

Relações entre qualidade da água e uso e cobertura do solo em múltiplas escalas espaciais na bacia do Rio Pandeiros, Minas Gerais

João Pedro dos Santos*
Isabela Martins**
Marcos Callisto***
Diego Rodrigues Macedo****

* Geógrafo (UFMG).

** Bióloga (UFMG). Mestre em Ecologia, Conservação e Manejo da Vida Silvestre (UFMG). Doutoranda em Ecologia, Conservação e Manejo da Vida Silvestre (UFMG).

*** Biólogo (UFRJ). Mestre em Ecologia (UFRJ). Doutor em Ciências Biológicas (UFRJ). Professor da UFMG.

**** Geógrafo (UFMG). Mestre em Geografia (UFMG). Doutor em Ecologia, Conservação e Manejo da Vida Silvestre (UFMG). Professor da UFMG.

Resumo Ecossistemas aquáticos continentais sofrem influência direta de pressões antrópicas que podem ser quantificadas através do mapeamento do uso e cobertura do solo. O objetivo deste estudo foi avaliar a relação entre o uso e cobertura do solo e a qualidade de água em uma bacia hidrográfica legalmente protegida: a bacia do rio Pandeiros, Minas Gerais. O levantamento de qualidade de água foi realizado em 40 sítios de amostragem balanceada e aleatoriamente distribuídos. Através de imagens de satélite foi avaliado o uso e cobertura do solo em três escalas espaciais: sub-bacia, ripário e local. Os resultados mostraram que a bacia possui em média de 85%-95% de cobertura vegetal íntegra em todas as escalas espaciais avaliadas, e que os parâmetros de qualidade de água estão dentro dos limites de classe 1, segundo a resolução Conama 357/2005. A correlação entre as classes de uso e cobertura do solo e variáveis de qualidade de água foram baixas em todas as escalas avaliadas, e acredita-se que isto deva-se à baixa variabilidade nas porcentagens das classes de uso e cobertura do solo na bacia.

Palavras-chave: Unidade de conservação, qualidade da água, SIG.

1. Introdução

Os ecossistemas aquáticos continentais, embora constituam apenas 0,8% da superfície terrestre, fornecem recursos substantivos para a sociedade humana, além de desempenharem importante papel na manutenção de comunidades aquáticas (Strayer e Dudgeon 2010). Estudar os processos de degradação é especialmente importante para estes ambientes, visto que estão entre os ecossistemas mais ameaçados em escala global (Dudgeon et al. 2006).

O uso e cobertura do solo nas áreas de entorno possui estreita ligação com a qualidade da água. Usos antropogênicos como a urbanização e atividades agrícolas, diminuem a cobertura de vegetação nativa, inclusive em zonas ripárias, o que causa a degradação de habitats, o aumento de taxas de sedimentação, alterações hidrológicas, oscilações na temperatura da água e aumento na disponibilidade de nutrientes em ecossistemas aquáticos (Nerbonne e Vondracek 2001). Neste sentido, alguns estudos procuram relacionar o mapeamento do uso e ocupação dos solos em várias escalas espaciais com a qualidade da água

(Sliva e Dudley Williams 2001; Marzin et al. 2013; Oliveira et al. 2016). No geral, estes estudos foram conduzidos em áreas com a presença de um gradiente de transformações no uso e cobertura do solo, apresentando áreas urbanas, mineração, áreas agrícolas, pastagens e vegetação natural em diversas proporções. No entanto, estas relações não foram testadas em áreas com predomínio de vegetação natural (> 80%), levantando dúvidas se em áreas preservadas é possível detectar relações estatísticas diretas entre uso e cobertura do solo e qualidade de água, devido à ausência de variabilidade nas variáveis explanatórias.

Estudos conduzidos em áreas minimamente impactadas apresentam valores de parâmetros físicos e químicos típicos de água em boa qualidade (p.ex. baixas concentrações de nutrientes, Martins et al. 2017 e Stoddard et al. 2006), dentro de padrões de qualidade que permitem a manutenção do equilíbrio das comunidades aquáticas, além do consumo humano após tratamento simples. Na expectativa de conservar ou preservar áreas com estas características, unidades de conservação ambiental são uma estratégia globalmente utilizada (Gaston et al. 2002).

O objetivo deste trabalho é avaliar a relação entre o uso e cobertura do solo e qualidade de água em uma bacia hidrográfica legalmente protegida: a bacia do rio Pandeiros, MG. As hipóteses de trabalho são: (1) Uma bacia hidrográfica legalmente protegida com predomínio de vegetação natural (>80%) apresenta qualidade de água dentro dos padrões de classe 1 estabelecidos pela legislação ambiental (Conama 357/2005) e; (2) A ausência de variabilidade entre áreas com alta e baixa proporção de cobertura vegetal não possibilitam a identificação de relações estatísticas entre o uso e cobertura do solo e parâmetros físicos e químicos de qualidade de água.

2. Materiais e métodos

Área de estudo

A bacia hidrográfica do Rio Pandeiros está localizada entre os paralelos 15°00' e 15°40' de latitude sul e os meridianos 44°30' e 45°30' de longitude oeste, numa área de drenagem de 4.339 km² (Figura 1). Encontra-se em uma região na qual observa-se a transição de ambientes de Cerrado a Caatinga, em um gradiente que se desenvolve no sentido sudeste/nordeste, com predominância de planaltos tabulares, gerados a partir de litotipos sedimentares, e extensas depressões originadas por processos de erosão e deposição

sedimentar. O solo é, majoritariamente, bem drenado, distrófico, com pH ácido, baixas concentrações de cálcio e magnésio disponíveis e alta concentração de alumínio trocável (IGAM 2014).

A região alagada e as veredas do rio Pandeiros estão entre as áreas prioritárias para conservação no bioma Cerrado, sendo também considerada de Importância Biológica Especial por constituir-se em ambiente único, além de exibir alta riqueza de espécies (Drummond et al., 2005). A maior parte de seu território (85,7%) compõe a Área de Proteção Ambiental da bacia do rio Pandeiros (3.719,2 km²), criada pela Lei Estadual nº 11.901/1995, cuja região pantanosa foi declarada pelo Decreto Estadual nº 43.910/2004 Refúgio Estadual da Vida Silvestre do Rio Pandeiros (61 km²), ambos sem plano de manejo e conselho gestor até esta data (IGAM 2014).

Para este estudo, foram definidos 40 sítios amostrais conforme metodologia proposta pelo US-EMAP West Wadeable Stream (Olsen e Peck, 2008) e adaptada por Macedo et al. (2014a). A malha hidrográfica foi avaliada segundo a classificação de Strahler, com base no Mapeamento Sistemático Brasileiro (escala 1:100.000). Devido às características deste mapeamento e às condições climáticas na região, os canais de 1ª e 2ª ordem são intermitentes e, neste sentido, a malha amostral se concentrou em canais de 3ª a 5ª ordens a uma distância mínima de 1 km entre eles (Figura 1).

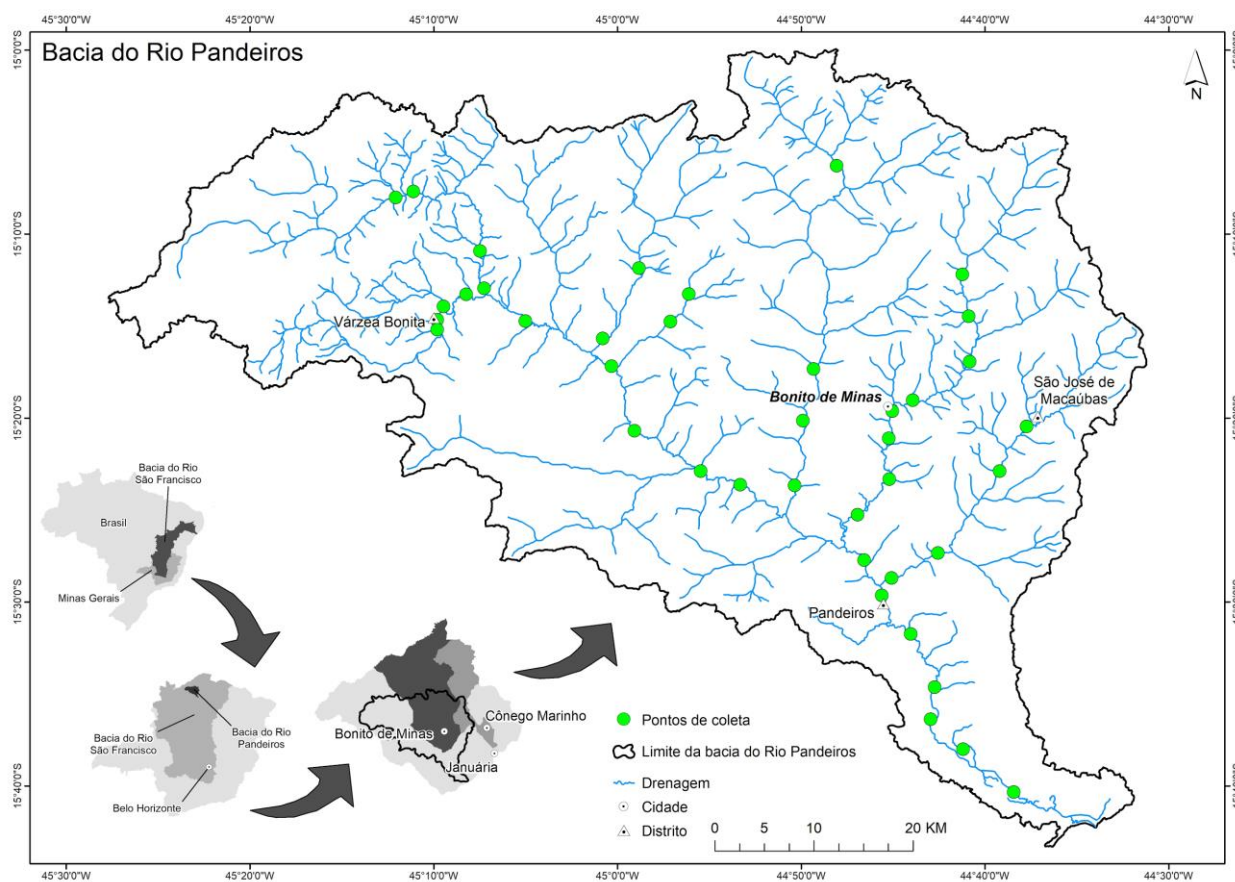


Figura 1: Localização dos pontos de amostragem na bacia do rio Pandeiros.
Fonte: Elaboração própria a partir de bases vetoriais do IBGE e IGAM.

Levantamento de dados

A abordagem metodológica deste trabalho utilizou dados de uso e cobertura do solo extraídos de imagens de satélite,

em conjunto com dados de qualidade de água coletados em campo (Figura 2).

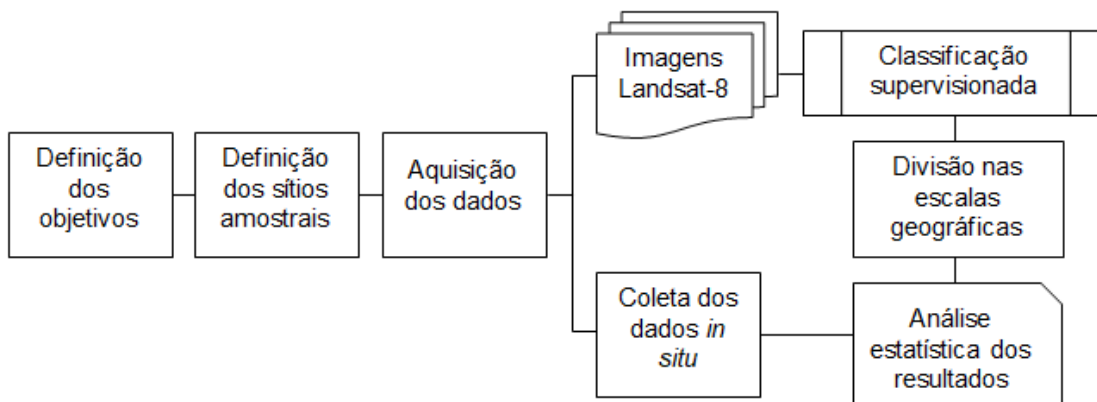


Figura 2: Fluxograma de atividades.
Fonte: Elaboração própria.

Levantamento do uso e cobertura do solo

Para mapeamento da cobertura do solo foi realizada a classificação supervisionada de imagens digitais. Nessa técnica são atribuídas classes temáticas aos *pixels* contidos nas imagens de satélite. Na execução do processamento, padrões espectrais de semelhança são reconhecidos, criando padrões homogêneos aos quais diferentes classes de uso e cobertura do solo são associados (Jensen, 2006).

As imagens utilizadas neste trabalho são provenientes do satélite Landsat-8, sensor OLI, cena da órbita ponto 219/71 e 219/70, para o ano de 2016, disponibilizadas pelo INPE (<http://www.dgi.inpe.br>). Imagens do satélite Landsat são do tipo multiespectral, de média resolução espacial, e largamente utilizadas em mapeamentos de uso e cobertura do solo ao redor do mundo (Jensen, 2006). Para este trabalho as bandas utilizadas foram: Banda 4 (vermelho), Banda 5

(infravermelho próximo) e Banda 6 (infravermelho médio). As imagens possuem resolução espacial de 30m e 16 bits de resolução radiométrica.

O método de classificação utilizado foi o de segmentação de imagens, baseado em um classificador que utiliza valores de *pixels* vizinhos mais próximos por padrão. No treinamento, foram consideradas as seguintes classes: vegetação natural (savana florestada, savana parque, vereda), áreas urbanas, áreas agrícolas e pastagens.

Após a classificação, os dados de uso e cobertura solo foram divididos nas escalas geográficas sugeridas por Morley e Karr (2002): 1) sub-bacia: toda a área de drenagem a montante do trecho amostrado, 2) ripária: *buffer* ripário de 200 metros a montante do trecho amostrado e 3) local: *buffer* local, 200 metros até 1 km a montante do trecho estudado (Figura 3).

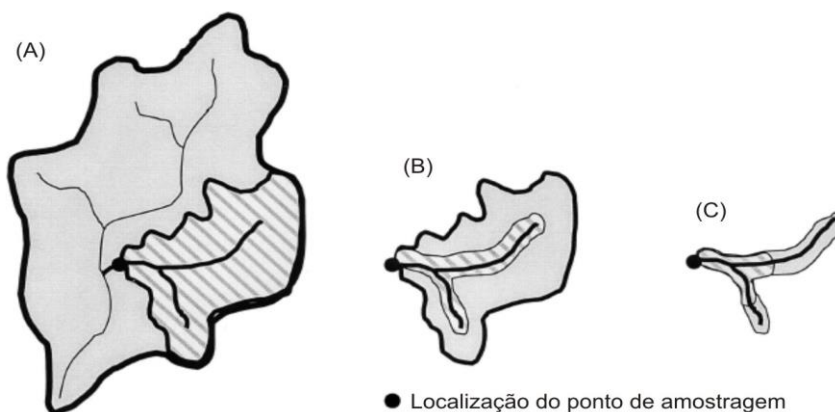


Figura 3: Escalas geográficas sugeridas por Morley e Karr (2002) e utilizadas neste estudo.
Fonte: Elaboração própria.

Levantamento de parâmetros químicos e físicos de qualidade de água

Em cada ponto de amostragem as variáveis abióticas condutividade elétrica, potencial hidrogeniônico, turbidez e sólidos totais dissolvidos foram determinadas *in situ*, utilizando uma sonda multiparâmetro (YSI - 10 - Yellow Springs, Ohio). No laboratório foram determinadas as concentrações de oxigênio dissolvido, fósforo total, nitrogênio total e clorofila-*a* através do *Standard methods for the examination of water and wastewater* (APHA, 2005).

Análise de dados

Os dados de uso e cobertura do solo nos 40 pontos e nas 3 escalas espaciais foram agrupados em 4 classes: % agricultura, % de pastagem, % área urbana e % de vegetação natural. Estas classes foram testadas em relação às médias e intervalos de confiança, com o objetivo de identificar o grau de preservação geral da bacia nas múltiplas escalas espaciais.

Os dados de qualidade de água foram analisados através de inspeção visual em relação aos limites de qualidade

estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/2005 (Brasil 2005), que estabelece os critérios de classificação e usos de corpos de água no Brasil.

Para a análise das relações entre uso e cobertura do solo nas três escalas espaciais e dos parâmetros de qualidade de água, foi calculada a correlação de Pearson. Para normalizar as variáveis, os dados de uso e cobertura do solo foram transformados em arco-seno raiz quadrada e os dados de qualidade de água em escala logarítmica ($\log_{(10)+1}$), quando necessário.

3. Resultados

No geral, a bacia do rio Pandeiros possui elevada proporção de vegetação natural nas 3 escalas espaciais analisadas (Figura 4). As comparações entre as escalas espaciais mostram que, majoritariamente, as áreas nas margens dos cursos d'água (escala ripária) e próximo aos pontos de coleta (escala local) apresentam mais de 95% de cobertura vegetal, em média. Além disso, mais de 80% das sub-bacias dos pontos de amostragem possuem mais de 85% de cobertura vegetal, em média.

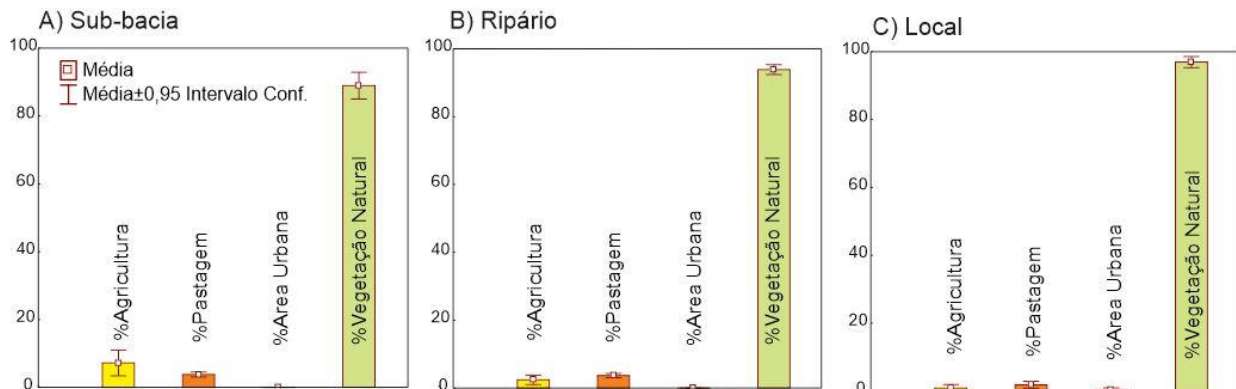


Figura 4: Resultados do mapeamento do uso e cobertura do solo (média e intervalo de confiança) agrupados nas 3 escalas espaciais: (A) Sub-bacia, (B) Ripário (*buffer* de 200 metros) e (C) Local (*buffer* de 200 metros até 1 km a montante).

Fonte: Elaboração própria.

Em relação aos parâmetros de qualidade de água, a maior parte dos pontos apresentaram valores especificados dentro da classe 1 da legislação ambiental brasileira (Figura 5). Segundo a Resolução Conama 357/2005, as águas dentro desta classificação podem ser utilizadas para abastecimento e consumo humano após tratamento simplificado; à proteção das comunidades aquáticas; à recreação de contato primário;

à irrigação de frutas e hortaliças, que são consumidas cruas e sem remoção de película ou casca pelas comunidades próximas. Os resultados para os parâmetros fósforo total, nitrogênio total, clorofila-*a*, turbidez e sólidos totais e dissolvidos estão abaixo dos limites da classe 1 em todos os sítios analisados.

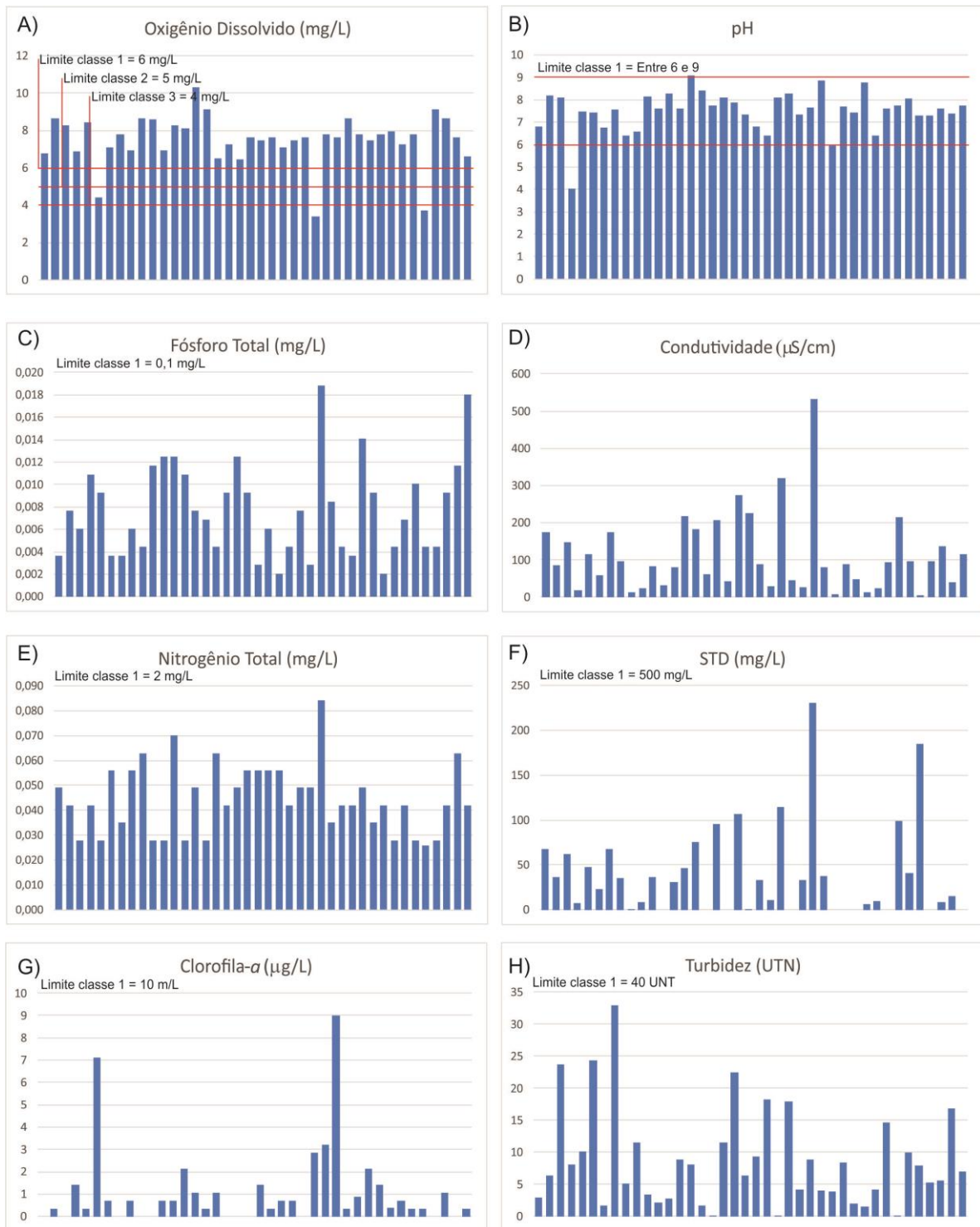


Figura 5: Valores aferidos em 40 sítios amostrais na bacia do rio Pandeiros em relação aos limites presentes na legislação ambiental: (A) oxigênio dissolvido; (B) pH; (C) fósforo total; (D) condutividade elétrica; (E) nitrogênio total; (G) clorofila-*a*; (H) turbidez.

Fonte: Elaboração própria.

A baixa variabilidade dos valores das classes de uso e cobertura do solo não permitiu identificar altos valores de correlação estatística com os parâmetros de qualidade de água (Tabela 1). Em relação às múltiplas escalas espaciais analisadas, a escala local não apresentou nenhum valor de correlação significativo entre as classes de uso e cobertura do

solo e os parâmetros de qualidade de água avaliados. Em relação às escalas de sub-bacia e ripária, os parâmetros oxigênio dissolvido e turbidez apresentaram correlações superiores à escala ripária, enquanto nitrogênio total, condutividade e pH apresentaram maiores correlações na escala de sub-bacias.

| Escala | Classes | pH | Cond. | Log STD | Turbidez | OD | NT | PT | Log Clorofila-a |
|---------|---------------------|--------------|-------|---------------|--------------|--------------|---------------|-------|-----------------|
| Bacia | % Agricultura | 0,12 | 0,03 | 0,35* | 0,34* | -0,06 | -0,02 | -0,26 | 0,08 |
| | % Pastagem | 0,22 | -0,03 | 0,20 | -0,12 | 0,33* | -0,29 | -0,04 | -0,24 |
| | % Área Urbana | 0,38* | -0,21 | -0,09 | 0,15 | 0,17 | -0,16 | 0,29 | -0,25 |
| | % Vegetação Natural | -0,13 | -0,02 | -0,35* | -0,30 | 0,01 | 0,07 | 0,24 | -0,03 |
| Ripário | % Agricultura | 0,16 | -0,03 | 0,06 | 0,48* | 0,05 | -0,07 | -0,22 | 0,11 |
| | % Pastagem | 0,08 | -0,20 | -0,07 | -0,29 | 0,48* | -0,32* | -0,09 | -0,21 |
| | % Área Urbana | 0,33* | -0,12 | -0,16 | 0,08 | 0,27 | -0,08 | 0,25 | -0,22 |
| | % Vegetação Natural | -0,08 | 0,14 | -0,02 | -0,27 | -0,18 | 0,15 | 0,28 | -0,05 |
| Local | % Agricultura | -0,04 | 0,04 | -0,05 | -0,03 | -0,02 | 0,13 | 0,03 | -0,07 |
| | % Pastagem | -0,08 | -0,13 | 0,02 | 0,01 | -0,18 | 0,19 | -0,07 | 0,25 |
| | % Área Urbana | -0,01 | -0,05 | 0,07 | 0,11 | 0,01 | 0,20 | 0,14 | -0,15 |
| | % Vegetação Natural | 0,06 | 0,07 | -0,02 | -0,01 | 0,15 | -0,24 | 0,05 | -0,12 |

* $p < 0,05$

Tabela 1: Correlação entre o uso e cobertura do solo em múltiplas escalas espaciais e os parâmetros de qualidade de água na bacia do rio Pandeiros. Cond: condutividade elétrica LogSTD: log (10) de sólidos totais dissolvidos; OD: oxigênio dissolvido; NT: nitrogênio total; PT fósforo total.

Fonte: Elaboração própria.

5. Discussão

Os resultados apresentados apontam a bacia do rio Pandeiros como uma importante área preservada dentro da bacia do rio São Francisco, corroborando a sua importância como área prioritária de Importância Biológica Especial (Drummond et al., 2005).

A bacia do rio Pandeiros é uma Unidade de Conservação enquadrada no grupo de Uso Sustentável, na categoria Área de Proteção Ambiental e, também, identificada como uma Unidade de Refúgio de Vida Silvestre do Rio Pandeiros. Consoante a isso, o limite da APA é o praticamente o mesmo limite conferido à bacia hidrográfica, o que ajuda a promover uma análise da paisagem de forma sistêmica (Omernik et al., 2017). Neste aspecto, são raras as unidades de conservação que possuem os limites definidos pelas bacias hidrográficas, visto que as estratégias de conservação são focadas sobretudo nas espécies terrestres, como primatas e outras espécies bandeira (Mittermeier et al., 2005). Desta maneira, áreas de preservação desenhadas em torno da hidrografia permitem a recarga natural de reservatórios, aquíferos e cursos d'água. Além disso, a proteção dessas áreas pode garantir o funcionamento das relações ecológicas entre fauna, flora e os aspectos físicos da paisagem, que também auxiliam no controle de qualidade de água.

Em relação aos parâmetros de qualidade de água, a concentração de oxigênio dissolvido é muito importante para manutenção da biota aquática, e a maior parte dos sítios amostrais apresentaram concentrações acima de 6 mg/L. Os demais parâmetros também atestam águas com baixa concentração de nutrientes e baixas concentrações de

materiais dissolvidos e em suspensão (Braga et al., 2002). No entanto, o monitoramento de parâmetros físicos e químicos de água reflete a condição de momento do curso d'água, e são mais susceptíveis a variações em relação ao monitoramento biológico (Bonada et al., 2006). Neste sentido, o estudo conduzido por Rezende et al. (2012), também na bacia do rio Pandeiros, verificou que a conservação da vegetação natural influenciou positivamente as comunidades de macroinvertebrados bentônicos bioindicadoras de qualidade ambiental.

Em relação às escalas espaciais, nossos resultados corroboram os estudos de Sliva e Dudley Williams (2001), que, através de dados secundários de bases governamentais, verificaram que a influência do uso e cobertura sobre a qualidade da água foi ligeiramente maior na escala de bacia em relação ao *buffer* ripário. Outros resultados também indicaram uma maior influência da sub-bacia em relação ao *buffer* ripário sobre a carga de nutrientes (Marzin et al., 2013; Oliveira et al., 2016), sugerindo que as fontes de interferência estão mais distantes dos cursos d'água.

Ainda assim, é notório o papel da vegetação ripária na proteção das margens, como demonstrado pela relação entre turbidez e porcentagem de área agrícola que é superior no *buffer* ripário (Tabela 1). Concordante a isso, Oliveira et al. (2016) verificaram que áreas sob maior influência antropogênica tendem a provocar distúrbios à biota aquática, sendo que a vegetação ripária, por outro lado, pode garantir maior riqueza na distribuição de fauna na hidrografia do cerrado. Em pesquisa realizada na porção alta da bacia do rio São Francisco, na sub-bacia do rio das Velhas, Maillard e Santos (2008) identificaram que alguns elementos de qualidade de água, como turbidez, coliformes fecais,

nitrogênio e fósforo, foram inibidos pela vegetação da zona ripária nos cursos d'água estudados. Segundo os autores, esse resultado foi consistente em todas as estações amostrais mesmo variando na topologia, litologia, uso e cobertura do solo e clima.

A partir dos resultados encontrados, a bacia do rio Pandeiros pode ser identificada como área condicionada a baixo distúrbio antrópico, como proposto por Stoddard et al. (2006). A baixa correlação estatística entre a qualidade de água e o uso e cobertura do solo, não contradiz este resultado. No geral, estudos cujo objetivo são encontrar relações causa-efeito entre pressões antrópicas e respostas ambientais (bióticas ou abióticas) eliminam variáveis com pouca variabilidade devido à baixa capacidade de explicação de uma relação linear (p.ex. Klemm et al. 2003; Macedo et al. 2014b; Silva et al. 2017). No entanto, neste estudo o resultado mais importante é que a bacia do rio Pandeiros possui alta porcentagem de cobertura natural (> 80%) e padrões de boa qualidade de água segundo a legislação ambiental brasileira.

6. Considerações Finais

Entre as escalas de análise utilizadas (sub-bacia, ripário e local) a zona ripária foi a que apresentou maiores valores de correlação entre a cobertura superficial e a qualidade de água. Isso mostra a importância da preservação da vegetação próxima aos cursos d'água. Nossos resultados comprovam a hipótese 1, visto que no geral a bacia do rio Pandeiros possui elevada proporção de vegetação natural e apresenta boa qualidade de água. A hipótese 2 também foi corroborada, visto que a baixa variabilidade nos valores das classes de usos e cobertura do solo não apresentam um gradiente, e esta ausência de gradiente não reflete em uma relação linear entre o uso e cobertura do solo e a qualidade de água em nível estatístico.

A partir da Lei Estadual 11.901 de 1995 a bacia do rio Pandeiros tornou-se uma Área de Proteção Ambiental (APA). Isso significa que algumas atividades nocivas ao meio ambiente são proibidas devido às restrições relativas à essa unidade de conservação. Isso pode ajudar a explicar a alta ocorrência de vegetação natural na área em estudo, bem como, a boa qualidade de água na bacia do rio Pandeiros.

Os resultados deste trabalho evidenciaram a importância da manutenção da vegetação natural como agente de conservação de qualidade das águas. Dessa forma, é necessária atenção à preservação de outras áreas no cerrado, considerado um *hotspot* de biodiversidade, que vem sofrendo com a degradação ambiental.

Em trabalhos futuros, pretende-se a integração destes dados com o levantamento da biota aquática (peixes e macroinvertebrados bentônicos), além da incorporação de dados de habitats físicos fluviais. Com intuito de ampliar o conhecimento sobre a área, pretende-se ainda, realizar mapeamentos do uso e cobertura do solo da região utilizando imagens com datas anteriores às aqui utilizadas.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho obteve financiamento da Companhia Energética de Minas Gerais (CEMIG) através da linha de pesquisa “Sustentabilidade da Bacia do Rio Pandeiros” (Projeto APQ-01961-15), Fundação de Amparo à Pesquisa de Minas Gerais (FAPEMIG), Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES). Colegas da UFMG e UFLA auxiliaram no levantamento dos dados de campo. DRM possui auxílio PRPq/UFMG (ADRC – 05/2006) e CNPq (402907/2016-7). MC possui bolsa de Produtividade CNPq (303380/2015-2) e FAPEMIG (PPM-IX – 00525-15).

REFERÊNCIAS

- [APHA] American Public Health Association. 2005. *Standard methods for the examination of water and wastewater*. Washington DC: American Public Health Association.
- Bonada N, Prat N, Resh VH, Statzner B. 2006. Developments in aquatic insect biomonitoring: a comparative analysis of recent approaches. *Annual Review of Entomology* **51**: 495–523. <http://dx.doi.org/10.1146/annurev.ento.51.110104.151124>
- Braga B, Hespanhol I, Conejo JGL, Barros, MTL, Spencer M, Porto M, Nucci N, Juliano N, Eiger S. 2002. *Introdução à Engenharia Ambiental*. São Paulo: Prentice Hall.
- Brasil. 2005. Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente nº357 de 18 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Ministério do Meio Ambiente, Brasília, DF. [online] URL: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459>
- Drummond G, Martins CS, Machado, ABM, Sebaio F, Antonini Y. 2005. *Biodiversidade em Minas Gerais: um Atlas para sua conservação*. Belo Horizonte: Fundação Biodiversitas.
- Dudgeon D, Arthington AH, Gessner MO, Kawabata ZI, Knowler DJ, Lévêque C, Naiman RJ, Prieur-Richard, AH, Soto D, Stiassny MLJ, Sullivan CA. 2006. Freshwater biodiversity: importance, threats, status and conservation challenges. *Biological Reviews of the Cambridge Philosophical Society* **81**: 163–82. <http://dx.doi.org/10.1017/S1464793105006950>
- Gaston, KJ, Pressey, RL, Margules CR. 2002. Persistence and vulnerability: Retaining biodiversity in the landscape and in protected areas. *Journal of Biosciences* **27**: 361–384.

<http://dx.doi.org/10.1007/BF02704966>

IGAM - Instituto Mineiro de Gestão das Águas. 2014. Plano Diretor de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Pandeiros – SF9. SEMAD, Belo Horizonte, Brasil. [online] URL: <http://portalinfohidro.igam.mg.gov.br/planos-diretores/bacia-hidrografica-do-rio-sao-francisco/8224-upgrhsf9rio-pandeiros>

Jensen JR. 2006. *Remote Sensing of the Environment: An Earth Resource Perspective*. New Jersey: Prentice Hall.

Klemm DJ, Blocksom KA, Fulk FA, Herlihy AT, Hughes RM, Kaufmann PR, Peck DV, Stoddard JL, Thoeny WT, Griffith MB, Davis WS, 2003. Development and evaluation of a macroinvertebrate biotic integrity index (MBII) for regionally assessing Mid-Atlantic Highlands Streams. *Environmental Management* **31**: 656-69. <http://dx.doi.org/10.1007/s00267-002-2945-7>

Macedo DR, Hughes RM, Ligeiro R, Ferreira WR, Castro MA, Junqueira NT, Oliveira DR, Firmiano KR, Kaufmann PR, Pompeu PS, Callisto M. 2014b. The relative influence of catchment and site variables on fish and macroinvertebrate richness in Cerrado biome streams. *Landscape Ecology* **29**: 1001-1016. <http://dx.doi.org/10.1007/s10980-014-0036-9>

Macedo DR, Pompeu PS, Morais L, Castro MA, Alves CBM, França, JS, Sanches BO, Agra JUM, Callisto M. 2014a. Sampling site selection, land use and cover, field reconnaissance, and sampling. In: Callisto M, Hughes RM, Lopes JM, Castro MA. (Eds.) *Ecological Conditions in Hydropower Basins*. Belo Horizonte: Companhia Energética de Minas Gerais, 61–83. [online] URL: http://www.cemig.com.br/pt-br/A_Cemig_e_o_Futuro/sustentabilidade/nossos_programas/ambientais/peixe_vivo/Documents/Ecological_Conditions_in_Hydropower_Basins.pdf

Maillard P, Santos NAP. 2008. A spatial-statistical approach for modeling the effect of non-point source pollution on different water quality parameters in the Velhas river watershed-Brazil. *Journal of Environmental Management* **86**: 158-70. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jenvman.2006.12.009>

Martins IS, Ligeiro R, Hughes RM, Macedo DR, Callisto M. 2017. Regionalisation is key to establishing reference conditions for neotropical savanna streams. *Marine and Freshwater Research* **69** (1): 82-84. <http://dx.doi.org/10.1071/MF16381>

Marzin A, Verdonschot PFM, Pont D. 2013. The relative influence of catchment, riparian corridor, and reach-scale anthropogenic pressures on fish and macroinvertebrate assemblages in French rivers. *Hydrobiologia* **704** (1): 375-388. <http://dx.doi.org/10.1007/s10750-012-1254-2>

Mittermeier RA, Fonseca GAB, Rylands AB, Brandon K. 2005. Uma breve história da conservação da biodiversidade no Brasil. *Megadiversidade* **1**: 14–21.

Morley SA, Karr JR. 2002. Assessing and restoring the health of urban streams in the Puget Sound basin. *Conservation Biology* **16**: 1498–1509. <http://dx.doi.org/10.1046/j.1523-1739.2002.01067.x>

Nerbonne BA, Vondracek B. 2001. Effects of local land use on physical habitat, benthic macroinvertebrates, and fish in the Whitewater River, Minnesota, USA. *Environmental Management* **28**: 87–99. <http://dx.doi.org/10.1007/s002670010209>

Oliveira LM, Maillard P, Andrade PÉJ. 2016. Modeling the effect of land use/land cover on nitrogen, phosphorous and dissolved oxygen loads in the Velhas River using the concept of exclusive contribution area. *Environmental Monitoring and Assessment* **188** (333). <http://dx.doi.org/10.1007/s10661-016-5323-2>

Olsen AR, Peck DV. 2008. Survey design and extent estimates for the Wadeable Streams Assessment. *Journal of the North American Benthological Society* **27**: 822–836. <http://dx.doi.org/10.1899/08-050.1>

Omernik JM, Griffith GE, Hughes RM, Glover JB, Weber MH. 2017. How misapplication of the hydrologic unit framework diminishes the meaning of watersheds. *Environmental Management* **60**: 1-11. <http://dx.doi.org/10.1007/s00267-017-0854-z>

Rezende RS, Gonçalves JFF, Santos AM, Macedo DR. 2012. Land use in a Brazilian Savanna watershed. In: Bilibio, C, Hensel O, Selbach J. (Eds.), *Sustainable Water Management in the Tropics and Subtropics - and Case Studies in Brazil*. Fundação Universidade Federal do Pampa, UNIKASSE & PGCult-UFMA, Jaguarão, Brasil, 1459–1479.

Silva DRO, Herlihy AT, Hughes RM, Callisto M. 2017. An improved macroinvertebrate multimetric index for the assessment of wadeable streams in the neotropical savanna. *Ecological Indicators* **81**: 514–525. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolind.2017.06.017>

Sliva L, Dudley DW. 2001. Buffer zone versus whole catchment approaches to studying land use impact on river water quality. *Water Research* **35**: 3462–3472. [http://dx.doi.org/10.1016/S0043-1354\(01\)00062-8](http://dx.doi.org/10.1016/S0043-1354(01)00062-8)

Stoddard JL, Larsen DP, Hawkins CP, Johnson RK, Norris RH. 2006. Setting expectations for the ecological condition of streams: the concept of reference condition. *Ecological Applications* **16** (1): 1267-1276.

Strayer DL, Dudgeon D. 2010. Freshwater biodiversity conservation: recent progress and future challenges. *Journal*

of the North American Benthological Society **29**: 344-358.
<http://dx.doi.org/10.1899/08-17>

Relations between water quality and land use and cover at the multiple spatial scales in Pandeiros river basin, Minas Gerais state, Brazil.

João Pedro dos Santos*
Isabela Martins**
Marcos Callisto***
Diego Rodrigues Macedo****

* Geographer (UFMG).

** Biologist (UFMG). Master in Ecology (UFMG). Doctorate student in Ecology (UFMG).

*** Biologist (UFRJ). Master in Ecology (UFRJ). Doctorate in Biologist (UFRJ). Senior Professor at UFMG.

**** Geographer (UFMG). Master in Geography (UFMG). Doctorate in Ecology (UFMG). Adjunct Professor at UFMG.

Abstract Freshwater ecosystems suffer influences by anthropogenic pressures, and they can be represented by land use and cover assessment. The objective of this paper is to evaluate the relations between land use and cover and water quality in a legal protected watershed: Pandeiros River, MG. Water quality assessment was done in 40 sample sites in 3-5th order streams. Trough satellite images, land use and cover was evaluated at three spatial scales: sub-basin, riparian buffer, and local (site). Our results showed that Pandeiros watershed had about 85-95% of natural vegetation at all spatial scales, and water physical and chemical variables are adequate to class 1 of Brazilian environmental law. Correlations between land use and cover class and water quality presented low coefficients at all spatial scales, perhaps due to the low variability of land use and cover results.

Keywords: Legal Protected Areas, water quality, GIS.

Informações sobre os autores

João Pedro dos Santos

Endereço para correspondência: Universidade Federal de Minas Gerais - Instituto de Geociências - Departamento de Geografia: Av. Antônio Carlos, 6627 – Pampulha 31270-901 Belo Horizonte MG
E-mail: joaopedrosgeo@gmail.com
Link para o currículo lattes: <http://lattes.cnpq.br/7253252522494853>

Isabela Martins

Endereço para correspondência: Universidade Federal de Minas Gerais - Instituto de Ciências Biológicas - Departamento de Biologia Geral - Laboratório de Ecologia de Bentos: Av. Antônio Carlos, 6627 – Pampulha 31270-901 Belo Horizonte MG
E-mail: isa.bela57@hotmail.com
Link para o currículo lattes: <http://lattes.cnpq.br/1242222773214809>

Marcos Callisto

Endereço para correspondência: Universidade Federal de Minas Gerais - Instituto de Ciências Biológicas - Departamento de Biologia Geral - Laboratório de Ecologia de Bentos: Av. Antônio Carlos, 6627 – Pampulha 31270-901 Belo Horizonte MG
E-mail: callistom@ufmg.br
Link para o currículo lattes: <http://lattes.cnpq.br/4097793138747810>

Diego Rodrigues Macedo

Endereço para correspondência: Universidade Federal de Minas Gerais - Instituto de Geociências - Departamento de Geografia: Av. Antônio Carlos, 6627 – Pampulha 31270-901 Belo Horizonte MG
E-mail: diegorm@ufmg.br
Link para o currículo lattes: <http://lattes.cnpq.br/0805217613268162>

Artigo Recebido em: 11-10-2017
Artigo Aprovado em: 12-11-2017