



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

EFEITO DA DRENAGEM SOBRE AS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-HIDRICAS E QUÍMICAS DE ORGANOSSOLO HÁPLICO

Bianca Ott Andrade⁽¹⁾; Gustavo Ribas Curcio⁽²⁾

⁽¹⁾ Doutoranda; Instituto de Biociências; Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Av. Bento Gonçalves, 9500, Bloco IV, Prédio 43432, Sala 104, Porto Alegre-RS, CEP 91501-970, andradebo@gmail.com; ⁽²⁾ Pesquisador; Centro Nacional de Pesquisa de Florestas; Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), Estrada da Ribeira, km 111, Colombo-PR, CEP 83411-000.

Resumo – Os Organossolos apresentam grande importância funcional no ambiente em que se inserem, especialmente pela exímia capacidade de retenção hídrica e imobilização de carbono. O objetivo desse estudo foi observar alterações nas características químicas e físicas de um Organossolo, após drenagem promovida por voçoroca, e identificar os principais fatores que determinam essa alteração. Os solos foram estudados ao longo de seis pedossequências, instaladas perpendicularmente ao sentido da voçoroca, abrangendo um gradiente de intensidade de degradação sobre o solo e vegetação, com o afastamento da voçoroca. Foram levantadas características químicas e físico-hídricas dos solos. Utilizando-se de análise de agrupamento (Ward) e ordenação (PCoA) pode-se verificar a distinção de dois grupos, evidenciando o grande poder de alteração de características pedológicas pelo efeito de drenagem da voçoroca, intensificado com a proximidade desta. Práticas de gestão ambiental devem ser implementadas em áreas de nascente e em seu entorno, visando a proteção desses ambientes, de grande importância funcional.

Palavras-Chave: subsidência, solos orgânicos, turfeira.

INTRODUÇÃO

Os solos são o maior reservatório terrestre de carbono orgânico, com destaque para os Organossolos, que contêm altos teores de carbono, resultado da baixa taxa de decomposição da matéria orgânica sobre condição de saturação hídrica (Batjes, 1996). Eswaran et al. (1995) estimaram que os Organossolos tropicais ocupam aproximadamente 16% das áreas com Organossolos no mundo. Sendo para o Brasil estimados 1% do território (Valladares et al., 2008a).

Devido à permanência do lençol freático próximo da superfície durante a maior parte do ano, as condições anaeróbicas restringem os processos de mineralização da matéria orgânica e limitam o desenvolvimento pedogenético, conduzindo ao acúmulo expressivo de compostos complexos, ricos em carbono (Santos et al., 2006; Sá, 2007), tendo como principal componente da gênese desses solos diferentes espécies vegetais tais como *Sphagnum* spp. e herbáceas associadas (Francez, 2000; Soil Survey Staff, 2006).

A drenagem e consequente aeração desses ambientes promovem a alteração na morfologia do solo ao longo do perfil do Organossolo e a perda de substâncias orgânicas (Okruszko e Ilnicki, 2003), podendo ocorrer de forma bastante rápida, com a subsidência de mais de 1 cm ao ano, até mesmo atingir o extremo de vir a ser classificado como um solo mineral (Fanning e Fanning, 1989). Tais alterações contribuem para o aumento global na atmosfera de gases ricos em carbono, o que favorece o agravamento do efeito estufa (Sala e Paruelo, 1997), fato enfatizado pelo IPCC (2001) ao afirmar que nos últimos 20 anos, um quarto das emissões de CO₂ na atmosfera por interferência antrópica são oriundas das alterações no uso do solo, enquanto o restante é atribuído à queima de combustíveis fósseis.

Dessa forma, este estudo tem por objetivo avaliar a influência de uma voçoroca sobre características químicas e físico-hídricas dos solos, e verificar quais destas são mais determinantes na alteração sofrida pelos Organossolos.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

A pesquisa foi desenvolvida em área aproximada de 6.555 m², situada em propriedade particular nas nascentes do rio Tibagi, nos municípios de Palmeira e Ponta Grossa (25°16'25" S e 49°49'29" W), estado do Paraná, sobre a Formação Furnas, em altitude de 1.096 m s.n.m. Esta área é constituída por associação vegetal herbáceo-arbustiva com briófitas (Andrade et al., 2011).

Coleta dos dados

Foram plotadas seis pedossequências perpendiculares à voçoroca, três em cada uma das margens da voçoroca, equidistantes 15 m uma da outra. Foram dispostas obedecendo o gradiente hídrico formado pela voçoroca: próximo à voçoroca o lençol freático se encontrava mais rebaixado e ao se distanciar desta aproximava-se da superfície do solo. Ao longo das transecções foram estabelecidas três zonas, que se repetiam em ambas as margens, em coerência aos efeitos fisionômicos causados pela voçoroca:

- Zona A- profundamente alterada: localizada ao lado da voçoroca (aproximadamente 5m);
- Zona B - muito alterada: subsequente à zona A (aproximadamente 15-25m da voçoroca);
- Zona C - pouco alterada: adjacente à zona B (aproximadamente 35-45m da voçoroca).

Para a quantificação do nível de hidromorfia dos solos optou-se pela instalação de poços hídricos. Foram

utilizados tubos de PVC (policloreto de vinila) perfurados no seu comprimento em intervalos de 10 cm, conforme Page et al. (1982), o que permitiu quantificar a variação do lençol freático dentro de 1 m de profundidade no solo. Três poços foram instalados em cada uma das seis pedossequências, referentes às zonas pré-determinadas, totalizando 18 poços.

Análises químicas de rotina foram realizadas, nos mesmos 18 pontos de amostragem, e teores de nitrogênio e carbono orgânico total determinados por combustão a seco em analisador elementar.

Para a determinação da densidade, macroporosidade, porosidade de aeração total, umidade atual e água disponível no solo foram coletadas amostras indeformadas em uma das pedossequências, abrangendo as três zonas em ambas as margens. Foram avaliadas duas profundidades (0-5 e 10-20 cm) e três repetições para cada ponto amostrado.

Com base em características químicas e morfológicas de rotina, a classificação dos solos seguiu os preceitos constantes em Santos, et al. (2006).

Análise dos dados

Para a análise da resposta de características abióticas ao impacto promovido pela voçoroca, utilizou-se de modelos lineares generalizados (Nelder e Wedderburn, 1972) através do *software* SAS 9.1 (SAS, 2002). Dessa forma, foi possível verificar, dentre as variáveis estudadas, sua influência frente às duas margens da voçoroca e com o distanciamento do principal impacto, representado pela voçoroca.

Em seguida, foram realizadas análises multivariadas no *software* MULTIV beta (Pillar, 2006). Os dados foram organizados em uma matriz composta por 36 unidades amostrais (u.a.), representadas por cada um dos três pontos de amostragem (correspondente às três zonas) em cada uma das seis pedossequências em duas profundidades (5 e 15cm) e 10 variáveis (média, desvio padrão e variância da altura do lençol freático; densidade, macroporosidade, porosidade de aeração total, umidade atual e água disponível do solo; carbono e nitrogênio orgânico total). Os dados foram transformados por centralização e normalização. Posteriormente, realizou-se a medida de semelhança entre unidades amostrais através do índice de Gower. As análises de agrupamento e ordenação empregadas foram, respectivamente, soma dos quadrados e análise de coordenadas principais.

RESULTADOS

Com base nas análises químicas e físicas de rotina, mesmo com profunda descaracterização estrutural dos solos, destacada pela ocorrência de grânulos hidrofóbicos (zona A), se mantiveram classificados como ORGANOSSOLOS HÁPLICOS Sáprios, entretanto, diferindo entre as zonas quanto ao subgrupo que pertencem: tértrico (zona A), e típico, nas demais. Esta variação, evidenciada pelo aparecimento de material mineral inconsolidado, é reflexo da presença da voçoroca, que promoveu o processo de subsidência.

Do ponto de vista químico, os Organossolos apresentaram CTC (capacidade de troca de cátions) elevada em virtude da grande quantidade de matéria

orgânica e dominância dos cátions H^+ e Al^{+3} (variaram de 26,8- 45,5 $cmol_c \cdot dm^{-3}$), entretanto, baixa porcentagem de saturação por bases (1-8 % de V%), o que os caracteriza como distróficos. De maneira geral, verificaram-se altos teores de hidrogênio (16,3 – 39,1 $cmol_c \cdot dm^{-3}$), muito superiores aos demais cátions, devido aos elevados teores de matéria orgânica, com pH variando de 3,3 a 3,6. As análises indicaram a ocorrência de elevados valores de alumínio trocável (Al^{+3}) (3,0 – 8,6 $cmol_c \cdot dm^{-3}$), sendo evidente o caráter álico ($m\% > 50\%$) em todos os pontos amostrados. Os altos teores de carbono observados (29 – 40 %) condicionam a elevada capacidade de troca catiônica e o grande poder tampão do solo.

O processo erosivo alterou a dinâmica do lençol freático, justificando as diferenças observadas entre as zonas amostradas com o distanciamento da voçoroca ($P < 0.0001$). Em ambas as margens, os valores amostrados para uma mesma zona não distinguiram entre si quanto à altura do lençol freático ($P = 0.3738$), confirmando a zonação estabelecida no materiais e métodos.

Na zona A o lençol se manteve a uma profundidade média de 70 cm, enquanto na zona B esteve mais próximo da superfície, a aproximadamente 45 cm da superfície do solo. Na zona C o lençol esteve ainda mais superficial, elevando-se em aproximadamente 15 cm aos valores obtidos na zona B, estando em média, 30 cm em profundidade do solo (Andrade e Curcio, 2011).

No que se refere às características físicas, foram observadas alterações conspícuas dentre as zonas. Dentre os componentes analisados, a densidade do solo, porosidade de aeração e macroporosidade apresentaram valores distintos dentre as zonas amostradas ($P < 0.0001$). Água disponível variou somente na profundidade de 0-5 cm na zona A para as demais zonas ($P = 0.0335$).

Através da análise de agrupamento, envolvendo as 36 u.a. e as 10 variáveis pedológicas, verificou-se a distinção de dois grupos bastante evidentes, formados pelas unidades amostrais estabelecidas em ambas as margens (direita-D e esquerda-E), na zona A (Figura 1) das demais zonas B e C, sendo as últimas menos impactadas.

A análise de coordenadas principais (Figura 2) considerou os dois primeiros eixos com explicação de 61,1% (44,5% e 16,6%, respectivamente nos eixos I e II). O eixo I confirma a separação dos mesmos dois grupos observados na análise de agrupamento, com u.a. da zona A na porção negativa do eixo e as demais na positiva. A densidade do solo, lençol freático (média), umidade atual e carbono orgânico total foram as variáveis com maiores coeficientes de correlação com o eixo I. Enquanto para o eixo II, se destacam as variáveis água disponível e macroporosidade do solo, evidenciando uma maior proximidade entre u.a. da zona A e B, e maior distanciamento das u.a. da zona C, com parte das u.a. na porção positiva e o restante na negativa do eixo II.

DISCUSSÃO

Estima-se que a gênese do processo de voçorocamento esteja relacionada à alteração da taxa de evapotranspiração das áreas de encostas adjacentes, resultado da substituição da vegetação campestre nativa por monoculturas e áreas destinadas à criação de animais, além da compactação dos

solos minerais, fatores que provocaram alteração da dinâmica hidrológica superficial.

A voçoroca teve início à jusante, com a alteração do nível de base local e/ou geral, vindo promover a reativação da erosão, ou seja, a intensificação da incisão fluvial ou aprofundamento do talvegue em direção às nascentes do rio (Cassetti, 2005). Na área de estudo isso provavelmente ocorreu associado a eventos pluviométricos ímpares, quando grande quantidade de água proveniente das encostas foi direcionada aos Organossolo, fazendo com que parte do volume desse solo de baixíssima densidade fosse carregado.

Com o entalhamento do canal fluvial, o fluxo do rio que antes era difuso, passou a ser canalizado. Em razão de forte dessecação houve o rebaixamento do freático ao longo da voçoroca, pelo seu comportamento similar a um dreno artificial ou a linha de talvegue de um rio.

O rebaixamento do lençol promoveu profundas alterações, em especial relacionado às características físico-hídricas do Organossolo, o que resultou em variações dos níveis de anoxia entre as zonas, promovendo restrições ao estabelecimento da vegetação e biomassa (Andrade e Curcio, 2011). Com o afastamento da voçoroca (zonas B e C), o lençol freático tendeu a permanecer próximo à superfície do solo por mais tempo no decorrer do ano, sem rebaixamento por longos períodos como aqueles evidenciados na zona A.

A ocorrência de grânulos hidrofóbicos na zona A é indício de profunda alteração na estrutura do solo. Segundo Andriesse (1988) e Okruszko e Ilnicki (2003), sua ocorrência é característica de Organossolos submetidos a períodos de intensa drenagem, vindo se assemelhar a grãos de café. Andriesse (1988) ressalta que, pela grande dificuldade para serem reumedecidos, podem causar estresse severo às raízes superficiais.

Conforme Pereira et al. (2002), o rebaixamento do lençol freático proporciona ao solo uma nova condição aeróbia, intensificando a atividade microbiana, o que favorece uma maior decomposição da matéria orgânica do solo, perda de volume e massa de material orgânico, vindo a ocasionar a desorganização estrutural deste, seguida de uma nova reorganização (subsistência).

Na zona A foi verificada os maiores valores de densidade do solo, o que pode ser atribuído à subsistência do solo por contração das unidades estruturais; à perda de material superficial do solo, em geral menos denso; à menor biomassa vegetal dessa zona (Andrade e Curcio, 2011) e ao caminhamento dos animais que possuem trânsito facilitado pela vegetação menos densa, buscando água na voçoroca.

Assim como no presente estudo, a densidade do solo é considerada por Andriesse (1988) e Valadares et al. (2008) uma característica de grande valia na avaliação dos Organossolos, por apresentar relação direta com outras propriedades: grau de compactação e decomposição do solo, e a composição florística local.

A macroporosidade apresenta tendência semelhante à densidade, sendo os menores valores associados a uma maior compactação do solo pelo gado (Freire, 2006), bem como pela ação de colapsamento dos poros pelo processo de decomposição da matéria orgânica

resultante do rebaixamento do lençol freático (Andriesse, 1988). Foi verificada uma relação direta entre a ocorrência do impacto e o teor de carbono do solo em função do pronunciado rebaixamento do lençol freático, redução da biomassa vegetal e subsistência do solo na zona A.

A intensa alteração das características pedológicas pelo impacto da voçoroca ressalta a necessidade de se repensar as práticas de manejo empregadas sobre Organossolos e áreas de entorno, uma vez que se tratam de solos de alta fragilidade e grande importância funcional.

CONCLUSÕES

1. O impacto da voçoroca compromete o equilíbrio hidrológico local, bem como regional, uma vez que estes solos funcionam como reservatórios de água, provendo água aos principais rios do Estado por fluxo difuso, sendo, portanto, enorme sua relevância sob o ponto de vista de recarga do aquífero livre.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem aos colegas e amigos que participaram em campo na coleta de dados e à CAPES pela bolsa concedida à primeira autora.

REFERÊNCIAS

- ANDRADE, B.O. e CURCIO, G.R. A influência da drenagem do solo na produção de biomassa vegetal aérea em campos naturais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SOLOS. 33., Uberlândia, 2011. Anais. Uberlândia, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2011.
- ANDRADE, B.O.; KOZERA, K.; CURCIO, G.R. e GALVÃO, F. Vascular grassland plants of Tibagi River Spring, Ponta Grossa, Brazil. Check list, 7(3):257-262, 2011.
- ANDRIESSE, J.P. Nature and management of tropical peat soils. FAO Soils Bull., 59:1988.
- BATJES, N.H. Total carbon and nitrogen in the soils of the world. Eur. J. Soil Sci., 47:151-163, 1996.
- CASSETI, V. Geomorfologia. 2005. Disponível em: <<http://www.funape.org.br/geomorfologia/index.php>>. Acesso em 17 mai. 2011.
- ESWARAN, H.; VAN DER BERG, E.; REICH, P. e KIMBLE, J. Global soil Carbon resources. In: LAL, R.; KIMBLE, J.; LEVINE, E. e STEWART, B.A. Soils and Global Change. 1995. p.27- 43.
- FANNING, D.S. e FANNING, M.C.B. Soil, morphology, genesis and classification. New York, John Wiley & Sons, 1989. 395p.
- FRANCEZ, A. La dynamique du carbone dans les tourbières à *Sphagnum*, de La Sphaigne à l'effet de serre. L'année biologique, 39:205-270, 2000.
- FREIRE, O. Solos das regiões tropicais. Botucatu, FEPAF, 2006.
- IPCC. Climate Change 2001: The Scientific Basis. Cambridge, United Kingdom and New York, Cambridge University Press, 2001. 881p.
- NELDER, J.A. e WEDDERBURN, R.W.M. Generalized linear models. J. Royal Stat. Soc. A, 135(3):370-384, 1972.
- OKRUSZKO, H. e ILNICKI, P. The moorsh horizons as quality indicators of reclaimed organic soils. In: PARENT, L. e ILNICKI, P. Organic soils and pest materials for sustainable agriculture. Florida, CRC Press, 2003. p. 1-14.
- PAGE, A.L.; MILLER, R.H. e KEENEY, D.R. (Ed.). Methods of soil analysis. Madison, American Society of Agronomy: Soil Science Society of America, v.2. 1982.
- PEREIRA, M.G.; ANJOS, L.H.C.; VALLADARES, G.S. Organossolos: ocorrência, gênese, classificação, alterações pelo uso agrícola e manejo. Tóp. Ci. Solo, 4:233-276, 2005.

PILLAR, V.D.P. MULTIV Multivariate Exploratory Analysis, Randomization Testing and Bootstrap Resampling User's Guide v.2.4. 2006. 51p.
 SÁ, M.F.M. Os solos dos Campos Gerais. In: MELO, M.S.; MORO, R.S.; GUIMARÃES, G.B. (Ed.) Patrimônio natural dos Campos Gerais do Paraná. Ponta Grossa, Editora UEPG, 2007. p.73-83.
 SALA, O.E. e PARUELO, J.M. Ecosystem services in grasslands. In: DAILY, G.C. Nature's service: Societal dependence on natural ecosystems. Washington: Island Press, 1997.
 SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A. ; OLIVEIRA, J. B.; COELHO, M. R.; LUMBRERAS, J. F. e CUNHA, T. J. F. (Ed.).

Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 2. ed. Rio de Janeiro, Embrapa Solos, 2006. 306p.
 SAS Institute Inc. SAS/STAT User's Guide, version 9.1. Cary, SAS Institute Inc., 2002.
 SOIL SURVEY STAFF. Keys to Soil Taxonomy. Washington, USDA, 2006. 332p.
 VALLADARES, G.S.; GOMES, E.G.; MELLO, J.C.C.B.S.; PEREIRA, M.G.; ANJOS, L.H.C.; EBELING, A.G. e BENITES, V.M. Análise dos componentes principais e métodos multicritério ordinais no estudo de Organossolos e solos afins. R. Bras. Ci. Solo 32(1):285-296, 2008a.
 VALLADARES, G.S.; PEREIRA, M.G.; ANJOS, L.H.C. e EBELING, A.G. Caracterização de solos brasileiros com elevado teor de material orgânico. Magistra, 20(1):95-104, 2008b.

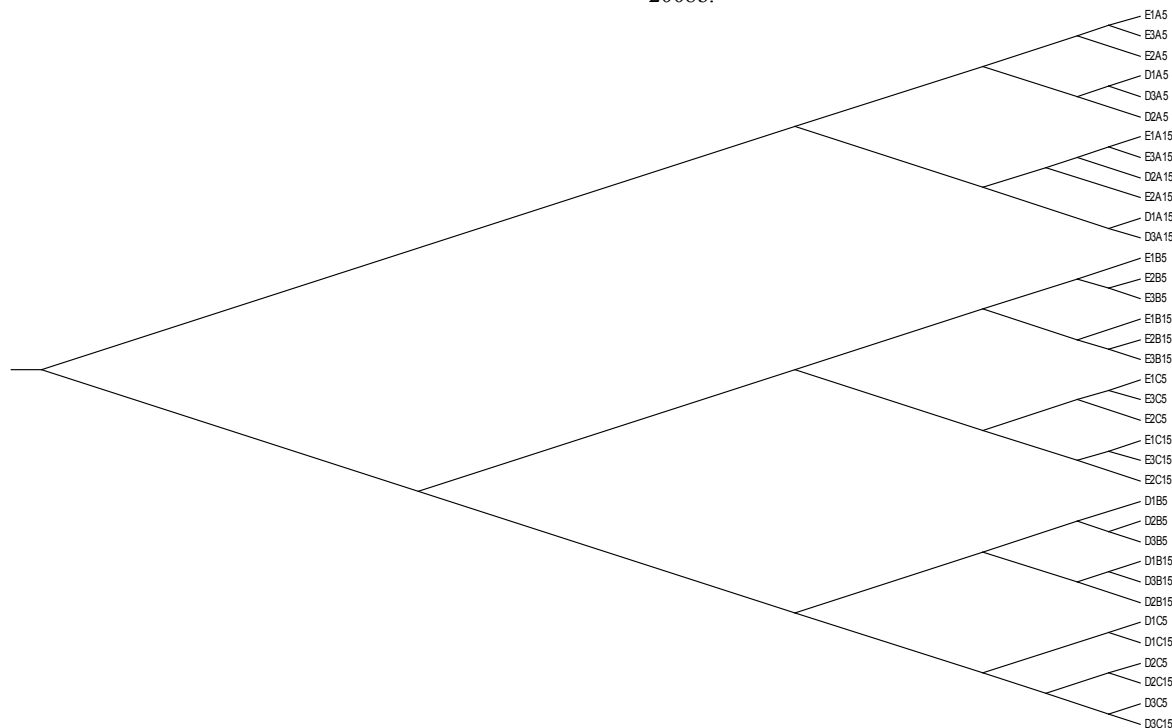


Figura 1. Análise de agrupamentos das 36 unidades amostrais sobre Organossolo Háplico, nas nascentes do rio Tibagi, sobre influência de uma voçoroca. Sendo, D/E- direita/esquerda; 1,2,3 – pedossequências em cada margem; A, B, C – zonas A, B, C; 5,15- profundidade 5 e 15 cm no solo

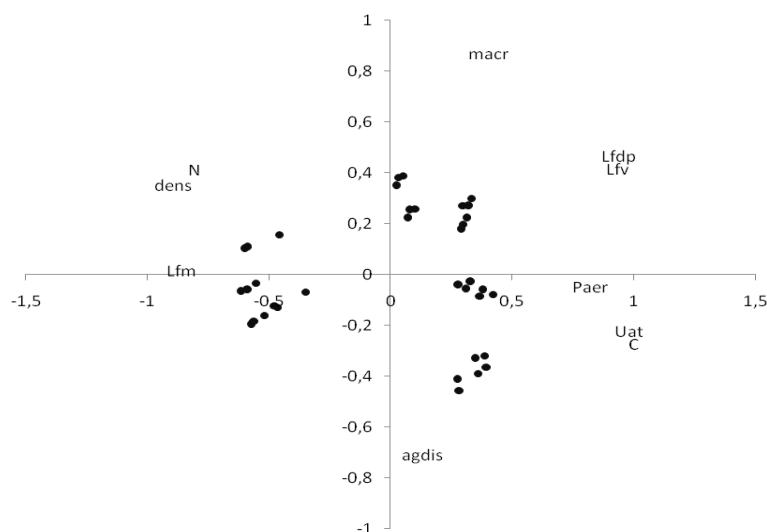


Figura 2. Diagrama de dispersão das 36 unidades amostrais (pontos pretos) e 10 variáveis nos eixos I (44.5%) e II (16.6%), amostradas em Organossolo Háplico, nas nascentes do rio Tibagi, sobre influência de uma voçoroca. Lfm- média do lençol freático, Lfdp - desvio padrão, Lfv - variância da altura do lençol freático, dens - densidade, macr - macroporosidade, Paer - porosidade de aeração total, Uat - umidade atual, agdis - água disponível do solo, C – carbono, N - nitrogênio orgânico total.