03/2012; aprovado em 27/03/2013.

## RESUMO

No Estado de Santa Catarina há Argissolos com horizonte subsuperficial escurecido com morfologia semelhante à dos horizontes sômbricos dos sistemas de classificação norte-americano (Soil Taxonomy - ST) e da FAO (World Reference Base – WRB), mas existem dúvidas quanto à possibilidade de serem horizontes A enterrados. O presente trabalho avaliou a composição mineralógica das frações silte e argila dos horizontes genéticos de três Argissolos (Vermelho, Amarelo e Bruno-Acinzentado) com horizontes diagnósticos subsuperficiais similares ao sômbrico, localizados na região leste catarinense, objetivando identificar possíveis discontinuidades litológicas influenciando a gênese desses horizontes escuros. As amostras dos Argissolos foram coletadas nos municípios de Içara, Rancho Queimado e Alfredo Wagner. Na fração TFSA procedeu-se à separação das frações silte e argila para análises por difratometria de raios-X (DRX), analisadas respectivamente em pó e em lâminas de argila orientada. Parte das amostras da fração argila, após eliminação da matéria orgânica e dos óxidos de ferro, foi saturada com magnésio e solvatada com etileno-glicol. Outra parte foi saturada com potássio e submetida a várias temperaturas. As análises por DRX indicaram haver discontinuidade litológica nos Argissolos Amarelo e Bruno-Acinzentado, sugerindo que

nesses solos os horizontes subsuperficiais escuros sejam antigos A enterrados, e não horizontes sômbricos. O Argissolo Vermelho de Içara não apresentou evidências de descontinuidade na litologia entre os horizontes, podendo indicar um horizonte sômbrico, o que depende de maiores investigações. A mineralogia da fração argila revelou predominância de caulinita nos Argissolos, e quantidades expressivas de vermiculita com polímeros de hidróxi-alumínio nas entrecamadas, além de gibbsita, illita e quartzo. No silte, os difratogramas indicaram somente quartzo em quantidades detectáveis, demonstrando não haver reserva mineral nesses solos.

**PALAVRAS-CHAVE:** gênese, caulinita, gibbsita, classificação de solos.

## SUMMARY

In the Santa Catarina state there occurs darkened subsurface horizon in Ultisols, whose morphology is similar to the sombric horizons of the Soil Taxonomy and FAO classification systems. But there are doubts about the possibility of there being buried horizons. The present study aimed to identify lithologic discontinuities in mineralogy of the silt and clay fractions of three Ultisols (red, yellow and brown-gray) which exhibit similar morphology to sombric horizons, located in the eastern region of Santa Catarina state. Samples

<sup>1</sup> Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC, Campus Curitibanos, SC. Rod. Ulysses Gaboardi, Km 3, Caixa Postal 101, CEP 89520-000, Curitibanos, SC, Brasil. E.mail: antonio.lunardi@ufsc.br. \*Autor para correspondência.

<sup>2</sup> Professor do Departamento de Solos e Recursos, Naturais, Centro de Ciências Agroveterinárias, Universidade do Estado de Santa Catarina - CAV/UDESC. Av. Luiz de Camões, 2090, Bairro Conta Dinheiro, CEP 88520-000, Lages, SC, Brasil.

were collected in the Ultisols from Içara, Rancho Queimado e Alfredo Wagner municipalities. In the samples TFSA proceeded to separate the silt and clay samples for analysis by X-ray diffraction (XRD) , respectively analyzed in powder and oriented clay slides . Part of the clay samples, after removal of organic matter and the iron oxides was saturated with magnesium and saturated with ethylene glycol. After being analyzed by X-ray diffraction the samples saturated with magnesium underwent saturation with thylene glycol. The samples that were saturated with potassium were heated to various temperatures. The results identified discontinuity clay mineralogy in Yellow and Brown-Gray Ultisols. These soils do not have sombric horizons. The Red Ultisol showed no mineralogical discontinuity and depend on further studies to confirm or not sombric horizon. The mineralogy of the clay sample indicated a predominance of kaolinite in all Ultisols, with significant amounts of vermiculite with hydroxy-aluminum interlayered, gibbsite, illite and quartz. The silt sample showed only quartz. The soils have no detectable mineral reserve for plants.

**KEY WORDS:** genesis, kaolinite, gibbsite, soil classification.

## INTRODUÇÃO

Na porção Sul de Santa Catarina há expressivas áreas de Argissolos com horizontes subsuperficiais escuros (ALMEIDA et al., 2009), e morfologia semelhante à dos horizontes sombricos da classificação norte-americana. A gênese de tais horizontes ainda não foi adequadamente elucidada (ALMEIDA et al., 2009; BOCKHEIM, 2012), sendo sua concepção atual no Soil Taxonomy (SOIL SURVEY STAFF, 2010) e no World Reference Base for Soil Resources, da FAO (IUSS, 2007), a de um horizonte diagnóstico subsuperficial contendo matéria orgânica de origem iluvial, aparecendo mais concentrada nos pedos e nos poros do que uniformemente dispersa na matriz, não devendo estar associada ao alumínio, pois do contrário

poderia confundir-se com um horizonte espódico.

O horizonte sombrico, por outro lado, confunde-se com um horizonte A enterrado, do qual é geralmente distinguido por evidências de descontinuidade litológica entre este e os horizontes sub e subjacentes, ou pelo acompanhamento da continuidade lateral do horizonte na paisagem. A presença do horizonte subsuperficial escuro somente em determinado segmento ou posição na paisagem pode constituir um indicativo de que seja um horizonte A enterrado (SOIL SURVEY STAFF, 2010; IUSS, 2007).

Assim, diferenças marcantes na mineralogia das frações mais finas dos horizontes de um mesmo perfil, podem constituir evidências adicionais que auxiliem a interpretar se os horizontes escuros são formados por acumulação de matéria orgânica ou tratam-se de um antigo horizonte A, que sofreu soterramento posterior.

Informações referentes à mineralogia das frações silte e argila de solos com horizontes subsuperficiais escurecidos são escassas. Em Santa Catarina, as primeiras informações mineralógicas em solos que contém horizontes similares ao sombrico foram relatadas por Oenning (2001) em Argissolo Bruno-Acinzentado do município de Santa Terezinha, SC, e posteriormente em Argissolo Vermelho no município de Içara (PAES SOBRINHO et al., 2009; ALMEIDA et al., 2009).

O presente trabalho avaliou a composição mineralógica das frações silte e argila dos horizontes de três Argissolos (Vermelho, Amarelo e Bruno-Acinzentado) com horizonte diagnóstico subsuperficial similar ao sombrico, localizados na região leste catarinense, objetivando identificar possíveis descontinuidades litológicas influenciando a gênese desses horizontes escuros.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Caracterização dos solos e do ambiente

Três perfis de solos com horizontes subsuperficiais escuros foram selecionados para este estudo, e descritos conforme Santos et al.

(2005). A localização, caracterização sumária dos solos e os detalhes sobre o meio físico onde ocorrem estão descritos a seguir.

O primeiro perfil (Figura 1a), classificado como Argissolo Vermelho Alumínico típico (PVa) (EMBRAPA, 2006) foi descrito e coletado em Içara, SC, (Latitude 28°44'39,8''S e Longitude 49°17'0,8''W), em área de relevo suave ondulado a ondulado.

O solo é desenvolvido de rochas sedimentares da Formação Rio Bonito, Grupo Guatá (Permiano), composta de siltitos intercalados com arenitos (DNPM, 1986). Em locais isolados, mais distantes e mais altos na paisagem, há afloramentos de diabásio (ALMEIDA et al., 2009). O perfil foi descrito e coletado em situação de topo, mas também ocorre em posição de encosta e de pedimento, havendo continuidade lateral do solo com a presença do horizonte subsuperficial escuro nos vários segmentos.

A vegetação original da região é a Floresta Ombrófila Densa (SANTA CATARINA, 1986). O clima regional é classificado como Cfa (KÖPPEN, 1948), com temperatura média anual entre 16 e 18°C, precipitação pluviométrica média de 1.400 mm e altitude de 23 m, no local amostrado. Atualmente, tais solos estão localizados dentro de áreas urbanas, embora ainda prevaleçam as atividades agrícolas praticadas por pequenos produtores rurais. Ocupam área expressiva nessa região, de aproximadamente 700 km<sup>2</sup> (ALMEIDA et al., 2009).

No perfil do PVa foram analisados os horizontes: A1, A2, A3, AB, BA1, BA2, Bt1 e Bt2. A matiz do solo é 2,5 YR (úmida). Nos horizontes AB, BA1 e BA2, existe material orgânico revestindo a superfície de agregados e de poros, promovendo um significativo escurecimento na matriz do solo, superior aos horizontes sobre e subjacentes, apresentando cromas menores em relação aos mesmos. Nos horizontes Bt1 e Bt2 há material orgânico revestindo agregados e poros, embora de maneira menos intensa. A partir do horizonte BA2, existe cerosidade em grau de desenvolvimento forte e em quantidade comum. Manifesta-se forte e abundante no Bt1 e forte e comum no Bt2.

O horizonte subsuperficial mais escurecido AB, situa-se nas profundidades de 32 a 59 cm, apresentando, portanto, no perfil descrito, 27 cm de espessura. No entanto, o horizonte BA2 vai até 100 cm de profundidade, o que confere um escurecimento em profundidade de 68 cm, somando-se o AB, BA1 e BA2.

Próximo à sede do município de Rancho Queimado, SC, na rodovia BR-282, entre Rancho Queimado e Alfredo Wagner (27°41'49,2''S e 49°02'49,1''W) foi descrito e coletado um Argissolo Amarelo Distrófico típico (PAd) (Figura 1b), em uma altitude de 900 m, sob clima Cfb, segundo Köppen (1948), com temperaturas médias anuais entre 14 e 18°C e precipitações médias anuais de 1600 mm.

A litologia no local do perfil é constituída de granitos do Complexo Tabuleiro, Faixa

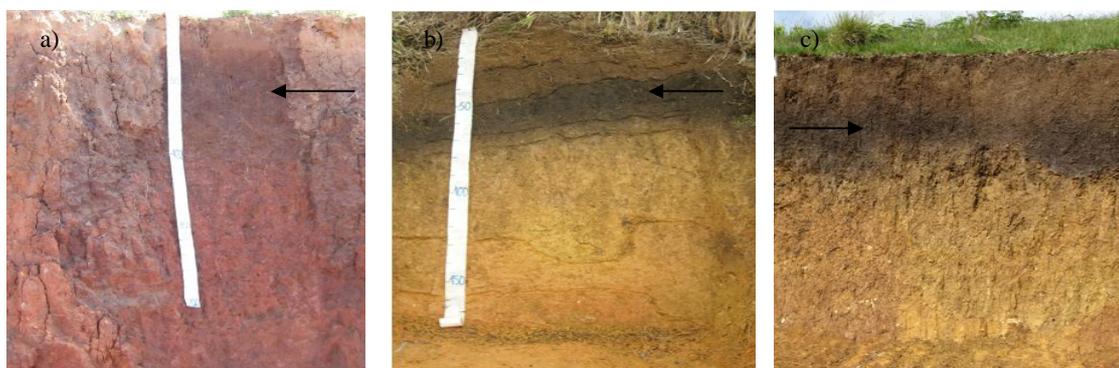


Figura 1 - a) Argissolo Vermelho Alumínico (PVa); b) Argissolo Amarelo Distrófico (PAd); c) Argissolo Bruno-Acinzentado Alítico (PBACal). (Setas indicam o horizonte AB, subsuperficial escurecido.)

Granito-Gnáissica Santa Rosa de Lima/Tijucas (Arqueano/Proterozóico Inferior) (DNPM, 1986). A vegetação regional é constituída de Floresta Ombrófila Mista, ainda preservada no município, distribuída em relevo forte-ondulado. Esse solo tem pequena expressão geográfica, estando situado em posição de pedimento e de encosta, tendo sido descrito na encosta.

No PAd foram analisados os horizontes A1, A2, AB, BA, Bt, BC e C, apresentando matiz 7,5 YR (úmida), sendo o horizonte AB mais escurecido (menores valor e croma) em relação aos horizontes sobre e subjacentes. Apresenta cerosidade comum e moderada no horizonte Bt. Neste solo não foram constatadas deposições de material orgânico ao longo dos agregados e/ou poros.

O Argissolo Bruno-Acinzentado Alítico típico (PBACal) (Figura 1c) está localizado no município de Alfredo Wagner, SC (27°42'02''S e 49°20'01''W). A região apresenta situação de relevo forte-ondulado e montanhoso, com atividades agrícolas localizadas, especialmente com cultivo de cebola.

A vegetação é de Floresta Ombrófila Mista. O clima predominante é mesotérmico úmido, Cfb, com verões frescos e temperaturas anuais médias entre 16°C e 20°C, inverno frio, com a ocorrência de geadas e verão amenizado pela altitude (833 m). As chuvas são abundantes e bem distribuídas ao longo do ano, com precipitações anuais em torno de 1.700 mm (SANTA CATARINA, 1986).

O solo é derivado de argilitos e siltitos da Formação Rio Bonito (Permiano) (DNPM, 1986). O perfil foi descrito em posição de encosta, não tendo sido constatado no topo. Está situado em região onde predominam Cambissolos.

No PBACal foram analisados os horizontes A1, A2, AB, BA, Bt, BC e C. O perfil apresenta 132 cm até o horizonte BC. Apresenta matiz 10 YR (úmida) em todos os horizontes, no entanto, com menores valor e croma no horizonte AB, o que confere ao solo um escurecimento mais acentuado nesse horizonte. Há presença de revestimentos orgânicos, moderados e comuns, em agregados, nos horizontes Bt e BC. Há

cerosidade moderada e comum no Bt e fraca e comum no BC. Essas características sugerem haver iluviação de material orgânico e argila ao longo do perfil.

### **Fracionamento da fração areia total**

A fração areia total de cada horizonte foi separada por tamizamento mecânico em cinco subfrações, segundo a classificação constante em USDA (1975): areia muito fina (AMF) (0,05 a 0,10 mm), fina (AF) (0,10 a 0,25 mm), média (AM) (0,25 a 0,50 mm), grossa (AG) (0,5 a 1,0 mm) e muito grossa (AMG) (1 a 2 mm), visando a detectar diferenças entre horizontes de um mesmo solo que pudessem indicar alguma possível descontinuidade litológica no perfil.

### **Coleta e análises das frações silte e argila por difratometria de raios-X**

Amostras deformadas foram coletadas em quatro horizontes dos três perfis, e posteriormente secas à temperatura ambiente, destorroadas e passadas em peneira de 2 mm de malha, obtendo-se a TFSA.

A fração areia foi separada do silte e da argila por peneiramento mecânico. A argila foi separada do silte por procedimentos de dispersão e floculação, conforme sugerido por Jackson (1965), utilizando-se 50 g de TFSA. A fração argila foi submetida a pré-tratamentos com ditionito-citrato-bicarbonato de sódio (DCB) para eliminação das formas cristalinas de óxidos de ferro (JACKSON, 1965), no total de três extrações, e com água oxigenada para a eliminação da matéria orgânica (JACKSON, 1965). Silte e argila foram lavados com álcool e água destilada para eliminação dos sais. Parte das amostras de argila foi submetida a tratamentos de saturação com potássio (K), usando-se solução de cloreto de potássio (KCl) 1 mol L<sup>-1</sup>, e parte foi submetida a tratamento de saturação com magnésio (Mg), com solução de MgCl<sub>2</sub> 1 mol L<sup>-1</sup>.

Tais amostras foram analisadas por difratometria de raios-X em lâminas de vidro com argila orientada, nos dois casos, à temperatura ambiente. Nas saturadas com K,

após aquecimento paulatino a 100, 400 e 550°C. Nas saturadas com Mg, depois de solvatadas com vapor de etileno-glicol.

A fração silte, não tratada, foi seca em estufa a 60°C e moída em almofariz de ágata, sendo submetida às análises por difração de raios-X (DRX) conforme o método do pó.

As lâminas e o pó foram analisados num difratômetro de raios-X Philips, modelo PW 3710, dotado de tubo de cobalto, ângulo de compensação  $\theta/2\theta$  e monocromador de grafite, com variação angular de 4 a 42°  $2\theta$  para a fração argila e de 4 a 60°  $2\theta$  para a fração silte. A velocidade angular foi de 0,02°  $2\theta/s$ , em modo por passos (*step*), com tempo de um segundo de leitura por passo. A partir dos resultados de difração, os argilominerais foram identificados com base nos espaçamentos interplanares característicos.

A caracterização física e química completa dos perfis estudados encontra-se descrita em Lunardi Neto (2012), sendo alguns resultados das análises físicas utilizadas neste trabalho para estabelecer relações com os dados mineralógicos.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Mineralogia da fração argila

Na figura 2a, apresentam-se os difratogramas relativos à composição mineralógica da fração argila dos horizontes A1, AB, BA e Bt2 do perfil do PVa, submetidos à saturação com Mg. Observam-se reflexos bem pronunciados em 0,7129 nm e em 0,3570 nm, correspondentes aos planos hkl 001 e 002 do argilomineral caulinita (BRINDLEY e BROWN, 1980).

Os reflexos na região de 1,4 nm são também muito expressivos, indicando argilominerais 2:1 intercalados com polímeros de hidróxi-alumínio entrecamadas (2:1 HE), confirmados pelos reflexos de resistência à expansão e contração quando as amostras foram submetidas a tratamentos com Mg mais solvatação com etileno-glicol (Figura 2b) e contração na região de 1,0 nm quando saturadas com K e aquecidas a 550°C (Figura 2c), respectivamente. A resistência à contração

provoca ombros e distorções nos reflexos, sendo o grau de intercalação tanto maior quanto maior for a resistência ao colapso a 1,0 nm (AZEVEDO e VIDAL-TORRADO, 2009).

Os reflexos em 0,4821 nm (Figura 2a) indicam presença de gibbsita, que desaparecem quando submetidos à saturação com K seguida de aquecimento acima de 250-300°C (Figura 2c) (KÄMPF et al., 2009). Os reflexos na região de 0,33 nm indicam sobreposição de reflexos dos 2:1 e também do quartzo (BROWN e BRINDLEY, 1980). Ocorrem reflexos menos intensos na região de 1,0 nm, que permanecem sob todos os demais tratamentos (Figura 2a, b, c) identificando a presença de illita (JACKSON, 1965).

No difratograma da figura 2d analisa-se a fração silte do perfil do PVa. Nota-se uma grande semelhança mineralógica entre os horizontes do perfil. Os reflexos relativos ao quartzo são aqueles que se destacam. Assim, o reflexo a 0,33 nm (100) é o mais pronunciado, devido à abundância do quartzo, comprovado pelos demais reflexos e respectivas intensidades: 0,42 (35), 0,24 (12), 0,228 (12), 0,22 (6), 0,21 (9), 0,19 (6) e 0,18 (17) nm (BROWN e BRINDLEY, 1980). Neste solo, a fração areia apresentou descontinuidade somente no horizonte Bt1 (Figura 5).

Na figura 3 (a, b, c) estão representados os difratogramas dos horizontes A1, AB, Bt e C do perfil do PAd. Há uma grande semelhança dos reflexos quando comparados com os difratogramas do PVa. Há reflexos bem expressivos da caulinita (0,7129 e 0,3562 nm), gibbsita (0,4821 nm), argilominerais 2:1 (1,4288 e 1,4695 nm), illita (0,9966 nm) e quartzo (0,33 nm) (Figura 3a).

A resistência dos reflexos em expandirem em direção aos maiores espaçamentos, atingindo 1,4829 e 1,5276 nm com tratamentos de saturação com magnésio mais solvatação com etileno-glicol (Figura 3b), e em contraírem na região de 1,0 nm com tratamentos de saturação com K e posterior aquecimento a 550°C (Figura 3c), indicam tratar-se de argilominerais 2:1 com forte intercalação de polímeros hidróxi-alumínio nas entrecamadas (HE) (WHITTIG e ALLARDICE, 1986).

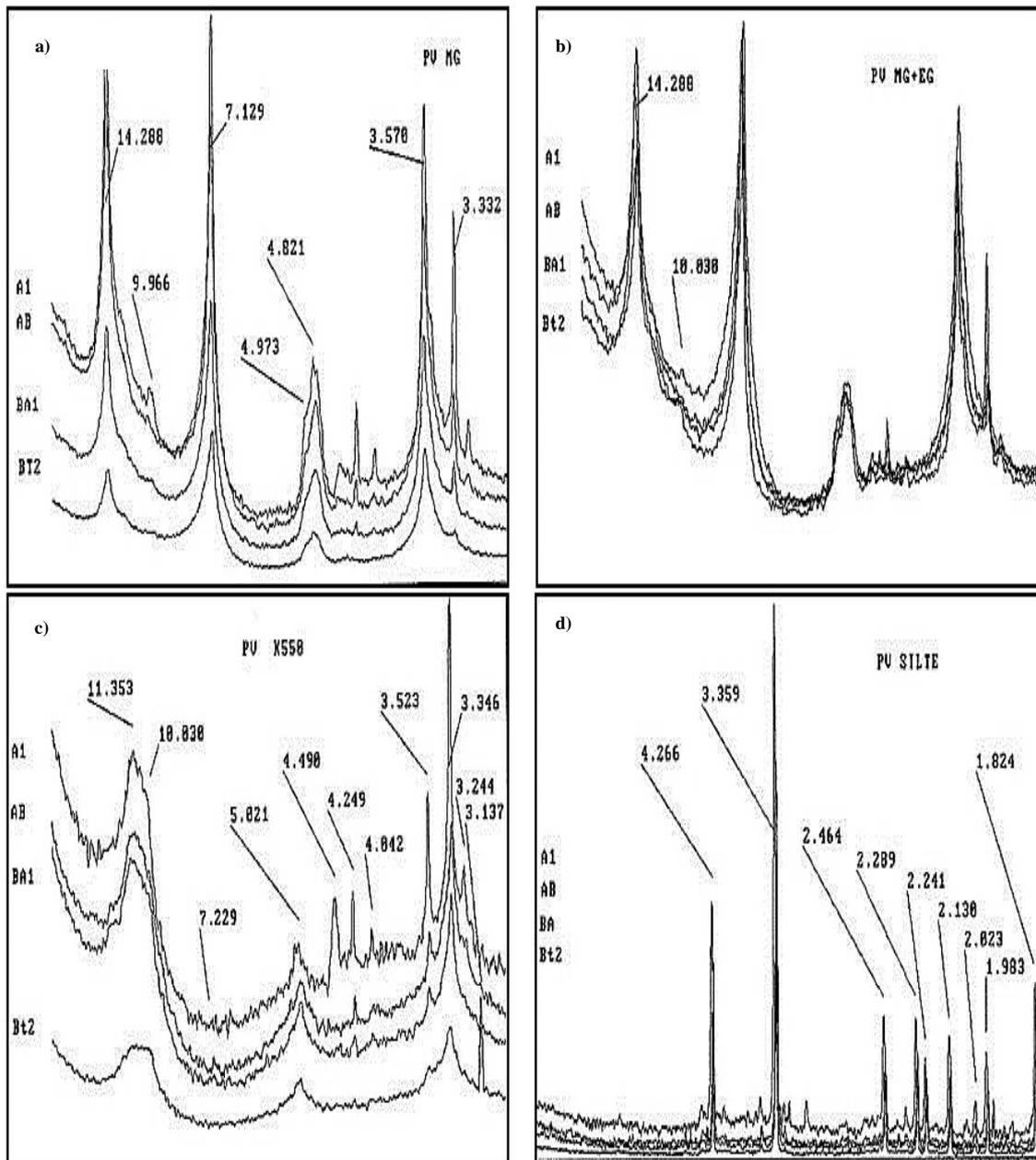


Figura 2 - Difratogramas da fração argila desferrificada dos horizontes A1, AB, BA1 e Bt2 do Argissolo Vermelho Alumínico (PVa) de Içara, SC. a) saturação com magnésio (MG); b) saturação com magnésio mais etileno-glicol (MG+EG); c) saturação com potássio (K) mais aquecimento a 550°C; d) fração silte do PVa, horizontes A1, AB, BA e Bt2. Valores em Ângstrons (Å). (1 Å = 0,1 nm.)

Na figura 3d estão demonstrados os difratogramas dos horizontes analisados do PAd, relativos às amostras da fração silte. Nota-se relativa semelhança mineralógica entre os horizontes do perfil.

Há ainda reflexos de gibbsita (0,48 nm) e de caulinita (0,70 e 0,35 nm) na fração silte. A caulinita na fração silte pode estar

indicando a presença de caulinita pseudomorfa de mica, podendo ser formada diretamente do intemperismo da biotita, encontrada nas rochas (PINTO et al., 1972). O material de origem deste solo é constituído de granitos e de gnaisses, os quais contêm materiais micáceos. No entanto não se descarta a possibilidade de existência de argila junto à fração silte, devido a possível

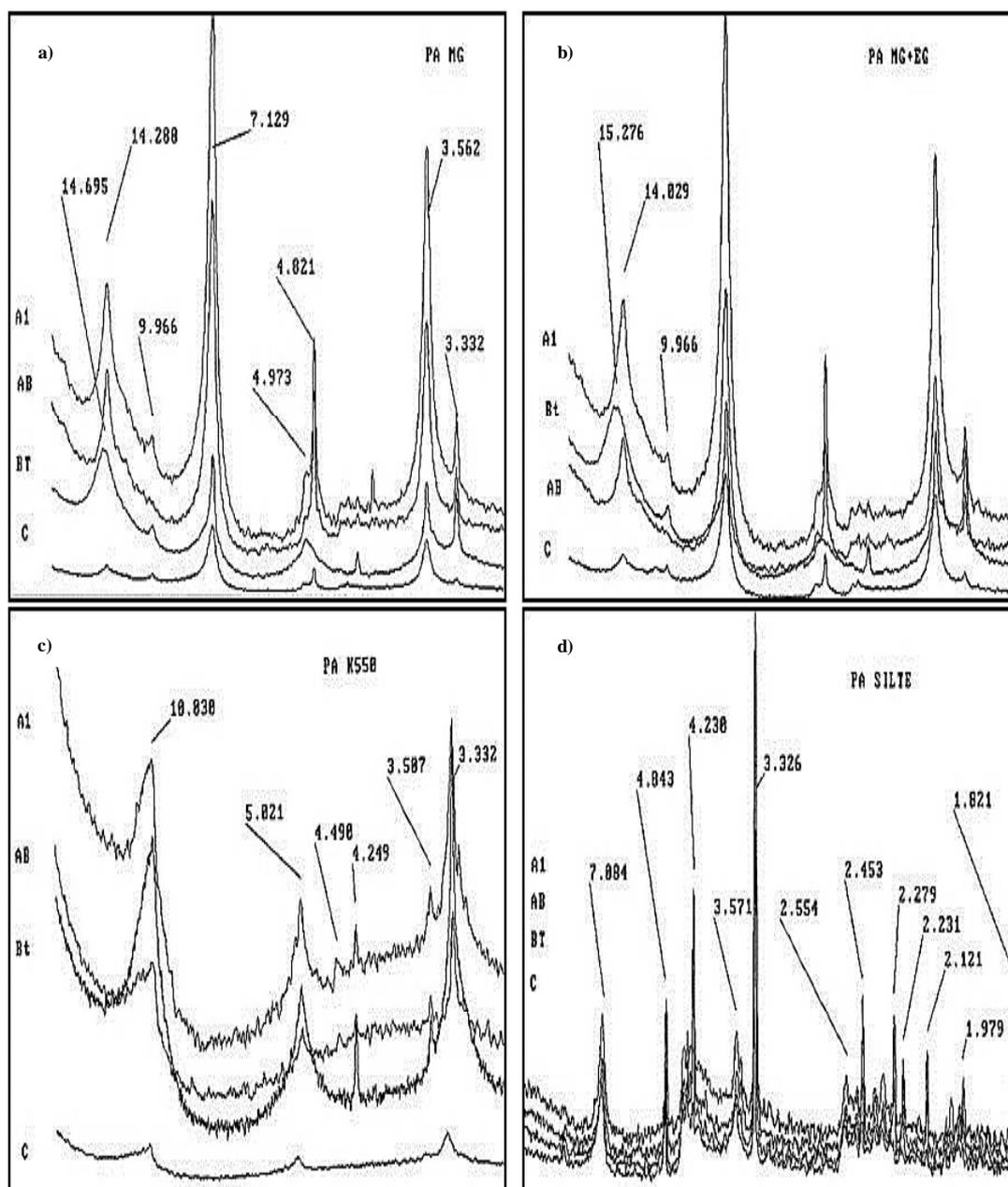


Figura 3 - Difratomogramas da fração argila desferrificada referentes aos horizontes A1, AB, Bt e C do Argissolo Amarelo Distrófico (PAD); a) saturação com magnésio (MG); b) saturação com magnésio mais etileno-glicol (MG+EG); c) saturação com potássio (K) mais aquecimento a 550°C; d) fração silte do PAD, horizontes A1, AB, Bt e C. Valores dos reflexos em Ângstrons (Å). (1 Å = 0,1 nm.)

separação imperfeita entre ambos, na execução metodológica.

O horizonte C deste solo apresenta uma menor quantidade de quartzo na fração silte, em relação aos demais horizontes (não distinguível no difratograma apresentado). No entanto, o quartzo predomina sobre os demais minerais.

Apesar da semelhança dos componentes

mineralógicos presentes, há diferenças sensíveis no padrão mineralógico entre horizontes desse perfil. Os horizontes A1, Bt e C do PAD (Figura 3a,b), por exemplo, apresentaram reflexos em 0,9966 nm (illita), enquanto o horizonte subsuperficial escuro AB não apresentou esse reflexo. Além disso, nos horizontes A1, AB e C os reflexos da gibbsita são bastante evidentes,

estando ausentes no horizonte Bt. No horizonte Bt, há também reflexos mais intensos na região de 1,4 nm. Observam-se desordens na mineralogia dos horizontes, não seguindo uma tendência de sequência normal ao longo do perfil.

No fracionamento da areia total do PAD (Figura 5), há evidências de descontinuidade litológica a partir do horizonte A2, fato que, em conjunto com as diferenças na mineralogia

da fração argila, particularmente em relação à presença de illita, reforça a hipótese de que o horizonte subsuperficial escuro nesse solo seja um horizonte A enterrado, a qual foi sugerida durante a descrição morfológica no campo. A ausência de horizonte subsuperficial escuro em posição de topo na região de ocorrência deste solo também reforça a hipótese de soterramento dos horizontes subsuperficiais escuros.

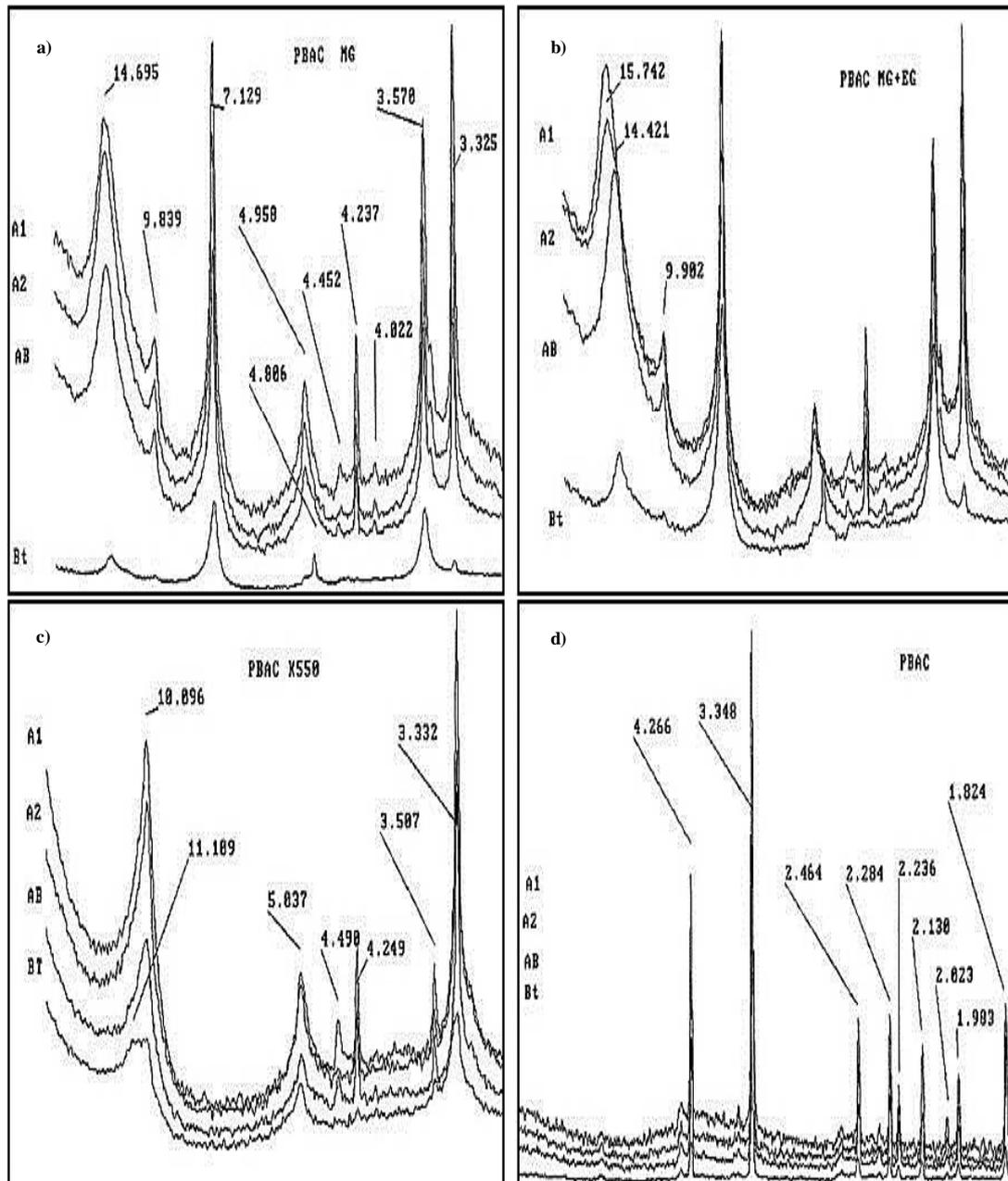


Figura 4 - Difratomogramas da fração argila desferrificada referentes aos horizontes A1, A2, AB e Bt do Argissolo Bruno-Acinzentado Alítico (PBACal); a) saturação com magnésio (MG); b) saturação com magnésio mais etileno-glicol (MG+EG); c) saturação com potássio (K) mais aquecimento a 550°C; d) fração silte do PBACal, horizontes A1, A2, AB e Bt. Valores dos reflexos em Ângstrons (Å). (1 Å = 0,1 nm.)

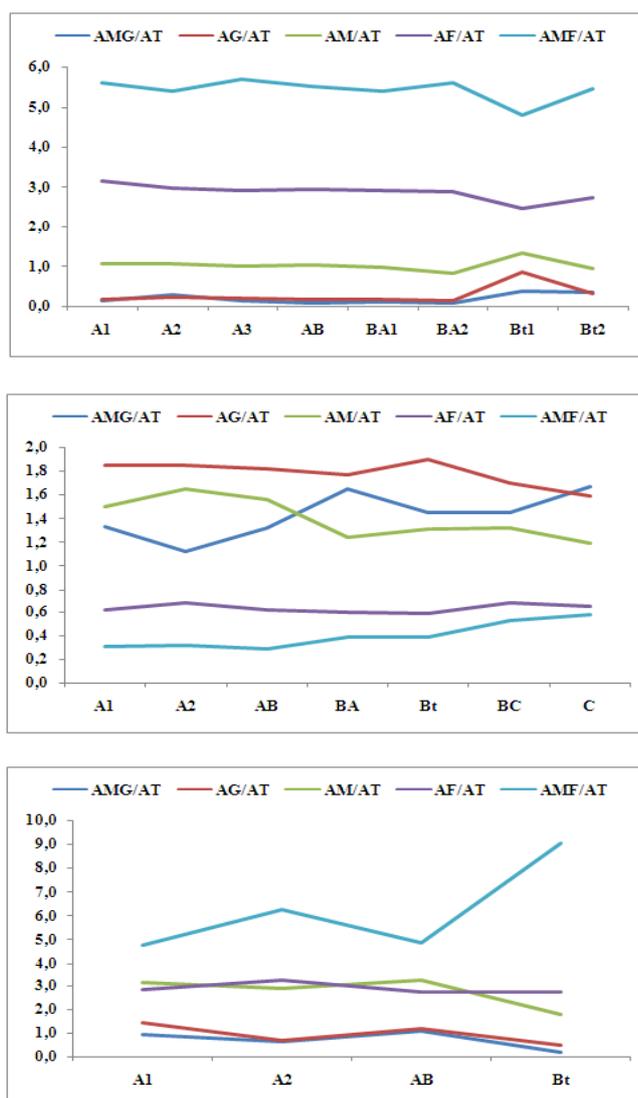


Figura 5 - Relações entre classes de areia e areia total no Argissolo Vermelho Alumínico (acima), Argissolo Amarelo Distrófico (centro) e Argissolo Bruno-Acinzentado Alítico (abaixo). AMG/AT = areia muito grossa/ areia total; AG/AT = areia grossa/areia total; AM/AT = areia média/areia total; AF/AT = areia fina/areia total; AMF/AT = areia muito fina/areia total.

A fração argila de quatro horizontes do perfil do PBACal (Figura 4a, b, c) apresentou composição mineralógica semelhante à dos perfis anteriores, com reflexos predominantes em 0,7129 nm (caulinita), seguidos de quantidade bastante expressiva de argilominerais 2:1 (1,4695 nm), e gibbsita (0,48 nm), illita (0,9839 nm), e quartzo (0,3325 nm) (Figura 4a, b).

A expansão dos reflexos para valores próximos a 1,57 nm, nas amostras dos horizontes A1 e A2, submetidas à saturação com Mg e solvatação com etileno-glicol (Figura 4b), e a

maior contração para a região de 1,0 nm (0,9982 nm) no tratamento com K mais aquecimento (Figura 4c), indicam haver argilominerais 2:1 mais expansíveis nos horizontes superficiais desse solo, embora com alguma intercalação de polímeros hidróxi-alumínio nas entrecamadas.

Já nos horizontes subsuperficiais AB e Bt, tanto a expansão com etileno-glicol (Figura 4b) quanto a contração pelo aquecimento são menores (Figura 4c), indicando maior quantidade dos polímeros citados. O comportamento observado pode tanto indicar a presença de vermiculita,

quanto de esmectitas com polímeros de hidróxi-Al entrecamadas (AZEVEDO e VIDAL-TORRADO, 2009).

Na Figura 4d são mostrados os difratogramas da fração silte do PBACal, onde novamente constata-se muita semelhança mineralógica entre os horizontes, constituída praticamente de quartzo.

Nesse solo, as diferenças na mineralogia entre os horizontes acima (A1 e A2) e abaixo (Bt) do horizonte subsuperficial escuro, são menos perceptíveis, em comparação com o PAd. Destacam-se apenas a menor expressão do reflexo em 0,9839 nm no horizonte Bt, e também a manifestação isolada do reflexo em 0,4866 nm (gibbsita), além da ausência do reflexo do anatásio (0,35 nm), situado ao lado do reflexo 002 da caulinita a 0,357 nm (Figura 4a). A fração areia do PBACal apresenta descontinuidade no horizonte Bt (Figura 5), o que também aumenta a evidência de que este solo não possui horizonte sômbrico.

Dada a grande semelhança dos reflexos da fração silte nos horizontes dos Argissolos, esta fração não denota evidências da presença de descontinuidades litológicas ao longo dos perfis.

### **Intensidade da hidrólise**

O predomínio da caulinita destaca-se na fração argila dos Argissolos estudados, seguindo-se os argilominerais 2:1 HE em quantidade expressiva, além de gibbsita e illita. Nos Argissolos, a pouca ou nula expansão dos reflexos em 1,4 nm (quando as amostras foram submetidas ao tratamento com Mg+EG) e a resistência à contração para 1,0 nm (quando submetidas ao tratamento com K mais aquecimento a 550°C), permitem a confirmação de que os argilominerais 2:1 são VHE.

Os resultados diferem daqueles encontrados por Oenning (2001) em PBACal, no município de Santa Terezinha, SC, onde encontrou illita como argilomineral predominante, e sem identificação de gibbsita no solo, e assemelham-se com relação à presença de 2:1 HE. E são muito semelhantes àqueles relatados por Paes Sobrinho et al. (2009)

e por Almeida et al. (2009), em Argissolos com horizonte similar ao sombric da classificação americana (SOIL SURVEY STAFF, 2010).

Paes Sobrinho et al. (2009) sugerem que os Argissolos e Latossolos do Sul de Santa Catarina evoluíram em condições de intemperismo diferentes daquelas que formaram solos semelhantes na porção mais tropical do país, e concluem que a presença de argilominerais 2:1 HE parece indicar maior ação de processos de acidólise parcial (MELFI e PEDRO, 1977).

Segundo o modelo proposto por Pedro et al. (1969), a ação da hidrólise distingue-se em três níveis, que representam modelos de formação de minerais. Se o fluxo de água é moderado, a lixiviação é mais acentuada e a dessilicação é moderada, permitindo a formação de argilominerais 1:1 do tipo caulinita. A esse processo denomina-se monossilização ou caulinizacão.

Verifica-se nos Argissolos deste estudo a ocorrência de 2:1 HE coexistindo com gibbsita, à semelhança do que encontraram Paes Sobrinho et al. (2009) em Argissolo Vermelho com horizonte subsuperficial escuro. Harris et al. (1987) relatam a coexistência de gibbsita e 2:1 HE em vários solos.

Por serem solos submetidos a intensos processos intempéricos, a gibbsita provavelmente deveria apresentar-se com maior expressividade nos Argissolos deste estudo, concomitantemente à ausência dos argilominerais 2:1. O “efeito anti-gibbsítico” pode ter preservado parte do alumínio nas entrecamadas dos 2:1 (JACKSON, 1965a). Quando saturadas as cargas nas entrecamadas dos 2:1, provavelmente o alumínio remanescente tenha sido suficiente para formar a gibbsita (NDAYIRAGIJE e DELVAUX, 2003).

### **Reserva mineral para as plantas na fração silte**

Os Argissolos em estudo não apresentam reserva mineral ao longo do perfil, ou sua presença é muito pouco expressiva, constituindo-se de solos altamente intemperizados, submetidos a intensa lixiviação de nutrientes ao longo de seu desenvolvimento.

Os resultados da mineralogia da fração silte são concordantes àqueles obtidos por Paes Sobrinho et al. (2009) em solos das Serras do Leste do Estado de SC, os quais relatam ser muito baixa ou mesmo ausente a reserva de minerais alteráveis nos solos derivados de rochas sedimentares (arenitos e siltitos), metamórficas (gnaisses e migmatitos) e intrusivas (granitos).

## CONCLUSÕES

O Argissolo Amarelo (de Rancho Queimado, SC) e o Argissolo Bruno-Acinzentado (de Alfredo Wagner, SC) apresentaram indícios de descontinuidades litológicas ao longo do perfil, identificadas através da mineralogia da fração argila e do fracionamento das areias. Logo, descarta-se a possibilidade de os horizontes subsuperficiais escurecidos enquadrarem-se em horizontes sômbricos, do Soil Taxonomy.

O Argissolo Vermelho (de Içara, SC) não apresentou descontinuidades mineralógicas ao longo do perfil e nem no fracionamento das areias. Para este solo não se descarta a possibilidade da existência de horizonte sômbrico, apresentando matéria orgânica iluvial, de vez que ocorre inclusive em posição de topo, dependendo de maiores estudos para tal confirmação.

A mineralogia da fração argila dos Argissolos com horizonte subsuperficial escurecido em Santa Catarina é composta por caulinita, seguida de vermiculita com hidróxi-alumínio nas entrecamadas, além de gibbsita, illita e quartzo. Apresentam, ainda, mineralogia da fração argila muito semelhante à dos demais Argissolos de SC, sem horizonte subsuperficial escuro.

A mineralogia predominante da fração silte dos Argissolos com horizonte subsuperficial escurecido em Santa Catarina é composta basicamente por quartzo. Os Argissolos estudados não apresentaram reserva mineral detectável, que possa vir a liberar nutrientes para as plantas ao longo do tempo mediante intemperismo.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, J. A. et al. Genesis of the sombric horizon in Ultisols (Red Argisols) in southern Santa Catarina, Brazil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.33, p.405-416, 2009.
- AZEVEDO, A. C.; VIDAL-TORRADO, P. Esmectita, vermiculita, minerais com hidróxi-entrecamadas e clorita. In: MELO, V. F.; ALLEONI, L. R. F. (Org.). **Química e Mineralogia do Solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2009. p.381-426.
- BOCKHEIM, J. G. Revisiting the definitions of the sombric horizon in Soil Taxonomy and World Reference Base for Soil Resources. **Geoderma**, Amsterdam, v.170, p.127-135, 2012.
- BROWN, G.; BRINDLEY, G.W. X-ray diffraction procedures for clay mineral identification. In: BRINDLEY, G.W. ; BROWN, G., eds. **Crystal structures of clays minerals and their X-ray identification**. London: Mineralogical Society, 1980. p.305-360.
- DEPARTAMENTO NACIONAL DA PRODUÇÃO MINERAL – DNPM. Mapa geológico do Estado de Santa Catarina. E= 1:500.000. Florianópolis/SC, 1986.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 2 ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306p.
- HARRIS, W. G. et al. Clay mineralogy as related to morphology of Florida soils with sandy epipedons. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v.51, p.1673-1677, 1987.
- IUSS Working Group WRB. **World Reference Base for Soil Resources 2006, first update 2007**. Rome: FAO, 2007. World Soil Resources Reports, n. 103.
- JACKSON, M. L. **Soil Chemical Analysis**. 2. ed. Madison: Department of Soil Science/ University of Wisconsin., 1965. 991p. Advanced Course (mimeografado)
- JACKSON, M. L. Clay transformation in soil genesis during the Quaternary. **Soil Science**, New York, v.99, p.15-22, 1965a.

- KÄMPF, N. et al. Óxidos de alumínio, silício, manganês e titânio. In: MELO, V.F.; ALLEONI, L.R.F., eds. **Química e mineralogia do solo** (Parte I – Conceitos básicos). Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2009. p.573- 610.
- KÖPPEN, W. **Climatologia: con um estúdio de los climas de la Tierra**. México: Fondo de Cultura Economica, 1948. 478p.
- LUNARDI NETO, A. **Gênese de horizontes subsuperficiais escurecidos em Argissolos de Santa Catarina e em Luvissoles da Campanha gaúcha**. 2012. 178p. Tese (Doutorado em Manejo do Solo) - Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias, Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages (SC), 2012.
- MELFI, A. J.; PEDRO, G. Estudo geoquímico dos solos e formações superficiais do Brasil. Parte 1: Caracterização e repartição dos principais tipos de evolução pedogeológica. **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, v.7, p.271-286, 1977.
- NDAYIRAGIJE, S.; DELVAUX, B. Coexistence of allophane, gibbsite, kaolinite and hydroxy-Al-interlayered 2:1 clay minerals in a perudic Andosol: Volcanic soils: Properties and processes as a function of soil Genesis and land use. **Geoderma**, Amsterdam, v.117, p.203-214, 2003.
- OENNING, I. **Gênese e classificação de solos argilosos com horizonte B escurecido do Sul do Brasil**. 2001. 107p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas). Programa de Pós-Graduação em solos e nutrição de Plantas, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa (MG), 2001.
- PAES SOBRINHO, J. B. et al. Mineralogia, propriedades químicas e classificação de solos das Serras do Leste Catarinense. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages, v.8, p.9-24, 2009.
- PEDRO, C. et al. Mineral interactions and transformations in relation to pedogenesis during the Quaternary. **Soil Science**, Madison, v.107, p.462-469, 1969.
- PINTO, O. C. B. et al. Natureza e formação de caulinita em forma de pseudomorfa em solos de Viçosa (MG). **Experientiae**, Viçosa, v.13, p.383-421, 1972.
- SANTA CATARINA. Gabinete de Planejamento e Coordenação Geral. **Atlas do Estado de Santa Catarina**. Rio de Janeiro, 1986. 173p.
- SANTOS, R. D. et al. **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. 5. ed. rev. e ampl. Viçosa : SiBCS, 2005. 92p.
- SOIL SURVEY STAFF. **Keys to Soil Taxonomy**. 11th ed. Washington: USDA-Natural Resources Conservation Service, 2010. 338p.
- U.S.D.A. United States Department of Agriculture. **Soil Taxonomy**. Washington, 1975. 754 p. Agriculture Hand-book, n.436.
- WHITTIG, L. D.; ALLARDICE, W. R. X-ray diffraction techniques. In: KLUTE, A. (Ed.) **Methods of soil analysis**. Part 1. Physical and mineralogical methods. 2. ed. Madison: SSSA, 1986. p.331-362.