



# XXXIII Congresso Brasileiro de Ciência do Solo

Solos nos biomas brasileiros: sustentabilidade e mudanças climáticas  
31 de julho à 05 de agosto - Center Convention - Uberlândia/Minas Gerais

## SOLOS COM HORIZONTES COESOS DESENVOLVIDOS SOBRE DIFERENTES LITOFÁCIES DO GRUPO BARREIRAS NO LITORAL NORTE DA BAHIA

**Fábio Carvalho Nunes<sup>(1)</sup>; Enio Fraga da Silva<sup>(2)</sup>; Tony Jarbas Ferreira da Cunha<sup>(3)</sup>; Geraldo da Silva Vilas Boas<sup>(4)</sup>; José Jorge Sousa Carvalho<sup>(5)</sup>; Aline Angeli<sup>(6)</sup>**

<sup>(1)</sup> Professor da Universidade do Estado da Bahia (UNEB), Departamento de Educação – DEDC, Campus XI – Serrinha, Rua Álvaro Augusto, 897, Ginásio, CEP 48700-000, Serrinha, BA. E-mail: [fcnunes76@gmail.com](mailto:fcnunes76@gmail.com); <sup>(2)</sup> Pesquisador da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Centro Nacional de Pesquisa de Solos, Rua Jardim Botânico, 1024, Jardim Botânico, CEP 22460-000 - Rio de Janeiro, RJ; <sup>(3)</sup> Pesquisador da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Semi-Árido, BR 428, km 152, Zona Rural, CEP 56302-970 - Petrolina, PE - Brasil - Caixa-Postal: 23; <sup>(4)</sup> Professor Titular do Departamento de Sedimentologia da Universidade Federal da Bahia, Instituto de Geociências, Rua Caetano Moura, 123 – Federação, CEP 40210340 - Salvador, BA; <sup>(5)</sup> Professor da Fundação Visconde de Cairu, Salvador-BA; <sup>(6)</sup> Supervisora de Pesquisa e Desenvolvimento da ERB - Energias Renováveis do Brasil.

**Resumo** – Foram estudados solos coesos desenvolvidos sobre diferentes litofácies do Grupo Barreiras, através de análises morfológicas, micromorfológicas, físicas e químicas, concluindo-se que diferentes litofácies geraram solos com horizontes coesos distintos, a saber: a) solos oriundos de diamictitos ferruginosos originam inicialmente horizontes moderadamente coesos e, com o avanço da degradação do plasma dos horizontes superficiais, avanço da iluviação e xantização da cobertura evoluem para solos fortemente coesos, enquanto que aqueles desenvolvidos sobre sedimentos areno-lamosos originam solos moderadamente coesos e não ficam mais coesos com o aumento do gradiente textural e diminuição dos teores de ferro livre; b) a boa distribuição granulométrica dos materiais de origem favorece o adensamento, contudo estudos quantitativos utilizando outros métodos devem ser realizados.

**Palavras-Chave:** Grupo Barreiras, Litofácies, Horizontes Coesos.

### INTRODUÇÃO

Uma das características especiais dos solos dos Tabuleiros Costeiros é a coesão manifestada entre os horizontes A e B, notadamente de Latossolos e Argissolos Amarelos. Várias têm sido as proposições explicativas para a manifestação desta coesão, algumas complementares outras controversas.

Para melhor entendimento dos horizontes coesos e resolução das controvérsias é necessário que se tenha padrões adequados de comparação. Constatou-se através da literatura pertinente sobre o assunto que as pesquisas não consideraram que os solos coesos podem se desenvolver sobre diferentes litofácies do Grupo Barreiras, o que pode oportunizar o desenvolvimento de diferentes coberturas pedológicas e tipos de horizontes adensados.

Como entender então, a gênese de horizontes coesos e comparar diferentes áreas se nem ao menos se tem a certeza que o material de origem é o mesmo? Será que diferentes litofácies do Barreiras podem gerar horizontes coesos distintos?

Diante do exposto e como as condições do relevo e tipo de clima também parecem afetar o adensamento dos solos dos Tabuleiros Costeiros, realizou-se a investigação de horizontes coesos considerando diferentes litofácies do Grupo Barreiras, relevo e clima no Litoral Norte da Bahia.

### MATERIAIS E MÉTODOS

Estudaram-se toposseqüências e perfis de solos desenvolvidos sobre diferentes litofácies do Grupo Barreiras no Litoral Norte da Bahia, submetidos a diferentes tipos de climas, em tabuleiros conservados e dissecados, condições de declividade e drenagem diferenciadas. Utilizou-se ainda um perfil-padrão sem horizonte coeso para correlação, localizado em Caetité-Ba.

Os solos foram submetidos à descrição morfológica (SANTOS *et al.*, 2005), análises físicas, químicas e micromorfológicas, sendo extraídos o Si, Al, Fe e Ti por ataque sulfúrico e Si, Al e Fe por oxalato ácido de amônio e ditionito (EMBRAPA, 1997). A análise granulométrica a laser foi realizada no IGEO-UFBA, utilizando um contador de partículas *HORIBA*.

### RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os estudos realizados em condições climáticas úmidas e úmidas a subúmidas, especialmente na Fazenda Rio Negro, propriedade da Bahia Pulp, permitiram identificar os dois graus de coesão: moderadamente coeso e fortemente coeso.

Solos com horizontes fortemente coesos se desenvolveram sobre diamictitos ferruginosos cimentados ou ferricretes. Os perfis P4, P5, P6, P7, P8, P9 e P16 são representativos desses solos, todos ocorrendo entre a ombreira e o topo de vertentes onduladas e suave-onduladas, onde aparecem respectivamente, Argissolos Vermelho-Amarelos e Argissolos Amarelos.

A partir da ombreira, em direção a jusante, podem ser notados Cambissolos Háplicos, Neossolos Regolíticos e Neossolos Litólicos desenvolvidos sobre diamictitos ferruginosos cimentados e sedimentos areno-lamosos, sendo os perfis P1, P2, P3, P10 e P11 os solos representativos. Os perfis possuem horizontes moderadamente coesos e são os precursores dos solos fortemente coesos.

Nos Cambissolos e Neossolos pode ser observada a formação gradual do horizonte coeso. A textura “porfírica fechada” e “porfírica ligeiramente espaçada” (“*single spaced porphyric*” de STOOPS, 2003) do diamictito ferruginoso é intemperizada e passa para textura “porfírica espaçada” (“*double spaced porphyric*” de STOOPS, 2003) e “porfírica aberta”.

Os solos desenvolvidos sobre os diamictitos ferruginosos ou ferricretes sofrem xantização, transformam-se de solos vermelhos para amarelos, com diminuição dos teores de ferro livre, iluviação progressiva de finos e passagem de solos com horizontes moderadamente coesos (textura média) para fortemente coesos (textura média/argilosa, arenosa/média ou arenosa/argilosa).

Análises de lâminas delgadas permitiram identificar microestruturas do tipo colméia de abelhas, similar às descritas por Ribeiro (1998). Estudos utilizando diferentes aumentos mostram uma estreita relação entre as microestruturas tipo colméia de abelhas e os diamictitos cimentados, tratando-se de relíquias do material de origem que funcionam como redes que interceptam finos.

O esqueleto, o plasma, os vazios e as estruturas associadas que compõem os diamictitos ferruginosos formam uma complexa trama porfírica fechada ou porfírica ligeiramente espaçada, que lembra redes conectadas inicialmente por materiais cimentantes argilo-ferruginosos, ferro-argilosos, silico-aluminosos ou alumino-silicosos e, com o intemperismo a textura inicial passa para porfírica espaçada ou porfírica aberta, preservando pontes de sílica e substituindo progressivamente as conexões argilo-ferruginosas ou ferro-argilosas por materiais iluviados.

A literatura sobre adensamento em solos discute que a iluviação de argila muito fina promove a formação de horizontes endurecidos em subsuperfície, isto porque aumenta a superfície de contato entre os constituintes do solo (LAMOTTE *et al.*, 1997; CORRÊA *et al.*, 2008). Além disso, Chand e Woods (1992) observaram que solos cimentados com considerável porcentagem de finos e melhor distribuição granulométrica são mais resistentes que aqueles com poucos finos e mal graduados. Abralhão *et al.* (1992) demonstra que solos coesos do Grupo Barreiras apresentam boa distribuição granulométrica, o que favorece o adensamento.

A iluviação de finos e a distribuição granulométrica favorecem o adensamento em solos, por isso um estudo quantitativo foi realizado para averiguação, dispondo-se de um contador de partículas a laser. Os resultados indicam que os solos apresentam boa distribuição granulométrica, sendo melhores nos horizontes subsuperficiais. A menor distribuição granulométrica dos horizontes superficiais, associada ao maior teor de material grosseiro sugerem que os mesmos estão mais propensos à eluviação e/ou à erosão seletiva de argila. Além disso, os horizontes subsuperficiais com areia mal selecionada e maior teor de partículas pequenas apresentam maior propensão à retenção de argila, dada a elevada compactidade do

arranjo das partículas da fração areia (ABRALHÃO *et al.*, 1992).

Os resultados obtidos sugerem que a matriz relíquia dos diamictitos ferruginosos, a boa distribuição granulométrica e a argiluviação favoreceram a constituição e evolução da coesão, contudo não se confirmou a relação com a translocação de argila muito fina, pois os teores da mesma foram muito baixos, inferiores a 2% da fração total terra fina.

Os solos do clima úmido e úmido a subúmido desenvolvidos apenas de sedimentos areno-lamosos apresentam horizontes moderadamente coesos. Os perfis P12, P13, P14, P17 e P18 são representativos desses solos, todos são Argissolos Amarelos, possuem relação textural arenosa/média ou média/argilosa, são acentuadamente bem drenados e ocorrem do topo plano até à ombreira do relevo tabular. É importante sinalizar que os Argissolos Amarelos de textura arenosa/média são menos resistentes à penetração que aqueles com textura média/argilosa.

Nos Argissolos Amarelos moderadamente coesos observa-se que o material de origem é maciço poroso, com textura porfírica aberta, ocorrendo também gefúrica com teores variados de finos interligando o esqueleto. Solos adensados desenvolvidos sobre os sedimentos areno-lamosos sugerem que a matriz relíquia dos diamictitos não é determinante para a formação de horizontes coesos, contudo parecem influenciar no grau de coesão porque solos com horizontes fortemente coesos só foram observados desenvolvidos sobre diamictitos ferruginosos.

Os estudos realizados em condições climáticas subúmidas a seco, especialmente nas Fazendas Salgado e Laranjeiras, identificaram solos que se enquadram apenas na categoria moderadamente coesa. Os perfis P19 a P28 são representativos desses solos, os quais se desenvolveram sobre sedimentos areno-lamosos, são acentuadamente bem drenados, ocorrem em relevo plano e possuem relação textural arenosa/média e média/média, sendo que os solos de textura arenosa/média são menos resistentes à penetração que aqueles com textura média/média.

A xantização dos solos analisados não oportunizou a evolução da coesão, em outras palavras, o amarelecimento das coberturas, argiluviação e diminuição dos teores de ferro livre não determinou a evolução do adensamento dos solos desenvolvidos sobre os sedimentos areno-lamosos, mas uma ligeira diminuição da resistência à penetração. Como a diminuição dos teores de ferro e aumento da argiluviação não condicionou a evolução do adensamento, constatou-se que esses processos oportunizaram a evolução do coeso apenas em solos desenvolvidos sobre os diamictitos ferruginosos. Os motivos podem está relacionados à matriz relíquia da duricrosta, contudo são necessários estudos complementares para maiores esclarecimentos.

Os resultados utilizando o contador de partículas a laser também indicam que os solos apresentam boa distribuição granulométrica não se confirmou a relação entre argila muito fina e os horizontes coesos.

#### **Extrações com ditionito e oxalato**

Os teores de Fe extraído pelo ditionito ( $Fe_d$ ) são baixos, sendo ligeiramente superiores em horizontes coesos e em solos vermelhos desenvolvidos sobre os diamictitos ferruginosos. Os teores de  $Fe_d$  foram superiores aos teores

de Fe do extrato com oxalato ( $Fe_o$ ) e a relação  $Fe_o/Fe_d$  sugere predomínio de formas de Fe de melhor cristalinidade. Os solos apresentaram teores de Al e Si do extrato com ditionito maiores que os obtidos com o oxalato, o que sugere o predomínio de formas de melhor cristalinidade. Os teores de  $Al_o$  de horizontes coesos são similares em todos os solos, independente do material de origem, do clima e das condições de relevo.

Em linhas gerais, os teores de  $Al_o$  e  $Si_o$  apresentam um ligeiro aumento nos horizontes coesos, sinalizando que parte de compostos alumino-silicosos menos cristalinos estão sendo iluviados. O predomínio de  $Al_o$  em relação ao  $Si_o$  e as correlações significativas de  $r = 0,76$  em todos os horizontes dos solos (**Figura 1**) e  $r = 0,83$  nos horizontes coesos (**Figura 2**) sugerem a presença de aluminos-silicatos mal cristalizados. A baixa correlação entre os valores de  $Fe_o$  e  $Al_o$  ( $r = 0,46$ ) (**Figura 3**) e os teores de substituição isomórfica de Fe por Al (SI) nas goethitas não permitem inferir sobre a presença nos solos de outras formas de alumínio, como óxidos ou hidróxidos de Al amorfos ou óxidos de Fe de baixa cristalinidade contendo Al em sua estrutura.

Embora ocorram pequenos teores de  $Al_o$  e  $Si_o$  nos solos, possivelmente associados na forma de aluminos-silicatos, a iluviação desses compostos pode contribuir para a gênese dos horizontes coesos, através da conformação de pontes entre as partículas. Fala-se em contributo porque a extração seletiva não permitiu diferenciar o perfil-padrão não coeso de Caetitê (FC3) dos horizontes coesos, nem mesmo entre os diferentes tipos de coesos.

Acredita-se que não se pode afirmar que existe uma relação direta entre a cristalinidade de compostos e a gênese do coeso, mesmo porque são observados diferentes resultados e correlações nos trabalhos publicados sobre o assunto. Pode-se falar apenas em contributo deste ou daquele composto, seja ele bem ou mal cristalizado. O estudo realizado e a análise da literatura existente sinalizam que a depender do material de origem e da evolução do solo os fatores envolvidos na gênese do coeso são ligeiramente diferentes, contudo sempre existe a necessidade da iluviação de compostos argilosos, acredita-se que independente de sua cristalinidade.

O clima e a situação do solo na paisagem condicionam determinados processos pedogenéticos e, por conseguinte, a gênese e evolução dos solos. Por isso, deve-se ter cautela nas interpretações e correlações entre atributos pedológicos, processos e compostos envolvidos na conformação do coeso, procurando sempre relacionar com o material de origem e o tempo de formação do solo. Uma maior iluviação de argila, por exemplo, como observado nos solos desenvolvidos sobre os sedimentos areno-lamosos, não oportunizou a evolução da coesão, em contrapartida, aqueles oriundos de diamictitos ferruginosos evoluíram de moderadamente coesos para fortemente coesos.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A formação dos horizontes coesos é complexa e não pode ser entendida por apenas um fator ou mecanismo. Os diversos pesquisadores que até hoje estudaram os horizontes coesos deram importantes contribuições, especialmente quando enfatizam a importância da distribuição da granulométrica e da argiluviação de compostos mal ou bem cristalizados, de caulinitas pequenas ou muito pequenas, bem como da contribuição da ferrólise, acidólise e frações húmicas pouco polimerizadas na degradação do plasma dos horizontes superficiais, criação de mais cargas negativas pelo abaixamento do PCZ e, conseqüentemente, maior dispersão e facilidade de translocação de compostos para subsuperfície.

Todos os fatores anteriormente citados são plausíveis e os dados apresentados pelos pesquisadores são de boa qualidade, contudo nos trabalhos desenvolvidos não foram considerados aspectos importantes, como a natureza real do material de origem e a relevância do papel dos agentes nos vários contextos de relevo, clima e de evolução do solo, impedindo a correlação adequada entre áreas.

O trabalho que ora se apresenta trouxe importantes contribuições para o entendimento da coesão em solos dos Tabuleiros Costeiros, especialmente porque indicam:

a) que diferentes litofácies do Grupo Barreiras afetam as características e a evolução dos horizontes coesos. Solos oriundos de duricrostas ferruginosas originam inicialmente horizontes moderadamente coesos e, com o avanço da degradação do plasma dos horizontes superficiais, da iluviação e xantização dos solos evoluem para fortemente coesos, enquanto que aqueles desenvolvidos sobre sedimentos areno-lamosos originam apenas solos moderadamente coesos e não ficam mais adensados com o aumento do gradiente textural e diminuição dos teores de ferro livre;

b) na evolução dos solos moderadamente coesos para fortemente coesos a matriz porfírica fechada e ligeiramente espaçada dos diamictitos ferruginosos passa para porfírica espaçada e porfírica aberta, através do intemperismo e iluviação de finos. A matriz relíquia dos diamictitos parecem contribuir para a constituição e evolução dos horizontes coesos, contudo não é determinante, pois foram observados solos coesos desenvolvidos sob sedimentos areno-lamosos do Grupo Barreiras;

d) a boa distribuição granulométrica dos materiais de origem favorece o adensamento, contudo estudos quantitativos utilizando outros métodos devem ser realizados.

## AGRADECIMENTOS

À Bioconsultoria Gestão e Licenciamento Ambiental LTDA por financiar o projeto de pesquisa, a Bahia Pulp por ceder áreas de pesquisa e confecção de trincheiras, a Jacyr Mesquita, William Mattos e Dailson Ramalho pelo apoio irrestrito.

## REFERÊNCIAS

ABRALHÃO, W.A.P. *et al.* Distribuição de frequência de tamanho da fração areia e compactidade relativa de

solos desenvolvidos de sedimentos do Grupo Geológico Barreiras. **R. Bras. Ci. Solo**, 22:1-9, 1998.

CORRÊA, M. M. *et al.* Caracterização física, química, mineralógica e micromorfológica de horizontes coesos e fragipãs de solos vermelhos e amarelos do ambiente tabuleiros costeiros. **R. Bras. Ci. Solo**, 32:297-313, 2008.

EMBRAPA, **Manual de métodos e análises de solos**. 2 edição. Rio de Janeiro, 1997. 212p.

LAMOTTE, M. *et al.* A hard sandy-loam soil from semi-arid northern Cameroon: Fabric of the groundmass. **Eur. J. Soil Sci.**, 48:213-225, 1997.

RIBEIRO, L.P. **Os Latossolos Amarelos do Recôncavo Baiano: gênese, evolução e degradação**. Salvador: CADCT/FAPEX, 1998. 99p.

SANTOS, R. D. *et al.* **Manual de descrição e coleta de solos no campo**. 2.ed. Campinas, SBCS/EMBRAPA – SNCLS, 2005. 92p.

STOOPS, G. **Guidelines for analysis and description of soil and regolith thin sections**. Soil Sci. Soc. Am., Madison, WI, 2003. 184p.

CHANG, T.; WOODS, R. D. Effect of particle contact bond on shear modulus. **Journal of Geotechnical Engineering**. New York, Vol. 118, n.8, 1216-1233, 1992.

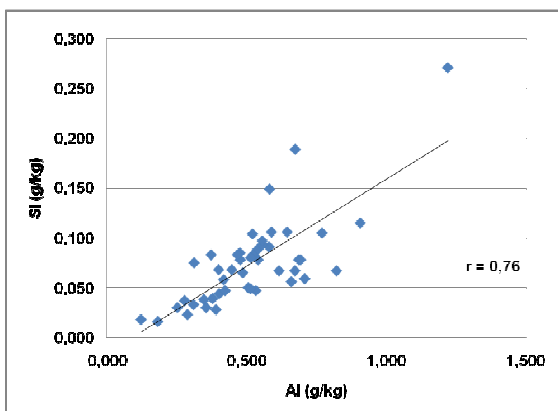


Figura 1. Correlação entre  $Al_0$  e  $Si_0$  em todos os horizontes dos solos analisados.

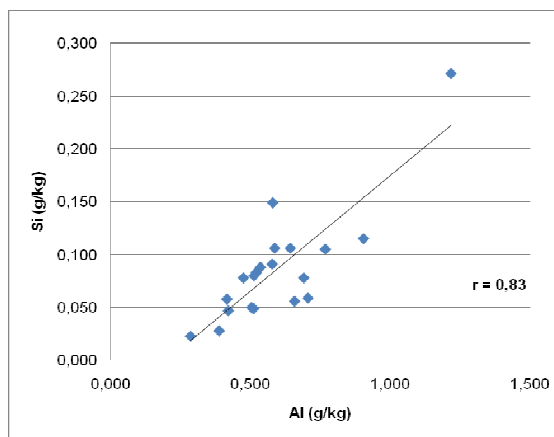


Figura 2. Correlação entre  $Al_0$  e  $Si_0$  nos horizontes coesos analisados.

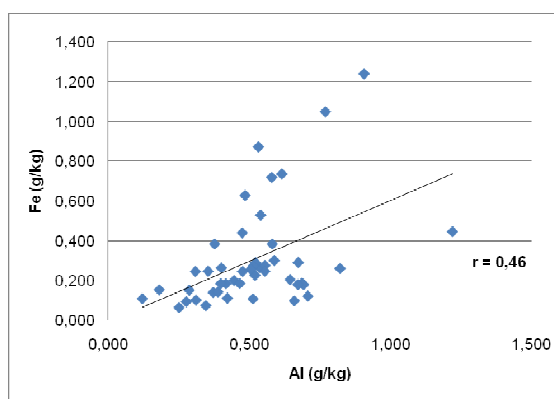


Figura 3. Correlação entre  $Al_0$  e  $Fe_0$  em todos os horizontes dos solos analisados.