

Revista Brasileira de Ciências Agrárias (Agrária)

Revista Brasileira de Ciências Agrárias

ISSN: 1981-1160

editorgeral@agraria.pro.br

Universidade Federal Rural de Pernambuco
Brasil

Pereira, Thiago T. C.; Ker, João C.; Almeida, Cecília C.
Qualidade de solos cultivados com eucalipto na região central de Minas Gerais: atributos físicos,
químicos e mineralógicos
Revista Brasileira de Ciências Agrárias, vol. 7, 2012, pp. 706-713
Universidade Federal Rural de Pernambuco
Pernambuco, Brasil

Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=119025455001>

- Como citar este artigo
- Número completo
- Mais artigos
- Home da revista no Redalyc

redalyc.org

Sistema de Informação Científica
Rede de Revistas Científicas da América Latina, Caribe, Espanha e Portugal
Projeto acadêmico sem fins lucrativos desenvolvido no âmbito da iniciativa Acesso Aberto

AGRÁRIA

Revista Brasileira de Ciências Agrárias

ISSN (on line) 1981-0997

v.7, suplemento, p.706-713, 2012

Recife, PE, UFRPE. www.agraria.ufrpe.br

DOI:10.5039/agraria.v7isa1412

Protocolo 1412 - 14/03/2011 • Aprovado em 09/07/2012

Thiago T. C. Pereira^{1,2}

João C. Ker^{1,3}

Cecília C. Almeida^{1,4}

Qualidade de solos cultivados com eucalipto na região central de Minas Gerais: atributos físicos, químicos e mineralógicos

RESUMO

Latossolos e Cambissolos são de grande expressividade na região central de Minas Gerais. O objetivo do presente trabalho foi avaliar a qualidade desses solos, situados em áreas de florestas plantadas com eucalipto, a partir de atributos físicos, químicos e mineralógicos. Amostras de solo coletadas em 13 perfis descritos em duas áreas do município de Curvelo, MG, foram submetidas a análises físicas, químicas e mineralógicas. Nos Cambissolos, elevados teores de silte e densidade, predomínio de caulinita e illita na fração argila, além de estrutura em blocos fracamente desenvolvida, estimulam a formação de selamento superficial e erosão laminar acentuada contribuindo para a queda de qualidade dos sítios florestais. Além dessas, a menor capacidade de retenção de água, baixa condutividade hidráulica e menor espessura do *solum* podem ser indicativos de menor capacidade de recarga hídrica, contribuindo também para a depreciação na qualidade dos sítios florestais nas áreas de Cambissolo. Associados à maior atividade pedogenética e maior profundidade, à melhor estruturação e ocorrência em relevo menos declivoso, os teores de silte mais baixos nos Latossolos podem ser os principais fatores que influenciam na melhor qualidade dos sítios florestais, nas áreas em que ocorrem.

Palavras-chave: adensamento do solo, Cambissolo, Latossolo

Quality of soils cultivated with eucalyptus in the central region of Minas Gerais State, Brazil: physical, chemical and mineralogical attributes

ABSTRACT

Latosols and Cambisols have great expressiveness in the central region of Minas Gerais State, Brazil. The present work aimed to study physical, chemical and mineralogical attributes of these soils, located in areas with eucalyptus forest. Thirteen soil profiles were described and sampled in two areas at Curvelo, Minas Gerais State. In the Cambisols, the high amounts of silt and higher density, the dominance of kaolinite and illite in the clay fraction, and the weak developed blocky structure, are responsible for surface sealing and sheet erosion, resulting in the decrease in the quality of forest areas. Furthermore, lower water holding capacity, low hydraulic conductivity and low soil thickness can result in lower water-recharge in depth, contributing to depreciate forest sites in Cambisols areas. The lower silt amounts of Latosols, greater depth, better structure, and smaller slopes may be the main reason for best quality of the forest sites.

Key words: hardsetting, Cambisols, Latosols

1 Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Solos, Av. P. H. Rolfs, s/n, CEP 36570-000, Viçosa-MG, Brasil. Fone: (31)3899-2632. Fax: (31) 38992648. E-mail: torresthiago@yahoo.com.br; jcker@ufv.br; ceciliacalhau@gmail.com

2 Bolsista de Pós-Doutorado Júnior da FAPEMIG

3 Bolsista de Produtividade em Pesquisa do CNPq

4 Bolsista de Doutorado da CAPES

INTRODUÇÃO

Diante de um mercado globalizado e com uma demanda cada vez maior por informações e produtos, uma parte significativa do setor produtivo que se consolidou definitivamente como algo essencial para o PIB interno, está relacionada à atividade agrária, em que o setor florestal se destaca como ramo desta atividade.

No Brasil, o consumo anual de produtos de origem florestal equivale, em números aproximados, a 263,5 milhões de m³ (Garlipp, 2006). Estima-se que desse total 82,2 milhões de m³ sejam oriundos de florestas plantadas enquanto o restante, aproximadamente 181,3 milhões de m³, seja suprido por produtos florestais de origem nativa, caso em que, além do impacto econômico, o crescimento da produção de madeira proveniente das florestas plantadas possui grande importância ambiental, em razão da possibilidade de redução das pressões sobre a vegetação nativa.

Estudos apresentados pelo Programa Nacional de Florestas e Fórum de Competitividade (PNF, 2000) apontam para um déficit de matéria-prima oriunda de reflorestamento nos próximos anos, já que a oferta de madeira advinda de plantios florestais é insuficiente para atender à demanda. Espera-se, assim, um crescimento da produção do setor florestal, o que já acontece em vários estados do País. No entanto, um grande impasse para o setor tem-se relacionado à incorporação de novas terras à produção florestal.

Devido às múltiplas possibilidades de uso das terras que atualmente se apresentam, a demanda por áreas cultiváveis tornou-se proeminente nos últimos anos destacando-se a grande utilização e a produtividade dos Latossolos no Cerrado. Isto fez com que a disponibilidade de Latossolos fosse reduzida aumentando a necessidade de incorporação de novos solos aos plantios florestais. Em razão de muitos desses solos apresentarem propriedades físicas, químicas e mineralógicas diferentes daquelas dos Latossolos, a exemplo dos Cambissolos Háplicos desenvolvidos de rochas pelíticas do Grupo Bambuí em Minas Gerais, uma série de limitações podem ocorrer, dentre as quais merecem destaque o adensamento, a restrição ao crescimento do sistema radicular e à infiltração da água no solo, e a perda de solo por erosão, que podem repercutir em um aumento dos gastos com práticas de manejo, além de comprometer a produção.

Considerando a expressividade dos Cambissolos desenvolvidos de rochas pelíticas do Grupo Bambuí, normalmente associados aos Latossolos foram selecionadas, no presente trabalho, duas áreas de florestas plantadas com eucalipto no município de Curvelo, MG, com o objetivo de avaliar a qualidade desses solos a partir do estudo dos seus atributos físicos, químicos e mineralógicos.

MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho foi realizado em duas áreas localizadas no município de Curvelo, região central do Estado de Minas Gerais (Figura 1) denominadas Área 1 (2.649 ha) e Área 2 (1.965 ha).

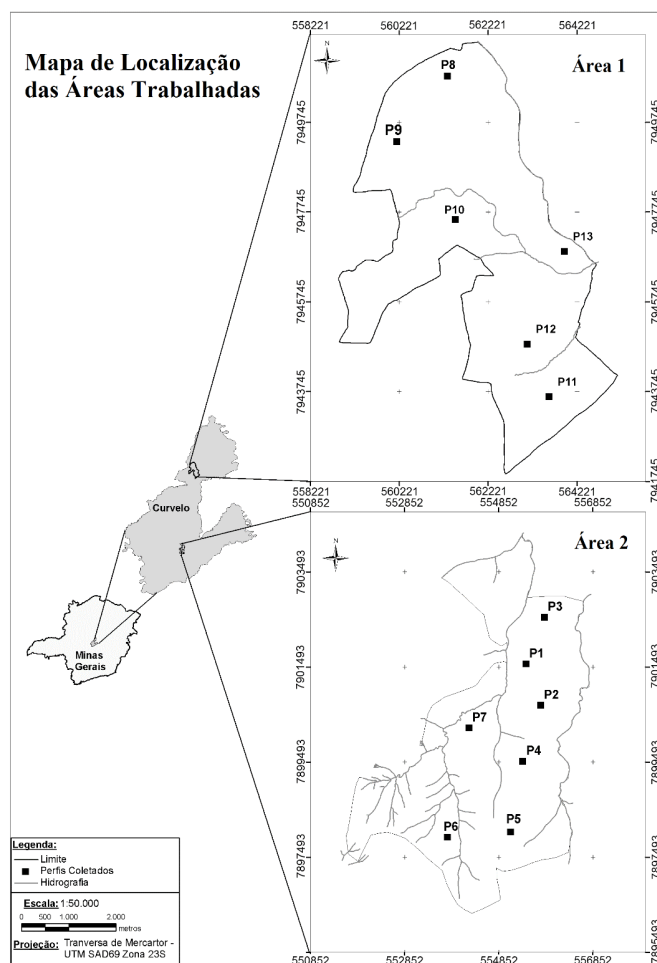


Figura 1. Localização das áreas trabalhadas e dos perfis coletados em duas áreas com eucalipto, em Curvelo, MG

Figure 1. Situation of areas and profiles collected in two areas with eucalyptus in Curvelo, Minas Gerais State, Brazil

Foram descritos e coletados 13 perfis de solo, conforme Santos et al. (2005), que foram classificados de acordo com Embrapa (2006) como: Cambissolo Háplico - CX (perfis P1, P4, P6, P9, P12 e P13), Latossolo Vermelho-Amarelo - LVA (perfis P2, P3, P5 e P7) e Latossolo Vermelho - LV (perfis P8, P10 e P11).

De acordo com a classificação de Köppen, o clima na região é do tipo Aw, tropical de savana, com temperatura média anual de 22 °C e precipitação de 1.300 mm, apresentando dois períodos predominantes: verão úmido e inverno seco. A região possui rochas relacionadas à Formação Três Marias, pertencente ao Grupo Bambuí e ao Supergrupo São Francisco, constituída por arcózios finos, ardósias e siltitos micáceos (CPRM, 1984).

Nas análises físicas foram determinados a composição granulométrica, conforme Ruiz (2005), a condutividade hidráulica, a densidade do solo (método do anel volumétrico), a argila dispersa em água e o grau de floculação, conforme Embrapa (1997). A curva característica de retenção de água nos solos foi determinada a partir de placa de pressão, conforme método proposto por Richards (1949) sendo identificado o conteúdo de água nas tensões 10, 30, 100, 500 e 1.500 kPa.

Tabela 2. Densidade do solo (Ds) e condutividade hidráulica do solo saturado (Ko) em duas áreas sob eucalipto em Curvelo, MG

Table 2. Soil density (Ds) and hydraulic conductivity of saturated soil (Ko) in two areas under eucalyptus in Curvelo, Minas Gerais State, Brazil

Amostra	Solo	Prof. cm	Ds g cm ⁻³	Ko cm h ⁻¹
Perfil P1	CX	10 - 15	1,48	0,42
Perfil P2	LVA	5 - 10	1,27	1,13
Perfil P3	LVA	40 - 45	1,33	0,54
Perfil P4	CX	10 - 15	1,35	0,45
Perfil P8	LV	5 - 10	1,20	4,67
Perfil P9	CX	5 - 10	1,45	0,46
Perfil P11	LV	5 - 10	1,47	0,87
Perfil P12	CX	5 - 10	1,45	0,22

áreas agrícolas porque, apesar da possibilidade de compactação pelo manejo e tráfego de máquinas, tais solos são naturalmente adensados e com Ds elevada. A dificuldade de percolação de água e de aprofundamento do sistema radicular do eucalipto em razão do adensamento, faz confirmar a baixa qualidade dos sítios florestais nos domínios de Cambissolo (Figura 2).



Foto: João Carlos Ker

Figura 2. Sistema radicular superficial de rebrota de eucalipto cultivado em Cambissolo Háplico textura franco-argilo-siltosa (P12). A rebrota não teve tratamento (condução, adubação, correção) em razão da baixa produtividade do primeiro corte, o que sugere sítios florestais mais limitados edaficamente

Figure 2. Superficial root system of eucalyptus regrowth in Haplic Cambisol with silty clay loam texture (Profile 12). The regrowth had no fertilization and correction due to low productivity of the first harvest, which suggests more edaphically limited forest sites

Mesmo para a classe dos Latossolos alguns resultados elevados de Ds comprovam a influência dos materiais finos, principalmente argila, no comportamento físico desses solos.

Resultados elevados do somatório silte + argila também foram constatados por Smith et al. (1997) para solos florestais da África do Sul, nos quais revelaram uma relação direta entre adensamento do solo e queda de qualidade dos sítios plantados, por meio de gráficos de dispersão. Fatores como topografia mais movimentada, posicionada em quebras de relevo, estratos sub-horizontalizados do material rochoso, elevados teores de silte, associados a resultados de argila dispersa em água (ADA) mais elevados em alguns horizontes e ao predomínio

da caulinita na fração argila, além de ilita (possibilidade de ajuste “face-a-face” desses argilominerais) criam, para os CX estudados, uma condição de predisposição ao selamento superficial e acentuada erosão laminar.

Estudos efetuados por Mermut et al. (1995) e Lado & Ben-Hur (2004) comprovaram que solos contendo caulinita e ilita como argila dominante, são susceptíveis ao selamento superficial. Somados à baixa fertilidade natural (Tabela 1) esses problemas configuram um cenário de grandes áreas com cobertura parcial do solo pela vegetação natural (campo cerrado) e reforçam a maior erodibilidade e formação de selamento superficial pela ação, muitas vezes direta, da chuva sobre o solo.

As curvas de retenção de água apresentaram comportamentos diferentes entre CX e Latossolos (Figura 3). As curvas correspondentes aos Cambissolos (Figuras 3A e 3B) foram perceptivelmente mais inclinadas entre 100 e 1500 kPa, quando comparadas com as curvas dos Latossolos (Figuras 3C e 3D) principalmente os LV. A menor proporção de argila e a maior de silte, quando comparadas com os Latossolos, são possivelmente, os principais fatores que influenciaram no comportamento das curvas observadas.

A menor retenção de água pelos Cambissolos, os baixos resultados de Ko, a menor espessura do *solum* e, possivelmente, a menor taxa de infiltração decorrente da topografia declivosa e predisposição à formação de selamento superficial, parecem indicar uma capacidade menor de recarga hídrica no perfil dos CX e, conseqüentemente, menor quantidade de água disponível para a cultura do eucalipto. Em testes realizados em solos derivados de rochas pelíticas do Grupo Bambuí, Almeida (1979) observou nítida tendência de diminuição na taxa de infiltração dos Latossolos para os Cambissolos, fato que pode estar relacionado à secagem de cursos d'água menores nos períodos de estiagem, o que representa mais um aspecto negativo desses solos (CX) devendo ser considerado tanto na qualidade ambiental quanto no estabelecimento da cultura do eucalipto.

Estudos realizados por Menezes (2007) para LVA, LV e CX localizados em duas sub-bacias hidrográficas da Bacia do Alto Rio Grande, MG, mostraram que esta última classe de solo foi responsável pela baixa recarga hídrica dos aquíferos, estando relacionada aos elevados teores de silte (que contribuíram para a formação de camadas adensadas em profundidade e de crostas na superfície), à baixa espessura do *solum* e ao relevo mais declivoso.

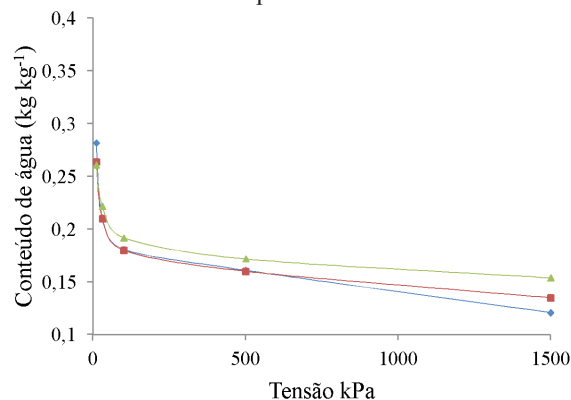
Diferentemente dos CX, os LVA são profundos, com teores de argila variando entre 57 e 73%, e teores de silte, em média, de 31% (Tabela 1). Comparativamente, os LV, também profundos, apresentaram teores de argila variando de 60 a 74% e teores de silte, em média, de 23%, sendo a relação silte/argila, de 0,3 em média, sugestiva de maior grau de intemperização.

Foram constatados resultados de silte + argila acima de 90% em grande parte dos horizontes dos LVA e LV estudados, sendo esta última fração a maior responsável pelo somatório elevado, principalmente em relação aos LV.

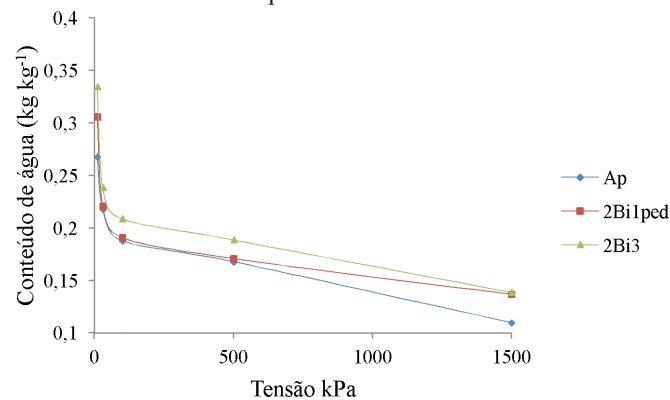
Características químicas dos solos

Os Cambissolos Háplicos estudados são todos ácidos e distróficos, com teores de Al³⁺ em torno de 1,00 cmol_c dm⁻³

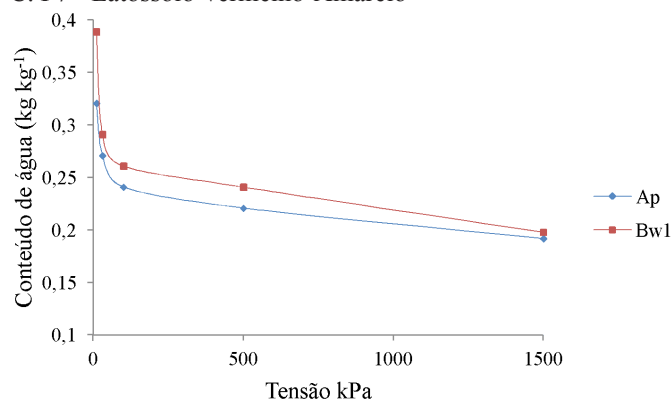
A. P1 - Cambissolo Háplico



B. P12 - Cambissolo Háplico



C. P7 - Latossolo Vermelho-Amarelo



D. P8 - Latossolo Vermelho

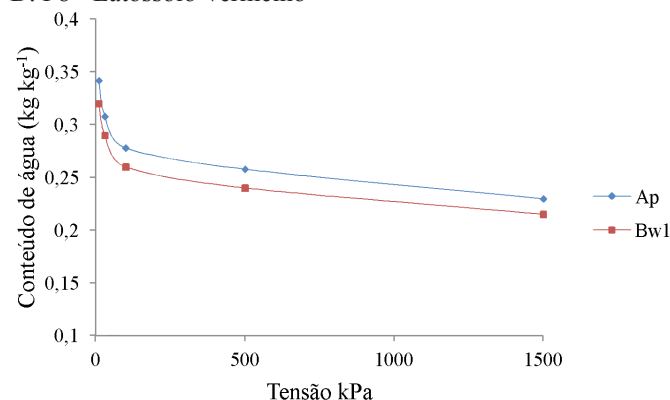
**Figura 3.** Curvas de retenção de água representativa dos solos estudados em duas áreas com eucalipto em Curvelo, MG

Figure 3. Representative water retention curves of studied soils in two areas under eucalyptus in Curvelo, Minas Gerais State, Brazil

(Tabela 1) não suficientes para caracterizá-los como aluminicos, conforme constatação feita por Achá Panoso et al. (1978) para alguns CX desenvolvidos de sedimentos argilo-siltosos do Grupo Bambuí.

Os teores de P extraídos por Mehlich-1 foram considerados muito baixos, conforme Ribeiro et al. (1999), cujos resultados são condizentes com os encontrados por Almeida (1979), que representa, segundo o autor, a principal limitação nutricional dos solos originados de rochas pelíticas. Em relação aos teores de carbono orgânico (CO), foram, em média, de 1,44 dag kg⁻¹ para o horizonte A de todos os CX, considerados, portanto, médios (Ribeiro et al., 1999). Este valor é praticamente da mesma ordem de grandeza daqueles encontrados para os Latossolos, indicando que a matéria orgânica pode ter grande influência na ciclagem de nutrientes, sobretudo por se tratar de solos dessaturados.

Todos os LVA são ácidos, distróficos e o caráter álico foi observado apenas no perfil P2. Para os LV, todos foram considerados ácidos, distróficos e álicos (Tabela 1). Os teores de P extraídos pelo Mehlich-1 mostraram-se muito baixos em todos os perfis dos Latossolos, merecendo destaque os baixos teores em horizontes mais profundos, reflexo dos elevados teores de argila dos Latossolos, principalmente os LV.

Devido à maior ocorrência de gibbsita em alguns Latossolos estudados confirmada pela mineralogia, sua contribuição pode ser importante para a adsorção dos fosfatos. Estudos apontados por Valladares (2000) destacaram o aumento na capacidade de adsorção de P em Latossolos brasileiros que continham grandes

quantidades de gibbsita na mineralogia da fração argila. Ker (1995) observou correlação significativa entre percentuais de goethita e gibbsita com a capacidade de adsorção de fósforo, indicando parecer a forma Al₂O₃ a mais efetiva na sorção deste elemento para alguns Latossolos brasileiros.

Características mineralógicas dos solos

Resultados dos difratogramas de raio-X (DRX) da fração argila dos solos estudados apresentaram algumas variações em relação ao tipo de minerais constituintes (Figura 4).

Para a classe dos Cambissolos Háplicos os resultados dos DRX apresentaram picos em 0,72, 0,45 e 0,36 nm, indicando presença de caulinita, argilomineral que prevalece na fração argila desses solos (Figura 4A). Os picos em 1,00, 0,50, 0,45, 0,33 e 0,26 nm indicam presença ilita, argilomineral subdominante.

O pico 0,42 nm na argila natural refere-se ao pico da goethita. Este “óxido” de ferro foi detectado em todos os solos estudados, provavelmente por ser este o mais estável nos equilíbrios termodinâmicos do ferro, precipitando-se em menor constante de solubilidade ($10^{-44} < K_{ps} < 10^{-41}$) (Schwertmann & Taylor, 1989).

Os picos em 1,43, 1,13 e 1,00 nm observados nos DRX dos CX nas direções dos ângulos com maior espaçamento, até 10 °2θ, aproximadamente, podem estar relacionados à interstratificação ao acaso da vermiculita-ilita, pela não detecção de espaçamentos regulares (d, d/2, d/3,...).

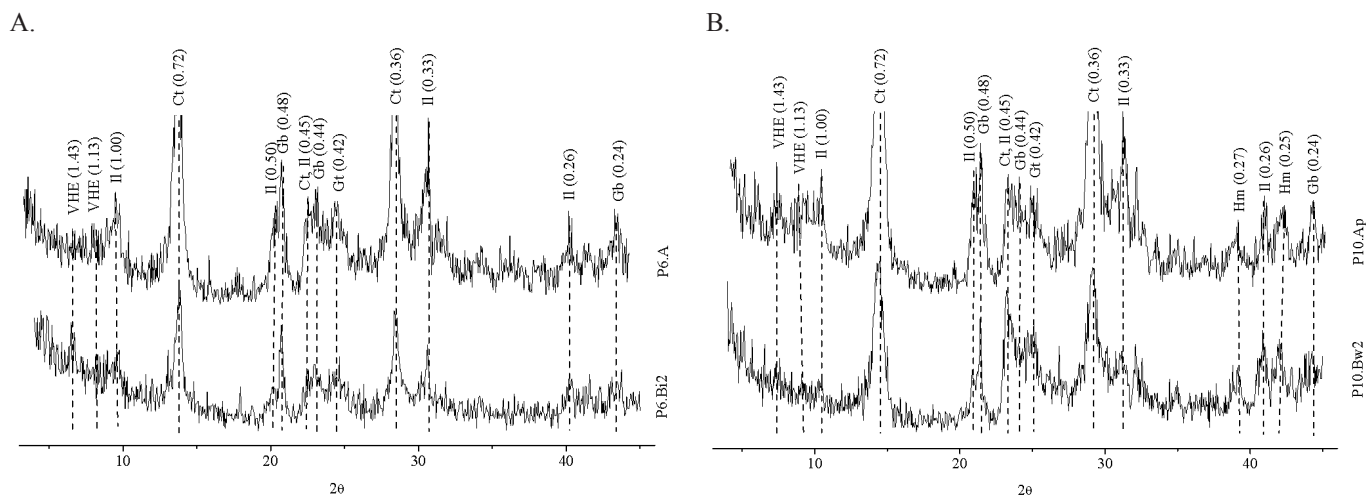


Figura 4. DRX representativos da fração argila de Cambissolos (A: P6) e Latossolos (B: P10) estudados em duas áreas com eucalipto em Curvelo, MG. VHE: vermiculita com Al-hidroxi entre camadas; II: illita; Ct: caulinita; Gb: gibbsita; Gt: goethita; Hm: hematita

Figure 4. XRD representative of the clay fraction of Cambisols (A: P6) and Latosols (B: P10) studied in two areas under eucalyptus in Curvelo, Minas Gerais State, Brazil. HIV: hydroxy interlayered vermiculite; II: illite; Ct: kaolinite; Gb: gibbsite; Gt: goethite; Hm: hematite

Após a desferriificação das argilas com DCB, saturação com K e aquecimento a 550 °C, foi possível observar um colapso da

vermiculita a 1,00 nm, com aumento da intensidade do pico em que é detectada naturalmente a illita (Figura 5A).

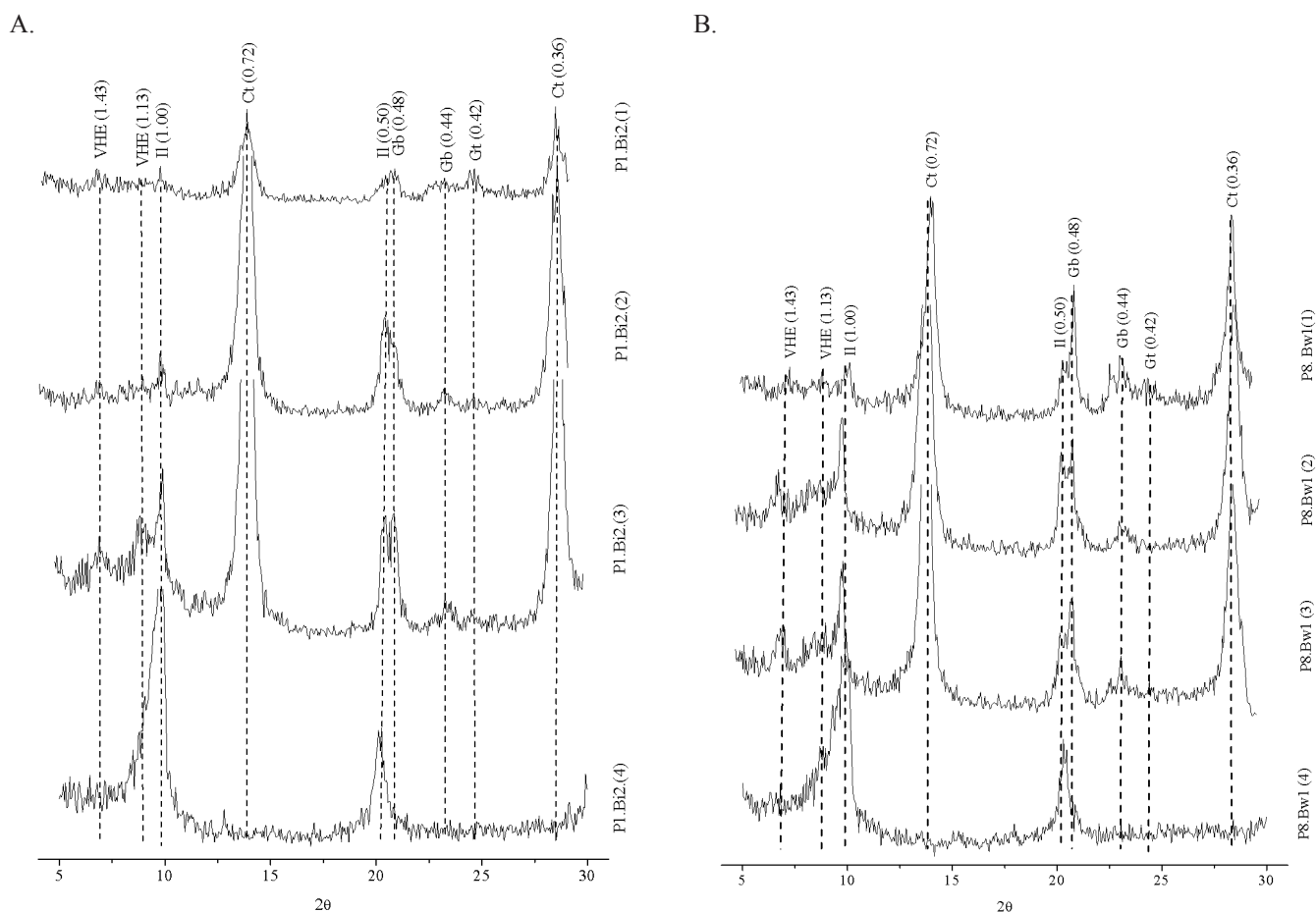


Figura 5. DRX representativos dos tratamentos realizados na fração argila dos solos estudados em duas áreas com eucalipto, em Curvelo, MG. Cambissolos (A) e Latossolos (B). VHE: vermiculita com Al-hidroxi entrecamadas; II: illita; Ct: caulinita; Gb: gibbsita; Gt: goethita. (1) argila natural; (2) desferriificação com DCB; (3) saturação com KCl; (4) aquecimento a 550 °C

Figure 5. XRD representative of treatments of the clay fraction of studied soils in two areas under eucalyptus in Curvelo, Minas Gerais State, Brazil. Cambisols (A) and Latosols (B). HIV: hydroxy interlayered vermiculite; II: illite; Ct: kaolinite; Gb: gibbsite; Gt: goethite. (1) natural clay; (2) no iron; (3) saturation with KCl; (4) heating at 550 °C

Picos em 0,48, 0,44 e 0,24 nm indicam presença de gibbsita nos Cambissolos, comprovada pelo desaparecimento dos mesmos após aquecimento das amostras a 550 °C (Figura 5A). Isto evidencia coexistência de VHE, illita e gibbsita, fato pouco esperado principalmente para solos menos alterados. O mesmo fato foi observado por Almeida (1979) que o atribuiu ao maior tamanho das partículas de mica com menor taxa de decomposição e liberação de sílica no sistema.

Para a classe dos Latossolos os picos em 0,72, 0,45 e 0,36 nm indicam presença de caulinita, argilomineral dominante na fração argila desses solos (Figura 4B); no entanto, para esta classe a gibbsita (d = 0,48, 0,44 e 0,24 nm) parece ter maior ocorrência, comparativamente aos CX.

Os picos em 1,00, 0,50, 0,45, 0,33 e 0,26 nm indicam presença de illita na fração argila dos Latossolos chegando, em alguns casos, apenas a traços de ocorrência (perfil P7).

Pela observação dos tratamentos realizados na fração argila dos LVA e LV, a ocorrência de picos em 1,43 e 1,13 nm, com maior intensidade neste último solo, reforça a concepção da ocorrência de VHE pela capacidade das ilhas de Al-hidroxi em configurarem maior estabilidade aos argilominerais 2:1, termodinamicamente instáveis nas condições do meio (Figura 5B). Os picos em 0,27 e 0,25 nm confirmam a presença de hematita para os Latossolos Vermelhos.

CONCLUSÕES

Características observadas nos Cambissolos indicam que as áreas de domínio desses solos se referem a sítios florestais de pior qualidade, em comparação com as áreas de ocorrência dos Latossolos, sobremaneira aqueles de coloração avermelhada.

A menor capacidade de retenção de água dos Cambissolos e a baixa condutividade hidráulica, além da menor disponibilidade hídrica, são determinantes da pior qualidade dos sítios florestais.

As áreas dos Latossolos estudados foram consideradas sítios florestais de melhor qualidade, com maior capacidade produtiva que aqueles das áreas dos Cambissolos.

LITERATURA CITADA

- Achá Panoso, L.; Santana, D. P.; Baruqui, A. M.; Baruqui, F. M.; Almeida, J. R.; Ferreira, M. B.; Souza, C. C. Levantamento de reconhecimento detalhado dos solos da área sob a influência do reservatório de Três Marias. Belo Horizonte, MG: Epamig, 1978, 236p. (Boletim Técnico SNLCS, 57).
- Almeida, J. R. Cronocromossequência de solos originários de rochas pelíticas do Grupo Bambuí. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1979. 150p. Dissertação Mestrado.
- Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - CPRM. Superintendência Regional de Belo Horizonte. Projeto mapas metalogenéticos e de previsão de recursos minerais. Folha SE.23 - Z.A - Curvelo. Belo Horizonte: DNPM/CPRM, 1984, 45p.
- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Manual de métodos de análise de solo. 2.ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1997. 212p.
- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 2.ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306p.
- Garlipp, R. C. D. Mecanismo estratégico e de novas oportunidades. Revista Opiniões, jun-ago, p.19, 2006. <<http://www.revistaopinioes.com.br/cp/materia.php?id=385>>. 10 Fev. 2011.
- Ker, J. C. Mineralogia, sorção e dessorção de fosfato, magnetização e elementos traços de Latossolos do Brasil. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1995. 181p. Tese Doutorado.
- Lado, M.; Ben-Hur, M. Soil mineralogy effects on seal formation, runoff and soil loss. Applied Clay Science, v.24, n.1-3, p.209-224, 2004. <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169131703002345>>. 12 Mar. 2011. doi:10.1016/j.clay.2003.03.002.
- Mehra, J. P.; Jackson, M. L. Iron oxides removal from soils and clays by a dithionite-citrate-bicarbonate system buffered with sodium bicarbonate. Clays Clay Minerals, v.7, p.317-327, 1958. <<http://www.clays.org/journal/archive/volume%207/7-1-317.pdf>>. 19 Mar. 2011. doi:10.1346/CCMN.1958.0070122.
- Menezes, M. D. Levantamento de solos em sub-bacias hidrográficas como apoio para avaliação do uso da terra e da potencialidade de recarga de aquíferos. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2007. 107p. Dissertação Mestrado.
- Mermut, A. R.; Luk, S. H.; Romkens, M. J. M.; Poesen, J. W. A. Micromorphological and mineralogical components of surface sealing in loess soils from different geographic regions. Geoderma, v.66, n.1-2, p.71-84, 1995. <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/001670619400053D>>. 21 Mar. 2011. doi:10.1016/0016-7061(94)00053-D.
- Programa Nacional de Florestas – PNF. Ministério do Meio Ambiente. Brasília - DF: MMA/SBF/DIFLOR, 2000. 52p.
- Ribeiro, A. C.; Guimarães, P. T. G.; Alvarez V., V. H. (eds.). Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais – 5ª aproximação. Viçosa: UFV, 1999. 359p.
- Richards, L. A. Methods of measuring soil moisture tension. Soil Science, v.68, n.1, p.95-112, 1949. <http://journals.lww.com/soilsci/Citation/1949/07000/Methods_of_Measuring_Soil_Moisture_Tension.8.aspx>. 29 Mar. 2011. doi:10.1097/00010694-194907000-00008.
- Ruiz, H. A. Incremento da exatidão da análise granulométrica do solo por meio da coleta da suspensão (site + argila). Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.29, p.297-300, 2005. <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-06832005000200015&lng=pt&nr=iso&tlng=pt>. 17 Fev. 2011. doi:10.1590/S0100-06832005000200015.
- Santos, R. D.; Lemos, R. C.; Santos, H. G.; Ker, J. C.; Anjos, L. H. C. Manual de descrição e coleta de solo no campo. 5.ed. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2005. 100p.

- Schwertmann, U.; Taylor, R. M. Iron oxides. In: Dixon, J. B.; Weed, S. B. (eds.). Minerals in soil environments. 2-ed. Madison: Soil Science Society of America, 1989. p.789-824.
- Smith, C. W.; Johnston, M. A.; Lorentz, S. The effect of soil compaction and soil physical properties on the mechanical resistance of South African forestry soils. *Geoderma*, v.78, n.1-2, p.93-111, 1997. <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0016706197000293>>. 05 Mar. 2011. doi:10.1016/S0016-7061(97)00029-3.
- Valladares, G. S. Formas de ferro como índices de pedogênese e adsorção de fósforo. Seropédica: Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2000. 165p. Dissertação Mestrado.
- Yoemans, J. C.; Bremner, J. M. A rapid and precise method for routine determination of organic carbon in soil. *Communications in Soil Science Plant Analysis*, v.19, n.13, p.1467-1476, 1988. <<http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00103628809368027>>. 19 Mar. 2011. doi:10.1080/00103628809368027.