

Mapeamento de Campos Hidromórficos na Serra Catarinense por Meio de Modelagem Hidrológica

Jorgeane Schaefer-Santos¹, Cheistel Lingnau¹, Franklin Galvão¹

¹Programa de Pós-graduação Engenharia Florestal, Departamento de Ciências Florestais, Universidade Federal do Paraná – UFPR, Curitiba/PR, Brasil

RESUMO

Os ecossistemas campestres entremeados aos fragmentos de Floresta com Araucária são comuns na serra catarinense. Existem fortes indicativos de que parte dos campos da região, os não hidromórficos, sobre solos minerais, seja resultante da exploração da floresta ou do impedimento de seu avanço, cuja cobertura, hoje, é inferior a 10%. Porém, os hidromórficos, exclusivamente em Organossolos, ocupando feições específicas na região, dão evidências de serem, embora impactados, naturais. O presente estudo teve como objetivo mapear a localização dos campos hidromórficos, partindo de dados de campo comparados aos mapas de fatores hidrológicos produzidos principalmente a partir do modelo digital de elevação (MDE) e rede de drenagem. Os resultados mostram que o comprimento de fluxo superior a 400 m está positivamente correlacionado à profundidade das zonas hidromórficas. Os relevos patamarizados e planos relacionam-se às zonas hidromórficas, porém a escala do estudo não leva à caracterização final das mesmas. Ainda que os resultados sejam em caráter preliminar, nota-se que pesquisas complementares abordando análise espacial do relevo são necessárias.

Palavras-chave: Serra Catarinense, campos naturais, Floresta Ombrófila Mista.

Mapping of Hydromorphic Grasslands in the ‘Catarinense’ Highlands by Hydrologic Modeling

ABSTRACT

Grassland ecosystems interspersed with fragments of Araucaria Forest are common in the ‘Catarinense’ highlands. There are strong indications that the non-hydromorphic steppes, on mineral soils, result from forest exploitation or the impediment to its advance - less than 10% of the forest area remains nowadays. However, hydromorphic grasslands can be found exclusively on Organosols occupying special region features, and they seem to be natural, although impacted. In this study, we aimed to map the hydromorphic grasslands from data collected in the field compared with the maps of hydrological factors produced mainly by the Digital Elevation Model and the drainage network. Histogram and correlation analyses were performed. Flow length longer than 400 m is positively correlated with the depth of hydromorphic zones. The level sequences and plains are related to the hydromorphic areas, but the scale of this study does not accomplish their final characterization. Complementary researches approaching the spatial analysis of relief are necessary.

Keywords: ‘Catarinense’ highlands, grasslands, Mixed Rain Forest.

1. INTRODUÇÃO

A Floresta com Araucária ocupava área contínua dos planaltos do Sul do Brasil (Koch & Corrêa, 2002; SOS Mata Atlântica, 2005; Roderjan et al. 2002; IBGE, 2004). Foi, no entanto, reduzida a menos de 10% de sua área original (Leite & Klein, 1990; Klein, 1978), em virtude do processo de desmatamento ocorrido entre as décadas de 1940 e 1960. Durante o processo de desmatamento, chamado de ciclo da madeira, somente no município de São Joaquim, cerca de 100 serrarias foram instaladas para explorar principalmente a *Araucaria angustifolia*, além, é claro, de outras espécies madeiráveis. Os tropeiros relatam que a floresta era muito densa e fechada, e que “caminhavam dias sem ver a luz do sol”, tal era a magnitude dessa tipologia na Serra Catarinense.

No entanto, atualmente, em São Joaquim ou em Urubici, a matriz da paisagem é formada por campos de criação de gado extensivo. O gado, trazido pelos espanhóis pelo Uruguai e chegado à Serra Catarinense através do Rio Grande do Sul, ainda tem sido a principal marca cultural da Serra e foi sendo criado em espaços abertos cada vez maiores (Sampaio, 1945). Campos, pioneiramente abertos pelos indígenas, foram ampliados pelo desmatamento há cerca de 50 anos e assim mantidos por queimadas recorrentes para a manutenção do pasto, o que, naturalmente, dificulta a regeneração da floresta.

Ao ver os campos hoje, é possível imaginá-los naturais, assim como se imaginou até pouco tempo atrás. Sua transformação, por ser muito antiga, leva a crer que a paisagem é formada por campos com capões de araucária. Difícil mesmo é imaginar o contrário, que a matriz da paisagem, desde há muito, quando ainda habitavam por aqui os povos indígenas, fosse florestal, com disjunções de campos naturais.

Iriarte & Behling (2007), Behling (2002) e Thompson & Turk (1998) citam em seus estudos os processos de expansão e retração da Floresta Ombrófila Mista (Floresta com Araucária). Segundo eles, durante o período da última glaciação (de 100.000 a 10.000 anos Antes do Presente), com clima mais frio e seco, houve domínio dos ecossistemas campestres na região Sul do Brasil. Estes, por sua vez,

foram se retraindo à medida que o planeta aquecia e se tornava mais úmido, favorecendo a ocupação por ecossistemas florestais. Os campos, estes que encontramos em São Joaquim e Urubici de hoje, são de naturezas diferentes. Há, todavia, os realmente naturais, aqueles que são hidromórficos. Estes se formam sobre Organossolos, em estado de saturação hídrica (Curcio, 2006). Nesses locais, onde são encontrados os Organossolos, as espécies arbóreas da Floresta Ombrófila Mista não se estabelecem, o que não impede que espécies campestres ocorram. Estes são os campos naturais. No entanto, onde o solo é mineral, o que corresponde à grande matriz da paisagem, os campos não são hidromórficos, pois não estão em situação de saturação hídrica. Esses campos são os campos culturais, por terem sido transformados pela ação antrópica e por estarem associados à cultura local. Sua natureza persiste enquanto houver seu manejo, pois, deixado ao “abandono”, recuperar-se-ia a floresta.

O propósito deste artigo foi, usando ferramentas de modelagem hidrológica, detectar na paisagem dos municípios de Urubici e de São Joaquim, Santa Catarina, em quais condições os campos naturais (hidromórficos) são recorrentes.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Área de estudo

Urubici e São Joaquim são municípios do Planalto Serrano Catarinense com, respectivamente, 184.751 ha e 102.185 ha (Figura 1). Encontram-se em uma altitude variável de 800 a 1.800 m s.n.m., entre as maiores do Estado. Associadas à elevação e às latitudes subtropicais, registram-se anualmente nestas regiões as menores temperaturas do Brasil (Santa Catarina, 1986). A temperatura média anual é de 13,2 °C, sendo a média do mês mais frio (junho) de 9,4 °C e a do mês mais quente (fevereiro) de 17,2 °C. A precipitação total anual é de 1.691 mm.

A geologia da Serra Catarinense (Figura 2a) é configurada pela Formação Serra Geral, que recobre cerca de 50% do território do Estado, sendo formada por rochas vulcânicas e predominantemente basálticas (Embrapa, 2004; Scheibe, 1986). Os solos da região (Figura 2b) são compreendidos, na maior

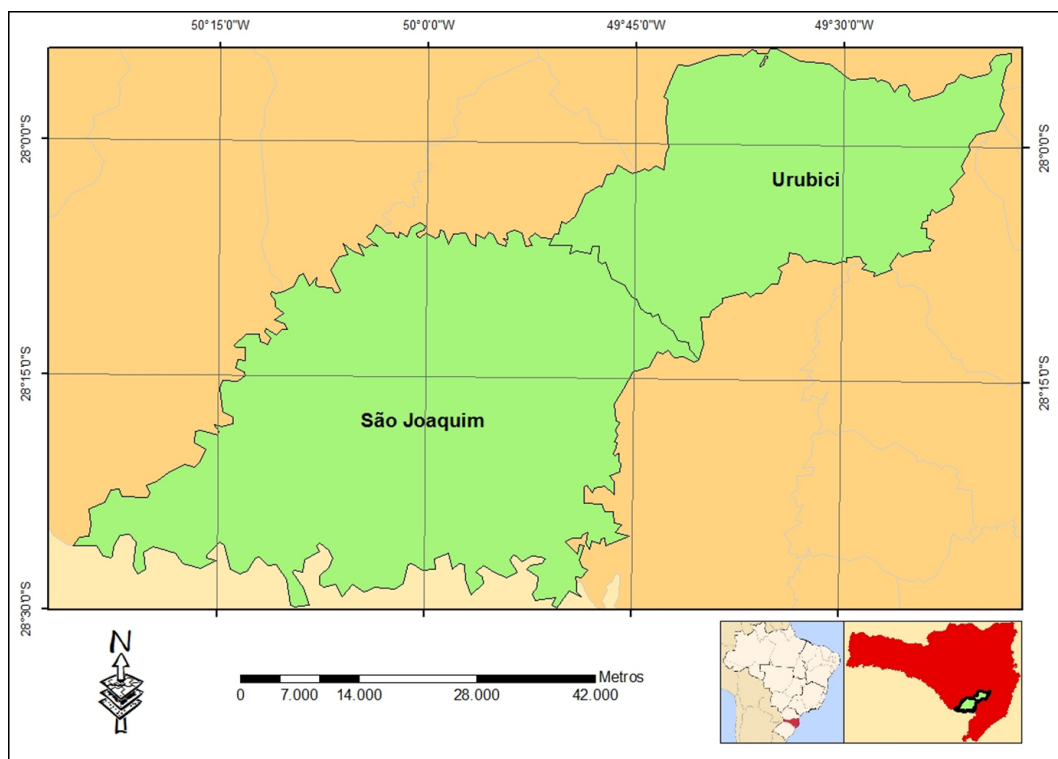


Figura 1. Localização geográfica da área de estudo.
Figure 1. Geographic localization of the study site.

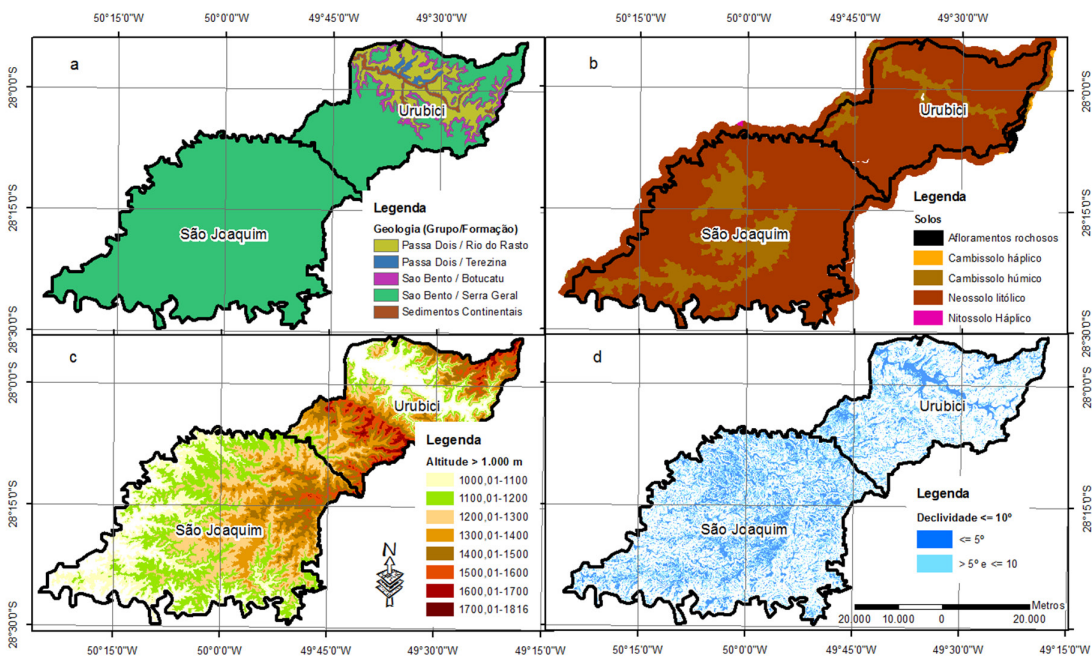


Figura 2. Dados biofísicos: a) Geologia; b) Classes de solos; c) Altitude de 1.000 a 1.800 m s.n.m. e d) Declividade menor do que 10°.
Figure 2. Biophysical data: a) Geology; b) Soils Classes; c) Altitude from 1.000 to 1.800 m a.l.s. and d) Declivity lower than 10°.

parte das áreas, por Neossolo litólico com horizonte A proeminente (Embrapa, 2004), especialmente acima de 1.000 m s.n.m. Também são encontrados Cambissolos e Organossolos (Embrapa, 2006).

2.2. Coleta de dados no campo

Em agosto de 2011, foram levantados 276 pontos em campo. Destes, muitos apresentavam algum grau de hidromorfia visível, especialmente em área. Tais pontos foram registrados com GPS (Global Position System). Eventualmente, foram amostrados pontos em outras classes de solo, em locais em que foram constatadas áreas de hidromorfia. Quando o ponto amostral encontrava-se próximo de uma encosta, intensificava-se a amostragem paralela ao declive, com interesse particular nas seguintes variáveis: (i) natureza mineral ou orgânica do solo; (ii) existência de hidromorfia; (iii) altitude e declividade (obtidas pelo Modelo Digital de Elevação - MDE); (iv) profundidade do perfil. Esses dados foram tabulados e analisados estatisticamente, procurando-se identificar correlações que expliquem e justifiquem a natureza dos campos.

2.3. Base cartográfica

As cartas de curva de nível, hidrografia e estradas foram obtidas da mapoteca da Epagri (Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina) (EPAGRI, 2004) (Tabela 1). Essas cartas, disponibilizadas em meio digital, foram integradas em um sistema de informação geográfica, por meio do software Arc GIS 10.

Na medida em que o interesse neste estudo foi analisar a localização das áreas hidromórficas que compõem a paisagem dos municípios de São Joaquim e Urubici, foi elaborada uma máscara de

altitude a fim de eliminar as áreas inferiores a 1.000 m, com o objetivo de limitar o estudo às áreas com a mesma geologia, tendo em vista que, abaixo dessa cota, encontram-se rochas sedimentares, o que não garantiria (Figura 2a) a homogeneização de pontos amostrais.

2.4. variáveis hidrológicas

As variáveis descritas neste artigo consideraram as ferramentas de modelagem hidrológicas apresentadas nas Figuras 3 a 6. Os algoritmos usados para a obtenção dessas variáveis são descritos por Jenson & Domingue (1988) e são baseados na análise do Modelo Digital de Elevação (MDE). Esses algoritmos, aplicados para os estudos hidrológicos,

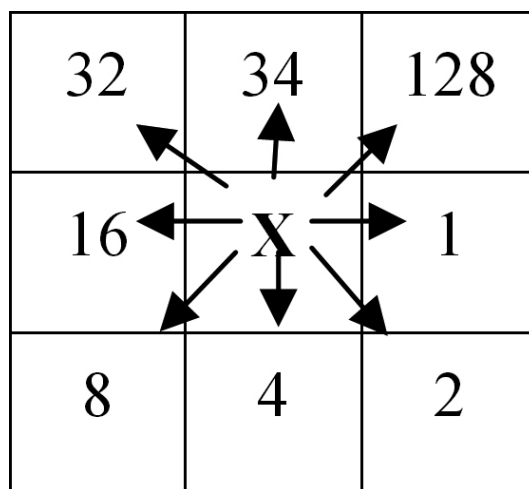


Figura 3. Direcionamento de Fluxo. Adaptado de Jenson & Domingue (1988) e Greenlee (1987).

Figure 3. Flow Direction. Adapted from Jenson & Domingue (1988) and Greenlee (1987).

Tabela 1. Fontes de dados.

Table 1. Data source.

Dado	Escala	Fonte
Modelo Numérico do Terreno (MNT) SRTM/ NASA - SC	1:50.000	Epagri
Hidrografia	1:50.000	
Estradas	1:50.000	
Curvas de Nível	1:50.000	Embrapa Solos
Solos	1:250.000	

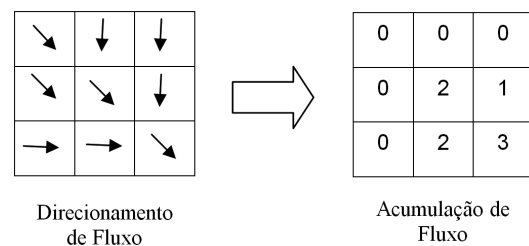


Figura 4. Acumulação de fluxo. Adaptado de Tarboton et al. (1991) e Jenson & Domingue (1988).

Figure 4. Flow Accumulation. Adapted from Tarboton et al. (1991) and Jenson & Domingue (1988).

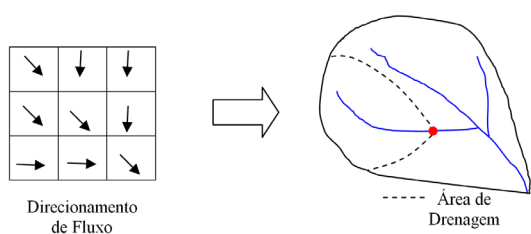


Figura 5. Área de drenagem. Adaptado de Jensen & Domingue (1988).

Figure 5. Contribution Area. Adapted from Jensen & Domingue (1988).

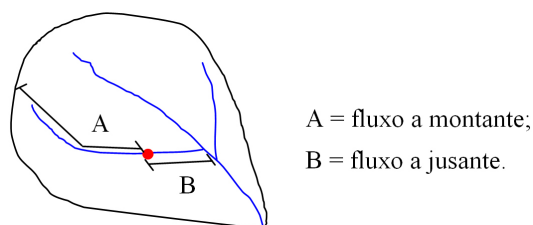


Figura 6. Comprimento de fluxo. Adaptado de Jensen & Domingue (1988).

Figure 6. Flow length. Adapted from Jensen & Domingue (1988).

analisam as variações da superfície da Terra, sendo que estes, por sua vez, podem ser conectados a modelos ecológicos (Lang & Blaschke, 2009; Thompson et al., 2001).

Direcionamento de fluxo: a direção de fluxo é dada pela direção da água que fluirá de cada pixel, decodificada para corresponder a um entre os oito pixels que o circundam. Quando todos os pixels vizinhos tiverem valores mais altos do que a célula do centro, o valor de direcionamento de fluxo será considerado negativo, ou seja, sem direcionamento de fluxo definido (Figura 3). Se um pixel X de uma matriz correspondente a um MDE, por exemplo, tiver o pixel de menor elevação para a esquerda, então esse pixel será codificado $X = 16$, conforme segue:

- **Acumulação de fluxo:** é a assinatura recebida pelo pixel com o número de pixels que fluem para esta. Pixels com acumulação de fluxo igual a zero são, geralmente, as células localizadas nos divisores de água (Figura 4);
- **Área de drenagem:** é a área de contribuição a montante do ponto que se deseja analisar (Figura 5);
- **Comprimento de fluxo:** o comprimento de fluxo pode ser definido à montante e à jusante. O fluxo

à montante é calculado a partir da mais longa distância de uma trajetória de fluxo até o topo de um divisor de águas. O fluxo à jusante é a mais longa distância ao longo de um trajeto de fluxo até um abaciao (Figura 6).

Primeiramente, foi calculado o direcionamento de fluxo baseado na grade triangular irregular (TIN). Em seguida, é calculada a acumulação de fluxo, o qual define as áreas com maior concentração de fluxo hídrico existente na área. Assim, tem-se o mapeamento das áreas de drenagem.

Ainda foi necessário realizar o cálculo do comprimento de fluxo de cada ponto amostrado em campo, de modo a analisar se essa variável interferiria na ocorrência de hidromorfia. Para tal, esse cálculo foi realizado de forma semimanual, por meio do traçado de uma linha, no sentido vertente acima, de cada ponto amostral (276 no total). A base desse traçado foi o mapa de curvas de nível, o mapa criado com o direcionamento de fluxo da área de estudo e o mapa de áreas de drenagem. A partir das linhas criadas, foram calculados os comprimentos de fluxo.

2.5. Relacionamento entre variáveis

Rede regular de pontos com equidistância de 1.000 m foi gerada sobre a área de estudo. A mesma teve como objetivo analisar a correlação existente entre a ocorrência das áreas hidromórficas e os atributos do meio físico.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Avaliação da amostragem

A análise das características da paisagem na área de estudo indica que a declividade se encontra substancialmente entre 5 e 15° (Figura 7a) e as altitudes, entre 1.200 m e 1.300 m s.n.m. (Figura 7b). Os Neossolos litólicos compõem a principal porção da paisagem (Figura 7c) e são, especialmente, constituídos por Horizonte A proeminente (Figura 7d).

Como o objetivo do estudo foi analisar o fator determinante da ocorrência das áreas hidromórficas e de Organossolos, a maioria dos pontos amostrais

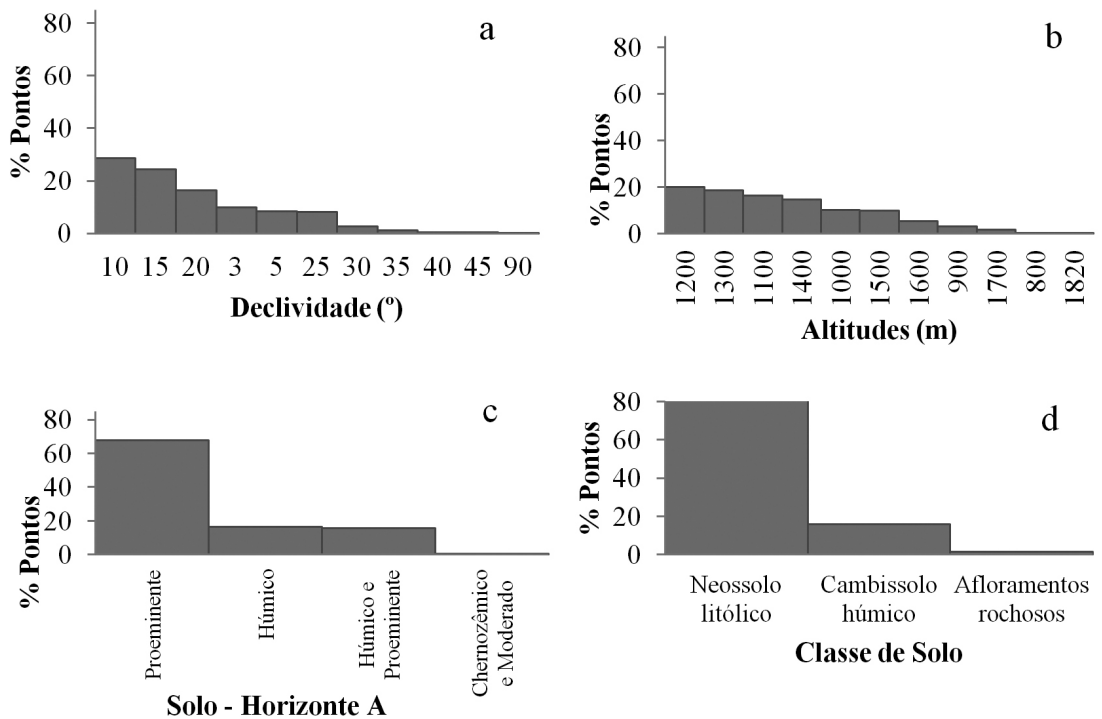


Figura 7. Distribuição da área em classes de: a) declividade; b) de altitude; c) de solos; d) de horizonte A.
Figure 7. Distribution of the area into a) declivity; b) altitude; c) soils and d) A Horizon classes.

levantados em campo encontra-se em relevos planos, ou seja, até 10° de declividade.

Em relação à altitude, foram amostrados pontos em todas as classes, no intervalo compreendido entre 1.000 m e 1.800 m s.n.m., de forma a diluir a influência da altitude na localização das áreas planas ou mesmo inferir sobre sua influência na localização desses pontos (Figura 8). A maioria dos pontos amostrados encontra-se em áreas planas a onduladas (Figura 8a), distribuídas em todas as classes de altitude, mas com forte concentração entre 1.000 m e 1.300 m da altitude (Figura 8b), acompanhando a tendência de acomodação do relevo (Figuras 7a e 7b).

3.2. Áreas hidromórficas – sua distribuição

A hidromorfia é determinante para que as áreas sejam ocupadas por ecossistemas florestais ou campestres, sendo que a colonização natural de espécies é determinada pela pedologia. Os solos hidromórficos na região de São Joaquim e Urubici estão dispersos em toda a paisagem e ocorrem,

potencialmente, em relevos planos. A ocorrência de Cambissolos nessa paisagem está associada à existência de áreas contínuas de relevos planos (até 10°), assim como em cabeceiras planas em São Joaquim e no Vale do Canoas, em Urubici (Figura 2d). No detalhe da Figura 9a, é possível a identificação visual das florestas e estepes, que se deu pela composição de bandas 5, 4 e 3 (RGB). Esta representa bom contraste entre as formas de vegetação, em que o verde identifica a Floresta com Araucária, localizada nas áreas mais íngremes, e o magenta identifica as estepes, localizadas nas faces mais planas. Predominam as faces planas nos ambientes patamarizados de altitude (Figura 9b). A distribuição da exposição das vertentes em todas as classes de direcionamento de fluxo demonstra que o relevo é acidentado, com faces de dissecação em todos os sentidos (Figura 9c).

As áreas planas (com declividades inferiores a 10°) localizam-se por toda a área de estudo (Figura 9d). A acumulação de fluxo é baixa na maior parte da área de estudo (Figura 9e). Ao contrário, o fluxo à jusante é distribuído especialmente entre as classes médio a

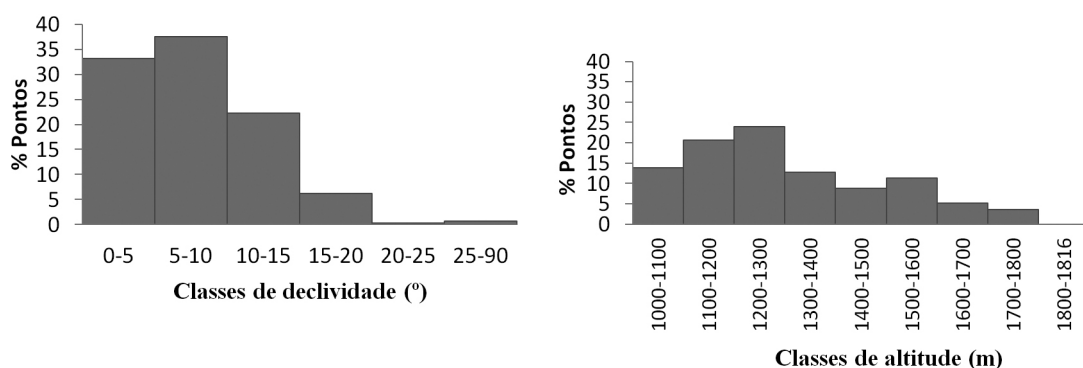


Figura 8. Distribuição dos 276 pontos amostrados em campo por classe de declividade e de altitude.

Figure 8. Distribution of the 276 sample points in situ per declivity and altitude classes.

alto (Figura 9f). O fluxo à montante predomina entre médio a baixo na área (Figura 9g). Predominam na região áreas pequenas de contribuição.

Em relação aos pontos amostrados, constatou-se que a acumulação de fluxo não foi determinante para a existência da hidromorfia na área de estudo, uma vez que a grande maioria (95%) dos pontos amostrados em campo encontra-se em áreas de baixa acumulação de fluxo. Da mesma forma, apenas 87% dos pontos amostrados estão localizados em áreas de fluxo à montante baixo a médio, revelando que também esse fator isolado não é determinante para a presença de hidromorfia. No entanto, quando analisado o fluxo à jusante, 96% dos pontos analisados encontram-se em áreas de média à alta intensidade. Daí, poder-se-ia sugerir que o fluxo à jusante é o fator determinante da existência de áreas hidromórficas (Figura 10). Porém, há de se salientar que toda a área pertence à classe, não sendo possível, portanto, confirmar tal informação.

Em todos os pontos amostrais analisados, a profundidade média foi de 34,7 cm. A profundidade é um fator bastante correlacionado com a existência de áreas hidromórficas, corroborando com Lark (1999), o qual afirma que não somente fatores topográficos influenciam na formação dos solos ou ainda na distribuição de água no mesmo, mas que pequenas variações nas formas do terreno podem levar a diferenças de concentração de material parental e que, possivelmente, levam a essas diferenças. Em muitos pontos amostrados, a profundidade é menor do que 10 cm, não impedindo, no entanto, a ocorrência de espécies arbóreas. Em muitos locais, onde o solo é mineral, ocorrem pequenos

capões de floresta, os quais foram preservados pelos proprietários das terras.

Apenas 22% das amostras de campo registradas como hidromórficas estão correlacionados às superfícies planas (Figura 10). Logo, não é possível afirmar que sejam as áreas planas as únicas responsáveis pela existência de áreas hidromórficas, especialmente na escala de estudo. A melhor correlação observada com a hidromorfia foi a profundidade de solos (55%), o que parece claro, sendo que as áreas hidromórficas são, normalmente, mais profundas do que a média dos solos minerais existentes na região (Figura 10).

No contexto da área de estudo, essas são as únicas parcelas de terra que são mais profundas do que as demais. Em áreas acima de 1.500 m de altitude, solos rasos são muito mais frequentes, com profundidade menor do que 10 cm. Nas áreas hidromórficas ou semi-hidromórficas, foram amostrados pontos com profundidade média de cerca de 50 cm, dos quais 73% encontram-se em Neossolo litólico e 27% em Cambissolo húmico, na macroescala.

Amostras em outras classes de solo não foram coletadas dada a ocorrência preponderante dessas duas classes na escala do mapeamento realizado pela Embrapa Solos (Embrapa, 2004). Em apenas um ponto amostral, dentre os hidromórficos ou semi-hidromórficos, não foi observada a presença de pastoreio. Nos demais, embora as condições de solo e pastagem não fossem favoráveis (nem ao solo, nem ao gado), a presença de gado é constante. Da mesma forma, apenas um ponto amostral, dentre os hidromórficos, é circundado por floresta.

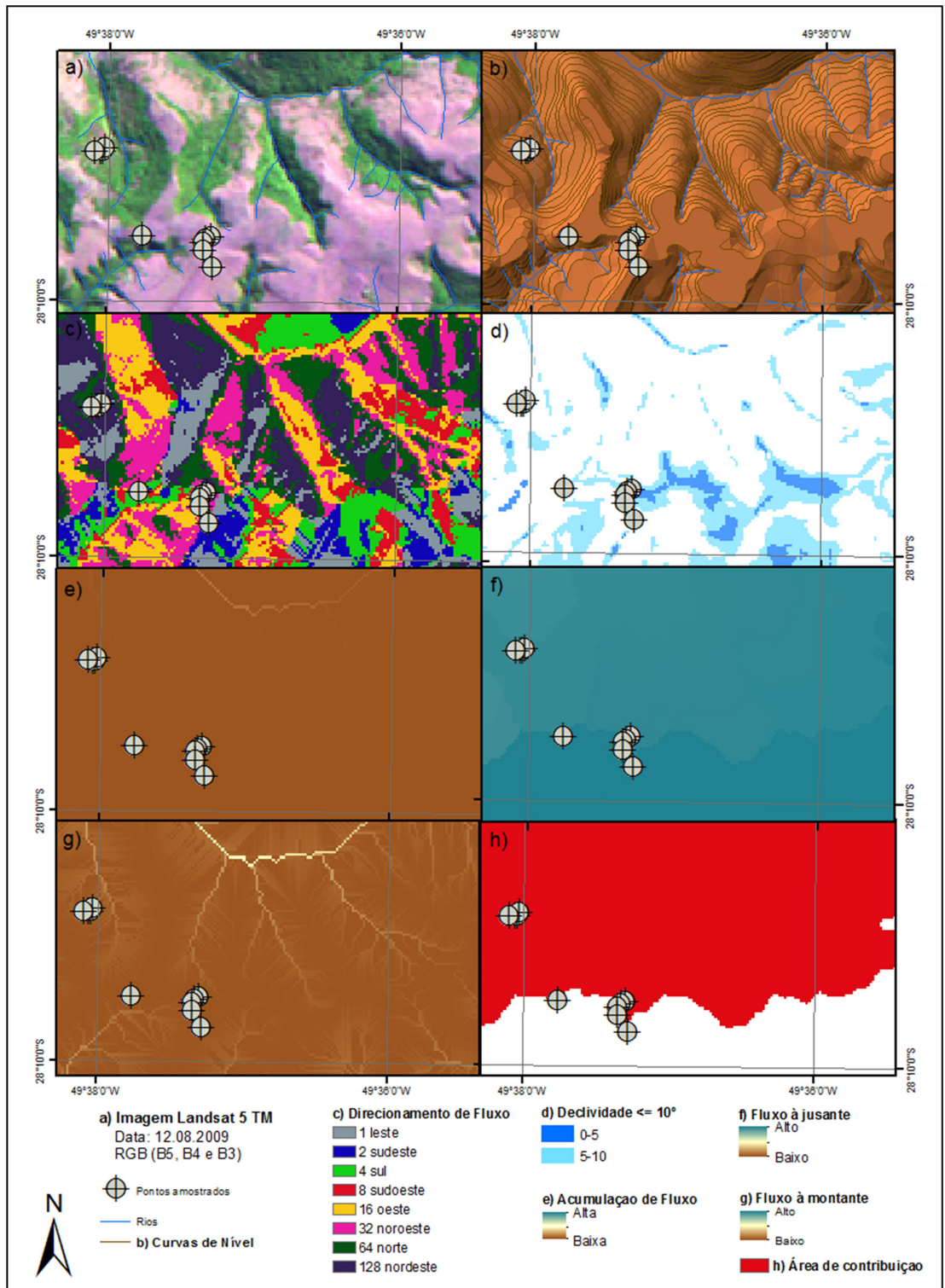


Figura 9. Detalhe de uma área mostrando a dinâmica hídrica e os pontos amostrados (legendas na própria figura).
Figure 9. Details of an area showing the hydric dynamic mapped and linked to the sample points (legends right in the figure).

Todos os demais são inegáveis registros de estepes. Apenas 36% desses pontos foram amostrados em áreas com declividade superior a 10°, resultantes, provavelmente, de fatores artificiais de represamento, como, por exemplo, a presença de estradas. No levantamento de campo, as variáveis comprimento do fluxo e declividade indicavam ser determinantes para a ocorrência de hidromorfia. No entanto, as áreas que apresentam solos mais profundos são associadas às áreas hidromórficas em locais com declividade inferior a 5°.

Da mesma forma, todas as variáveis hidrológicas se tornaram mais relacionadas à hidromorfia quando as mesmas referiam-se a áreas com declividades inferiores a 5°, onde o comprimento de fluxo relativo a cada ponto é superior a 400 m (Figura 11). Nota-se, porém, que a relação da declividade com a hidromorfia é constante, ou seja, não sofre influência com o comprimento do fluxo. Thompson et al., 2001 afirmam que as relações que envolvem gradientes de declividade podem estar relacionadas com a resolução do MDE. Apesar disso, é notável, na Figura 11, que a profundidade das áreas hidromórficas torna-se maior em áreas em que o comprimento de fluxo é maior do que 400 m. Qin et al. (2011) afirmam que o gradiente máximo à jusante influencia mais na concentração da drenagem local do que o gradiente de declividade local. Nessas áreas, a contribuição da encosta à montante aporta sedimentos nos abaciados e finais de rampa, resultando assim em pontos hidromórficos com profundidade elevada, muitas vezes superior a 1 metro, encontrados no levantamento de campo.

Analisando-se a partir das formas do relevo, as áreas hidromórficas têm, na área de estudo, sua gênese caracterizada pela localização e pela posição dos mesmos pontos na paisagem, e associadas aos relevos planos ou abaciados e/ou ao posicionamento no final de encostas com acúmulo permanente de água (Figura 12).

Nessas áreas, a caracterização de ambientes tipicamente anaeróbicos define a existência de espécies herbáceas hidrófilas ou, em casos de semi-hidromorfia, higrófilas [Scheer et al. (2011); Seger et al. (2005)]. Nessas situações, é excludente

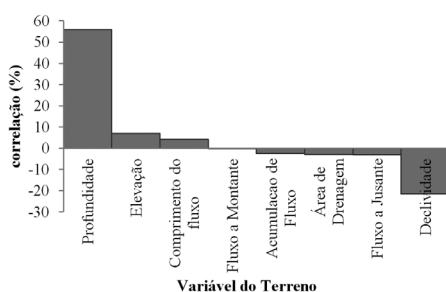


Figura 10. Correlações (%) entre a variável hidromorfia (analisada em campo) e variáveis de terreno em todos os comprimentos de fluxo.

Figure 10. Correlations (%) among the hydromorphy variable (analyzed *in situ*) and the terrain variable in all the flow lengths.

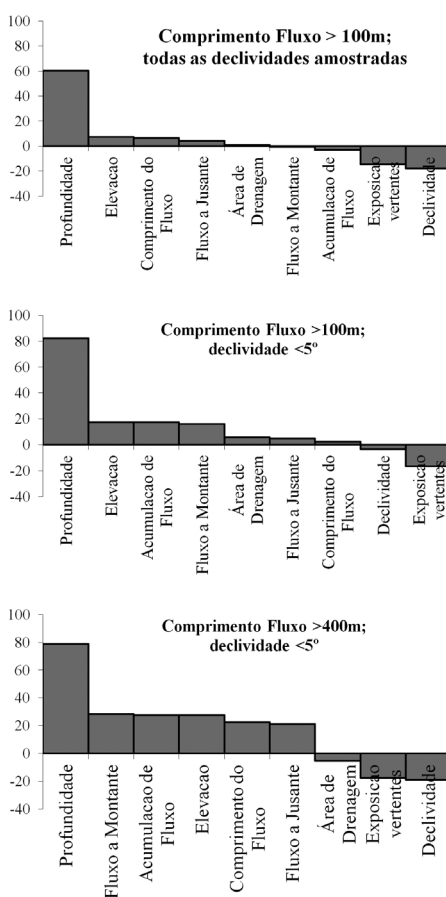


Figura 11. Correlação da hidromorfia com as demais variáveis do terreno, considerando o comprimento da encosta e a declividade: a) >100 m e todas as declividades; b) >100 m e declividade < 5°; c) >400 m e declividade < 5°.

Figure 11. Correlation of the hydromorphy with the other terrain variables, considering the slope length and the declivity : a) >100 m and all declivities; b) >100 m and declivity < 5°; c) 400 m and declivity < 5°.

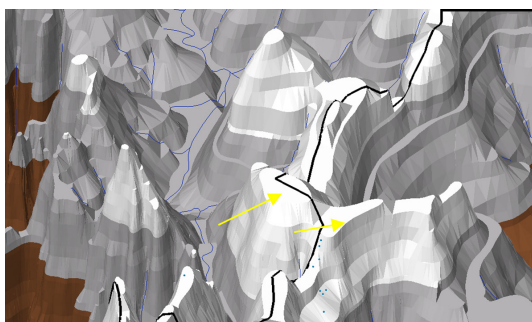


Figura 12. Relevo patamarizado, influência direta na ocorrência de hidromorfia.

Figure 12. Level sequences, straight influence in the occurrence of hydromorphic zones.

a presença de espécies arbóreas da Floresta Ombrófila Mista. Estas ocupam, quando presentes, as subjacências em que a umidade mais moderada não representa restrições à sua expansão natural. As condições de fertilidade e de pedregosidade não são fatores impeditivos à expansão das espécies arbóreas da Floresta Ombrófila Mista, como foi também afirmado por Puchalski et al. (2006). Essas áreas foram assim determinadas também em estudos realizados no Estado do Paraná, igualmente na zona da Floresta Ombrófila Mista, conforme Bardall (2002). A determinação exata das áreas úmidas que ofereçam tal restrição à expansão da Floresta com Araucária fica prejudicada no presente estudo pela escala de trabalho, causando a perda de detalhes, tais como pequenas ondulações do terreno (Thompson et al., 2001).

4. CONCLUSÕES

Para as condições em que o estudo foi realizado, é possível concluir que:

- As florestas poderiam estar presentes em praticamente toda a paisagem, já que os solos não hidromórficos são dominantes na região;
- A declividade é fator preponderante para a ocorrência da hidromorfia, não sendo afetada pelo comprimento da encosta à montante;
- Quanto maior for a encosta à montante maior será a profundidade e, provavelmente, a extensão

das áreas hidromórficas e a ocorrência de campos naturais;

- A escala em que foi desenvolvido este estudo foi um fator limitante, não permitindo a localização de zonas hidromórficas pequenas.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Albert Ludwigs-Universitaet, pela permanência de um ano no Instituto de Manejo da Paisagem; ao Parque Nacional de São Joaquim, pelo acompanhamento nos trabalhos de campo e por permitir a estadia na sede do Parque.

STATUS DA SUBMISSÃO

Recebido: 23/07/2012

Aceito: 03/08/2013

Publicado: 30/09/2013

AUTOR(ES) PARA CORRESPONDÊNCIA

Jorgeane Schaefer-Santos

Programa de Pós-graduação Engenharia Florestal, Departamento de Ciências Florestais, Universidade Federal do Paraná – UFPR, CEP 80060-000, Curitiba, PR, Brasil
e-mail: eng_jorgeane@yahoo.com.br

REFERÊNCIAS

- Bardall, M. L. *Aspectos Florísticos e fitossociológicos do componente arbóreo-arbustivo de uma floresta ombrófila mista aluvial-araucária*, PR. Curitiba: UFPR; 2002
- Behling H. South and southeast Brazilian grasslands during Late Quaternary times: a synthesis. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 2002; 177(1-2): 19-27. [http://dx.doi.org/10.1016/S0031-0182\(01\)00349-2](http://dx.doi.org/10.1016/S0031-0182(01)00349-2)
- Curcio GR. *Caracterização geomorfológica, pedológica e fitossociológica das planícies fluviais do Rio Iguaçu, Paraná, Brasil* [tese]. Curitiba: Universidade Federal do Paraná; 2006. 488 p.
- Embrapa. *Solos do estado de Santa Catarina*. Rio de Janeiro: Embrapa Solos; 2004. 721 p. (Embrapa Solos. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, n. 46).
- Embrapa. *Sistema Brasileiro de classificação de solos*. 2. ed. Brasília: Embrapa; 2006. 306 p.
- Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina - EPAGRI. *Mapoteca Topográfica Digital*

- de Santa Catarina. Epagri; 2004. Available from: www.ciram.epagri.sc.gov.br/mapoteca.
- Fundação SOS Mata Atlântica. *Mata Atlântica: biodiversidade, ameaças e perspectivas*. São Paulo: Fundação SOS Mata Atlântica; Belo Horizonte: Conservação Internacional, 2005.
- Greenlee DD. Raster and Vector Processing for Scanned Linework. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing* 1987; 53(10): 1383-1387.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. *Mapa de Vegetação do Brasil*. 3. ed. Rio de Janeiro: Diretoria de Geociências, IBGE; 2004. Mapa, 1:5.000.000.
- IRIARTE, J.; BEHLING, H. The expansion of 'Araucaria' forest in the southern Brazilian highlands during the last 4000 years and its implications for the development of the Taquara/Itararé Tradition. *Environmental Archaeology* 2007; 12: 115-127. 2007. <http://dx.doi.org/10.1179/174963107x226390>.
- Jenson SK, Domingue JO. Extracting Topographic Structure from Digital Elevation Data for Geographic Information System Analysis. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing* 1988; 54(11): 1593-1600.
- Klein RM. *Mapa fitogeográfico de Santa Catarina*. Itajaí: Herbário Barbosa Rodrigues; 1978. 24 p.
- Koch Z, Corrêa MC. *Araucária: a floresta do Brasil meridional*. Tradução de Peggy Paciornick Distéfano. Ilustração de Têre Zagonel. Curitiba: Olhar Brasileiro; 2002. 148 p.
- Lang S, Blaschke T. *Análise da Paisagem com SIG*. Tradução de Hermann Kux. São Paulo: Oficina de Textos; 2009. 424 p.
- Leite PF, Klein RM. Vegetação. In: Mesquita OV, editor. *Geografia do Brasil: Região Sul*. Rio de Janeiro: IBGE; 1990. v. 1-2, p. 429.
- Puchalski Â, Mantovani M, Reis MS. Variação em populações naturais de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Kuntze associada a condições edafo-climáticas. *Scientia Forestalis* 2006; 70:137-148.
- Qin C-Z, Zhu A-X, Pei T, Li B-L, Scholten T, Behrens T, Zhou C-H. An approach to computing topographic wetness index based on maximum downslope gradient. *Precision Agriculture* 2011; 12:32-43. <http://dx.doi.org/10.1007/s11119-009-9152-y>
- Roderjan CV, Galvão F, Kuniyoshi YS, Hatschbach GG. As unidades fitogeográficas do estado do Paraná. *Ciência & Ambiente* 2002; (24):75-92.
- Sampaio AJ. *Fitogeografia do Brasil*. 3. ed. São Paulo: Companhia Editoria Nacional; 1945. *Coleção Brasileira*, série 5ª, v. 35.
- Santa Catarina (Estado). Gabinete de Planejamento e Coordenação Geral. Subchefia de Estatística, Geografia e Informática. *Atlas de Santa Catarina*. Rio de Janeiro: Aerofoto Cruzeiro; 1986. 173 p.
- Scheer MB, Curcio GR, Roderjan CV. Environmental functionalities of upper montane soils in Serra da Igreja, southern Brazil. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 2011; 35(4):1013-1026. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832011000400005>
- Scheibe LF. A geologia de Santa Catarina: sinopse provisória. *Geosul* 1986; 1(1): 7-38.
- Seger CD, Dlugosz FL, Kurasz G, Martinez DT, Ronconi E, Melo LAN, et al. Levantamento Florístico e Análise Fitossociológica de um Remanescente de Floresta Ombrófila Mista localizado no município de Pinhais, Paraná-Brasil. *Floresta* 2005; 35(2).
- Tarboton DG, Bras RL, Rodriguez-Iturbe I. On the Extraction of Channel Networks from Digital Elevation Data. *Hydrological Processes* 1991; 5: 81-100. <http://dx.doi.org/10.1002/hyp.3360050107>
- Thompson GR, Turk J. *Introduction to Physical Geology*. 2nd ed. Saunders Golden Sunburst Series. Fort Worth: Saunders College Pub, 1998. 398 p.
- Thompson JA, Bell JC, Butler CA. Digital elevation model resolution: effects on terrain attribute calculation and quantitative soil-landscape modeling. *Geoderma* 2001; 100(1-2): 67-89. [http://dx.doi.org/10.1016/S0016-7061\(00\)00081-1](http://dx.doi.org/10.1016/S0016-7061(00)00081-1)