



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

A INFLUÊNCIA DA DRENAGEM DO SOLO NA PRODUÇÃO DE BIOMASSA VEGETAL AÉREA EM CAMPOS NATURAIS

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 – A biomassa vegetal aérea indica a capacidade de fixação de carbono e energia sobre as condições ambientais vigentes. O objetivo desse estudo foi identificar e caracterizar padrões de alteração do conteúdo de biomassa vegetal aérea frente a alterações na condição hidrológica original de campos hidrófilos sobre Organossolo Háptico, por influência de uma voçoroca. Parcelas foram estabelecidas em ambas as margens de uma voçoroca, com visível alteração fitofisionômica na proximidade desta, onde foram quantificados o teor de biomassa vegetal aérea no componente herbáceo, arbustivo e *Sphagnum* spp. e características abióticas quanto à capacidade retenção hídrica do solo e altura do lençol freático no decorrer de um ano de amostragem. Pode-se observar que a voçoroca promoveu a dessecação de seu entorno, pelo rebaixamento do nível do lençol freático, condicionando a subsidência do solo, alteração nas características físicas do solo e redução da água nele armazenada. Dessa forma, verificou-se a substituição da vegetação hidrófila por outra mesófila associada a um alto percentual de solo exposto, promovendo alterações na fisionomia e na produção de biomassa vegetal aérea, além da influência sobre a distribuição de *Sphagnum* spp., que permaneceu restrito às áreas menos alteradas.

Palavras-Chave: Organossolo; solo orgânico; fitofisionomia campestre; lençol freático; turfeira.

INTRODUÇÃO

As turfeiras (*bogs*) cobrem um área de 4 milhões de km² no globo, o que corresponde a 3% das terras emersas (Francez, 2000). Sob condições tropicais, sua ocorrência é restrita devido às altas taxas de oxidação de carbono e decomposição da matéria orgânica. Estes ambientes têm sua gênese influenciada principalmente pelo relevo, altas taxas de precipitação local e lençol freático próximo à superfície (Grootjans et al., 2006).

Nestas áreas, verifica-se a formação de Organossolos (Santos et al., 2006), solos com exíma capacidade de retenção hídrica (Birkeland, 1999), onde 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 na sua gênese diferentes espécies vegetais tais como as briófitas *Sphagnum* spp. e herbáceas associadas (Francez, 2000; Soil Survey Staf, 2006).

A drenagem e aeração desses ambientes promovem a alteração na morfologia do Organossolo ao longo do perfil e a perda de substâncias orgânicas (Okruszko e Ilnicki, 2003), podendo ocorrer de forma rápida, com a subsidência de mais de 1 cm/ano, ou atingir o extremo de vir a ser classificado como um solo mineral (Fanning e Fanning, 1989), podendo haver reflexo sobre a vegetação, uma vez que a disponibilidade de água limita a produtividade de ecossistemas naturais (Taiz e Zeiger, 2004)

Considerando o processo de fixação de carbono e energia na biomassa aérea, os objetivos deste estudo foram os de identificar e caracterizar padrões de alteração do conteúdo de biomassa aérea de cada grupo de vegetação (herbácea, arbustiva e *Sphagnum* spp.) quando áreas de campos naturais hidrófilos são submetidos a práticas de drenagem do solo, quantificado pelo teor de umidade do solo, e testar a hipótese de que a capacidade de retenção hídrica do solo é capaz de prever a biomassa vegetal aérea para as condições locais.

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: imediatamente ao lado da voçoroca (aproximadamente 5 m);
- Zona B - muito alterada: subseqüente à zona A (aproximadamente 15-25 m da voçoroca);

- Zona C - pouco alterada: adjacente à zona 2 (aproximadamente 35-45 m da voçoroca).

Para a quantificação do nível de hidromorfia dos solos, acompanhado ao longo de um ano, 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. Três poços hídricos foram instalados em cada uma das seis pedossequências, referentes às zonas pré-determinadas, totalizando 18 poços.

Para análise da densidade, umidade atual e água disponível do solo, foram coletadas amostras indeformadas em uma das pedossequências abrangendo as três zonas em ambas as margens, em duas profundidades (5 e 15 cm), havendo três repetições para cada ponto amostrado. Cada uma das 36 amostras coletadas foram submetidas ao método da mesa de tensão (6 kPa) conforme Embrapa (1997).

A quantificação da biomassa vegetal aérea se deu pelo corte da vegetação arbustivo-herbácea rente ao solo, em 18 unidades amostrais (parcelas) de 1 m², dispostas nas três zonas de cada transecção. O material coletado foi classificado em herbáceo, arbustivo e *Sphagnum* spp. (briófitas) e quantificado seu peso seco para a caracterização das diferenças na produção de biomassa vegetal por grupo, sendo esta relacionada às alterações ambientais ocasionadas pela voçoroca.

Análise dos dados

Para se testar a hipótese da existência de relações ecológicas entre variáveis de naturezas distintas (biomassa vegetal aérea e características do solo) foi aplicado o teste de Mantel (Mantel, 1967). Dessa forma, os dados foram organizados em duas matrizes:

- MATRIZ B: 18 unidades amostrais (u.a.); seis repetições das três zonas descritas por três variáveis (biomassa aérea das plantas herbáceas, arbustivas e *Sphagnum* spp.);

- MATRIZ H: as mesmas 18 u.a. descritas por oito características físicas do solo (densidade: 5 e 15 cm em profundidade); umidade atual (5 e 15 cm); água disponível (5 e 15 cm); média e variância da profundidade do lençol freático).

A matriz B foi submetida à transformação escalar por raiz quadrada dentro de variáveis a fim de se obter uma distribuição normal dos dados. Na matriz H foi realizada normalização e centralização dos dados, diminuindo o efeito da diferença de natureza dos dados. Matrizes de dissimilaridade foram construídas usando as matrizes B e H transformadas, e somente então submetidas ao teste de Mantel.

Para testar a significância do teste aplicado foram realizadas 10.000 permutações aleatórias dos vetores das u.a. nas matrizes B e H transformadas. Com isso foi possível verificar se a correlação observada é encontrada ao acaso com uma frequência (P) menor do que 5%, rejeitando a hipótese nula (Mantel, 1967; Pillar e Orloci, 1996; Legendre e Legendre, 1998).

Com objetivo de testar a segunda hipótese, de que a biomassa vegetal aérea de cada grupo é predita pela capacidade de retenção hídrica do solo, foi realizada

regressão linear múltipla usando a matriz H como preditora e a B como resposta. Foi aplicada análise de redundância (RDA) a fim de sintetizar as relações entre as u.a., variáveis preditoras e variáveis resposta.

As análises foram realizadas no aplicativo computacional MULTIV beta (Pillar, 2006), com alfa de 0.05, limiar para a rejeição ou não das hipóteses nulas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não houve distinção entre os valores de altura do lençol freático amostrados para cada uma das margens das voçorocas (P=0.3738), entretanto, foi verificada forte relação entre a altura do lençol freático e a proximidade da voçoroca (P<0.0001) (Tabela 1). Na zona A o lençol manteve-se a uma profundidade média de 70 cm, enquanto na zona B estava mais próximo da superfície, a aproximadamente 45 cm da superfície do solo. Na zona C o lençol esteve ainda mais superficial, permanecendo a 30 cm em profundidade no solo, em média.

A produção de biomassa aérea (valores em kg.ha⁻¹) diferiu significativamente entre os componentes (P=0.0008) e quanto à quantidade de biomassa dos componentes dentre as três zonas (P=0.0404) (Tabela 2). Distanciando-se da voçoroca verificou-se aumento na produção de biomassa vegetal total, passando de 368.74 kg.ha⁻¹ na zona A, para 987.18 e 940.78 kg.ha⁻¹, respectivamente, nas zonas B e C. As duas primeiras zonas adjacentes à voçoroca são compostas predominantemente por espécies herbáceas (zona A – 223.35; zona B – 528.37) e arbustivas (zona A – 145.39; zona B – 438.81), enquanto na zona mais afastada, verifica-se o predomínio do componente herbáceo frente aos demais, bem como o registro de ocorrência de *Sphagnum* spp. (165.84).

A partir do resultado de correlação de Mantel (r_o=0.259; P=0.0099), foi possível verificar a alteração de biomassa vegetal aérea, e por consequência o teor de carbono nela imobilizado, em relação ao gradiente de degradação, representado pela variação no teor de água no solo em função da presença da voçoroca.

A segunda hipótese nula foi rejeitada através do teste de regressão múltipla apenas para *Sphagnum* spp. (r=0.867; P<0.01), para os demais grupos isto não ocorreu provavelmente devido ao baixo número amostral que impossibilitou a verificação de um gradiente mais sutil.

A classe *Sphagnum* spp. apresentou indivíduos apenas na zona C, menos impactada. Dessa forma, pode-se afirmar que a presença de *Sphagnum* spp. em áreas hidromórficas mostrou-se um bom indicador de ambiente melhor conservado, reflexo da manutenção das características de saturação hídrica dos solos sem alteração ou bastante próximas das condições naturais.

Este resultado confirmou os obtidos por Hayward e Clymo (1982; 1983), que verificaram que com o rebaixamento do freático a taxa de crescimento de *Sphagnum* spp. pode vir a ser comprometida. Ainda conforme Hayward e Clymo (1982), estas espécies possuem enorme capacidade de retenção hídrica, sendo seu conteúdo de água por unidade de massa seca de *Sphagnum* spp. dificilmente inferior a 10 g.g⁻¹. Dessa forma ressalta-se a grande importância da conservação desse ambiente na manutenção da regularização hídrica local, na gênese do Organossolo e na manutenção da produção de biomassa

vegetal. Ademais, há motivos suficientes para se depreender que estas briófitas são de extrema importância para a gênese ascensional dos Organossolos.

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. Quando drenados com finalidade agrícola, ou mesmo em decorrência de processos erosionais, verifica-se o comprometimento do equilíbrio hidrológico local, incluindo a composição e fluxo de água no subsolo, bem como a alteração da composição florística sob condições ambientais originais (Grootjans et al., 2006).

A ordenação canônica por análise de redundância (RDA) (Figura 1) ilustrou bem as relações encontradas tanto no teste de Mantel como no de regressão múltipla. A variância na biomassa vegetal aérea em relação às características físicas relacionadas à umidade do solo foi explicada 32% pelo eixo 1 e 23% pelo eixo 2, totalizando 55% da variabilidade dos dados de biomassa. O terceiro eixo explicou somente 7% da variação e foi desconsiderado no presente estudo. Já a proporção dos eixos não-canônicos foi de 35.9% retratando a variação da matriz B não explicada pela matriz H.

Através do gráfico de ordenação (RDA) verificou-se que as unidades amostrais da zona C são claramente distintas das zonas A e B, em relação à porcentagem de biomassa herbácea e principalmente de *Sphagnum* spp., havendo pouca transposição entre B e C no eixo 1. As unidades amostrais da zona A variaram em relação aos dois eixos, estando um maior número de unidades amostrais dessa zona localizados na porção negativa dos eixos 1 e 2, relacionadas às variáveis de densidade do solo, o que já era apontado pelos dados brutos com densidades bastante superiores às demais zonas. Outro fator de grande relação com a zona A foi a média dos valores de profundidade do lençol freático, também observada nos dados brutos uma vez que o lençol freático se mostrou frequentemente mais distante da superfície quando comparado às demais zonas amostradas, o que já era esperado devido ao comportamento da voçoroca como um dreno ou o talvegue de um rio.

A zona B, associa-se à presença da vegetação arbustiva, evidenciada pela distribuição das unidades amostrais da zona B presente especialmente na parte positiva do eixo 2. Enquanto a zona C pôde ser explicada por *Sphagnum* spp., espécies exclusivas dessa zona, evidenciando os resultados obtidos na regressão múltipla.

O componente herbáceo está localizado em direção oposta àquela ocupada pela grande maioria das unidades amostrais da zona A, o que provavelmente se relaciona ao porte da vegetação observada nesta zona em comparação às zonas B e C, bem como à grande porcentagem de solo exposto na zona A, que inexistiu nas demais zonas e contribuiu para o aumento do montante de biomassa aérea nas zonas B e C.

Estes resultados sugerem que o teor de água no solo é um importante fator de controle ambiental para a

produção de biomassa aérea, vindo influir de formas distintas sobre diferentes grupos florísticos, além de afetar a manutenção da regulação hídrica local e ciclagem biogeoquímica, bem como a manutenção da diversidade vegetal e animal, com transferência de energia e nutrientes aos herbívoros.

A variação no regime hídrico resultou em variações dos níveis de anoxia no solo entre as zonas, promovendo forte seletividade ao estabelecimento vegetal, especialmente na zona A. Dessa forma puderam ser verificadas variações na fixação de carbono na biomassa entre as três zonas avaliadas, de ambas as margens.

CONCLUSÕES

1. O impacto promovido pelo manejo incoerente afeta diretamente a manutenção das funcionalidades ambientais das nascentes, evidenciando, dessa forma, a necessidade de modificações dos sistemas produtivos procurando compatibilizar com potencialidades e fragilidades dos solos.

2. Atesta-se a diminuição da imobilização de carbono na biomassa vegetal em função da alteração do teor de água no solo proporcionado pelo profundo impacto gerado pela drenagem de campos hidrófilos, com influência sobre o fornecimento de material orgânico na gênese de Organossolos, na manutenção da regulação hídrica local e na ciclagem biogeoquímica do carbono.

3. Sugere-se a utilização de *Sphagnum* spp. como indicador de ambientes conservados ocupados por Organossolos, por se fazerem presentes apenas nesses ambientes saturados hidricamente e preservados.

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.; 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.
- BIRKELAND, P.W. Soils and geomorphology. New York, Oxford University Press, 1999.
- EMBRAPA. Manual de métodos de análise de solos. 2.ed. Rio de Janeiro, EMBRAPA-CNPq, 1997. 212p.
- 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. Année Biol., 39:205-270, 2000.
- GROOTJANS, A.P.; DIGGELEN, R.V. e BAKKER, J.P. Restoration of mires and wet grasslands. In: ANDEL, J.V. e ARONSON, J. Restoration ecology: The new frontier. Victoria, Blackwell, 2006. p.111-123.
- HAYWARD, P.M. e CLYMO, R.S. Profiles of water content and pore size in *Sphagnum* and peat, and their relation to peat bog ecology. Proc. R. Soc. B, 215:299-325, 1982.
- HAYWARD, P.M. e CLYMO, R.S. The growth of *Sphagnum*: experiments on, and simulation of, some effects of light flux and water-table depth. Journal of Ecology, 71:845-863, 1983.
- LEGENDRE P. e LEGENDRE L. Numerical Ecology. 2nd Ed. Elsevier Science, Amsterdam, 1998. 853p.

- MANTEL, N. The detection of disease clustering and a generalized regression approach. *Cancer Res.* 27: 209-220. 1967.
- OKRUSZKO, H. e ILNICKI, P. The moorsh horizons as quality indicators of reclaimed organic soils. In: PARENT, L. e ILNICKI, P. (Ed.). *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.
- PILLAR, V. D. P. e ORLÓCI, L. 1996. On randomization testing in vegetation science: multifactor comparisons of relevé groups. *J. Veg. Sci.* 7:585-592.
- 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.
- 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.
- SOIL SURVEY STAFF. *Keys to Soil Taxonomy*. Washington, USDA, 2006. 332p.
- TAIZ, L. e ZEIGER, E. *Fisiologia vegetal*. Porto Alegre, Artmed, 2004. 719p.

Tabela 1. Médias dos valores de profundidade do lençol freático nas seis pedossequências (Pedo) em relação à superfície do solo em Organossolo Háplico, nas diferentes zonas que expressam o distanciamento da voçoroca.

| | Margem Direita (cm) | | | Margem Esquerda (cm) | | |
|------------------|---------------------|--------|--------|----------------------|--------|--------|
| | Pedo 1 | Pedo 2 | Pedo 3 | Pedo 1 | Pedo 2 | Pedo 3 |
| Zona A | 68.6 | 70.6 | 83.0 | 70.8 | 60.1 | 71.2 |
| Zona B | 44.5 | 38.2 | 48.8 | 46.8 | 46.3 | 48.8 |
| Zona C | 34.4 | 32.5 | 28.4 | 29.4 | 28.3 | 23.0 |
| Média Geral (cm) | | | | | | |
| Zona A | 74.1 | | | 67.4 | | |
| Zona B | 43.8 | | | 47.3 | | |
| Zona C | 31.8 | | | 26.9 | | |

Tabela 2. Médias e desvio padrão dos dados obtidos no levantamento da biomassa aérea nas diferentes zonas amostradas.

| | Componentes (kg.ha ⁻¹) | | |
|--------|------------------------------------|----------------|-----------------|
| | <i>Sphagnum</i> spp. | Herbáceo | Arbustivo |
| Zona A | 0 | 223.35 ± 78.88 | 145.39 ± 37.26 |
| Zona B | 0 | 548.37 ± 67.36 | 438.81 ± 139.19 |
| Zona C | 165.84 ± 70.95 | 738.77 ± 89.28 | 36.17 ± 10.96 |

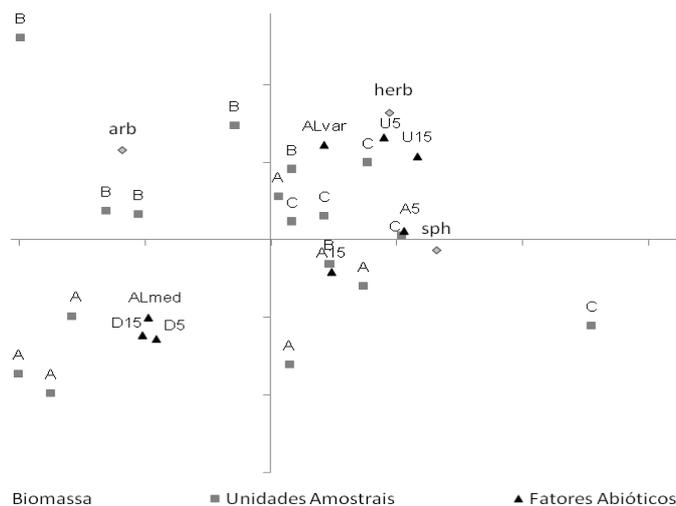


Figura 1. Diagrama de dispersão obtido por análise de Ordenação Canônica por RDA da variância na biomassa vegetal aérea nas diferentes u.a. quanto ao teor de umidade do solo. (■) unidades amostrais; (◆) biomassa de diferentes formas vegetais: arb (arbustivo), herb (herbáceo) e sph (*Sphagnum* spp.); (▲) variáveis ambientais: A5 (água disponível a 5 cm), A15 (água disponível a 15 cm), U5 (umidade atual do solo a 5 cm), U15 (umidade atual do solo a 15 cm), D5 (densidade do solo a 5 cm), D15 (densidade do solo a 15 cm), PLmed (média da profundidade até o lençol freático) e PLvar (variância da profundidade até o lençol freático).