



fepam em revista



ISSN 1980-797X
ISSN 1982-2162 *online*

Revista da Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luis Roessler

VOLUME 14 • 2021



Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luis Roessler

Diretora Presidente
Marjorie Kauffmann

Diretor Técnico
Renato das Chagas e Silva

Diretor Administrativo
Almir Azeredo Ramos Junior

FEPAM em Revista v.14, 2021

Publicação periódica de divulgação técnico-científica da Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luís Roessler – FEPAM, órgão da Secretaria do Meio Ambiente e Infraestrutura do Estado do Rio Grande do Sul.

Missão

Estimular a documentação e a divulgação dos conhecimentos e informações produzidas na Fundação, divulgar estudos nos campos das ciências ambientais e ações de gestão ambiental, contribuindo para a atualização e o fortalecimento do setor ambiental, e o crescimento da consciência ambiental na Sociedade.

FEPAM em Revista é editada e organizada inteiramente pela **Comissão Editorial** da FEPAM. Os artigos assinados são de responsabilidade de seus autores.

Comissão Editorial

Coordenadora Kátia Helena Lipp Nissinen

Secretária Sílvia Maria Jungblut

Arno Leandro Kayser, José Alberto Wenzel, Juliano Batista dos Santos

Lilian Maria Waquil Ferraro, Nina Rosa Rodrigues, Taison Anderson Bortolin, Vanessa Trindade

Revisores *ad hoc* colaboradores desta edição

Andresa Berger, Antônio Benetti, Gisele Cemin, Manuel Rodrigues Loncan,
Rafael Midugno, Raquel Pretto, Sílvia Mara Pagel

Diagramação e capa

 Kaéle Finalizando Ideias

Projeto gráfico original

 Letraria

Foto da capa Arroio Dilúvio em 29.04.2021, por Mateus Bruxel, Agência RBS

Endereço Eletrônico

<http://www.fepam.rs.gov.br/fepamemrevista/default.asp>

Endereço para Correspondência

Rua Borges de Medeiros, 261, sala 707, DILAB, FEPAM, Porto Alegre – RS- CEP 90020-021 - Brasil
e-mail: comissaeditorial@fepam.rs.gov.br - Fone: (51) 3288-9534

F383 Fepam em Revista: revista da Fundação Estadual de
Proteção Ambiental Henrique Luís Roessler /
FEPAM. – vol. 1, n.1 (2007) - . Porto Alegre: FEPAM
2007-

Semestral
ISSN 1980-797X / ISSN 1982-2162 *online*

1. Proteção Ambiental - Periódico 2. Meio Ambiente – Periódico
I. Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luís Roessler.

Sumário

EDITORIAL	4
ARTIGOS	5
A história ambiental do Arroio Dilúvio	5
<i>Vinícius Maggioni dos Santos, Leonardo Capeleto de Andrade, Flávio Anastácio de Oliveira Camargo</i>	
Uma estratégia otimizada para diagnosticar a qualidade das águas da enseada estuarina Saco da Mangueira (Rio Grande/RS), que recebe aportes antrópicos	17
<i>Maria da Graça Zepka Baumgarten Vivian Freitas Aguiar, Vitória Gonçalves, Júlia Dasso da Costa</i>	
Monitoramento da recuperação da vegetação em áreas de preservação permanente (APP) degradadas por mineração, às margens do rio Jacuí, no município de Salto do Jacuí, RS	33
<i>Maria Eduarda Cramer Schwengber, Adriana Rosa Campagna, Kátia Helena Lipp-Nissinen</i>	
Controle de espécies exóticas invasoras: qual a implicação no licenciamento?	44
<i>Laís Jaeger Pires, Luís Fernando Perelló, Raquel Pretto, Dennis Nogarolli Patrocínio</i>	
COMUNICAÇÃO TÉCNICA	51
Deteção e monitoramento do vírus SARS-CoV-2 no Arroio Dilúvio, Porto Alegre, RS, associados a parâmetros de qualidade ambiental	51
<i>Andresa Berger, Beatriz Andrade de Souza, Bruno Aschidamini Prandi, Arthur Tonietto Mangini, Ana Cláudia Franco, Manuel Rodrigues Loncan, Kátia Helena Lipp-Nissinen</i>	
OPINIÃO.....	58
Desmatamento e crise hídrica	58
<i>Arno Leandro Kayser</i>	
NORMAS.....	61

Editorial

A FEPAM em Revista (FeR) chega à sua 17ª edição neste ano de 2021. Um periódico técnico-científico que teve seu início ainda em 2007 e que, ano após ano, vem reforçando que a Fundação Estadual de Proteção Ambiental (FEPAM), além da sua face mais conhecida de licenciamento e fiscalização, é uma Instituição que reconhece a importância da ciência e da pesquisa na sua missão.

Ciência e pesquisa que ganharam ainda mais destaque em tempos de pandemia de COVID-19. Por isso, dos cinco textos trazidos neste número da FeR, um deles – *“Detecção e monitoramento do vírus SARS-CoV-2 no Arroio Dilúvio, Porto Alegre, RS, associados a parâmetros de qualidade ambiental”* - revela detalhes do trabalho realizado durante um ano na detecção e monitoramento do coronavírus. A partir de amostras coletadas no Arroio Dilúvio foram realizadas análises quantitativas de RNA viral e de parâmetros de qualidade de água associados a despejos de esgoto.

E a história deste Arroio que corta a Capital dos gaúchos é outro destaque da edição. No artigo *“A história ambiental do Arroio Dilúvio”*, a trajetória deste córrego urbano que agoniza em meio ao caos da cidade grande e que recebe todas as formas de esgoto e de sedimentos.

Em mais um texto que traz a importância dos recursos hídricos para a manutenção da vida no planeta, *“Uma estratégia otimizada para diagnosticar a qualidade das águas da enseada estuarina Saco da Mangueira (Rio Grande/RS), que recebe aportes antrópicos”* exibe um mapeamento do lançamento de efluentes no estuário e sugere quais pontos devem receber fiscalização mais frequente.

Aliando tecnologia à pesquisa, o artigo *“Monitoramento da recuperação da vegetação em áreas de preservação permanente (APP) degradadas por mineração, às margens do rio Jacuí, no município de Salto do Jacuí, RS”* resultou do monitoramento via satélite da revegetação de áreas degradadas por mineração de ágata naquela região. Na linha evolutiva, foi possível quantificar a cobertura vegetal ao longo dos anos.

Por fim, deixo o convite para uma leitura sobre um tema de extrema relevância ambiental: o impacto das invasões biológicas, trazido no texto *“Controle de espécies exóticas invasoras: qual a implicação no licenciamento?”*.

Encerro dizendo que, mais do que analisar licenças e fiscalizar, a FEPAM tem orgulho em dizer que está em constante evolução e aprendizado. As diferentes experiências e a troca de informações são um estímulo à revisão do conhecimento para aprimorar processos dentro do licenciamento ambiental, e a FEPAM em Revista tem papel fundamental nesse crescimento.

Boa leitura a todos.

Marjorie Kauffmann

Diretora-Presidente da Fundação Estadual de
Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler (FEPAM)

ARTIGOS

A história ambiental do Arroio Dilúvio

Vinícius Maggioni dos Santos¹, Leonardo Capeleto de Andrade^{2*},
Flávio Anastácio de Oliveira Camargo³

¹Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul <maggioni.parana@gmail.com>.

²Instituto de Desenvolvimento Sustentável Mamirauá, Tefé, AM, Brasil <eng.capeleto@gmail.com>.

³Programa de Pós-graduação em Ciência do Solo, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Av. Bento Gonçalves, 7712, CEP 91540-000, Porto Alegre, RS, Brasil <fcamargo@ufrgs.br>.

*Autor para correspondência.

RESUMO

Os recursos hídricos são essenciais para a manutenção da vida no planeta, contudo, sofrem grandes impactos devido à concentração populacional em seu entorno e agravada com o aumento da atividade antrópica. O Arroio Dilúvio é um córrego urbano que percorre aproximadamente 15 km em áreas de grande concentração populacional em Porto Alegre (RS). O Dilúvio sofreu grandes alterações em seu leito principal, a mais importante delas foi a canalização do seu terço final, justamente para diminuir os problemas ocasionados pelo alagamento da região central da cidade. Nos dias atuais, o Arroio Dilúvio sofre com vários problemas: suas margens são ocupadas por moradias inadequadas desde suas nascentes e seu leito recebe todas as formas de esgoto e sedimentos produzidos pela construção civil. Apresenta mais de 62% de impermeabilização de sua bacia hidrográfica, decorrente da pavimentação das vias e construções que o acompanham por quase todo o seu trajeto até a foz. O destino final de suas águas é o Lago Guaíba, a fonte de captação de água para a cidade. O arroio é um patrimônio ambiental da população porto-alegrense, e sua recuperação deve ser encarada como corresponsabilidade do estado e da sociedade.

Palavras-chave: Arroio Dilúvio, impactos ambientais, poluição urbana, urbanização.

The environmental history of the Dilúvio Stream

ABSTRACT

Water resources are essential for the maintenance of life on the planet; however, they suffer great impacts due to the population concentration in its surroundings and aggravated with the increase of anthropic activity. The Dilúvio Stream is an urban small river that travels approximately 15 km in areas of high population concentration in Porto Alegre (RS). Dilúvio suffered major changes in its main bed, the most important of which was the channeling of its final third, precisely to reduce the problems caused by the flooding of the central region of the city. Nowadays, the Dilúvio Stream suffers from several problems: Its banks are occupied by inadequate housing since its sources, and its bed receives all forms of sewage and sediment produced by construction. It has more than 62% waterproofing of its watershed, due to the paving of the roads and buildings that accompany it almost all of its way to the mouth. The final destination of its waters is Lake Guaíba, the source of water supply for the city. The stream is an environmental heritage of the population of Porto Alegre, and its recovery must be seen as the responsibility of the state and society.

Keywords: Dilúvio stream, environmental impacts, urban pollution, urbanization.

Introdução

Os corpos hídricos são ligados a todas as circunstâncias do desenvolvimento da civilização humana, desde o avanço da agricultura e da indústria aos valores culturais e de religião das mais variadas etnias. A água é um recurso natural fundamental para as vidas do planeta, seja para sobrevivência direta de espécies vegetais e animais, seja como insumo na produção de bens.

O crescimento populacional desordenado e sem planejamento prévio dos centros urbanos leva a uma ocupação territorial em locais não apropriados para moradias, principalmente nos países em desenvolvimento (FERNANDES; VIEIRA, 2008). Muitas áreas sofrem grandes impactos ambientais, principalmente às margens dos cursos de água, para onde o esgoto não tratado e todos os tipos de lixo acabam sendo destinados, tornando-se locais de risco ambiental e à saúde pública.

A falta de planejamento de uso e de ocupação das terras no meio urbano em países em desenvolvimento fez com que o serviço de saneamento básico não acompanhasse esse crescimento. No Brasil, a falta de saneamento básico acarreta problemas críticos: ameaça à saúde pública com a proliferação de doenças e com a má qualidade da água; reduz a produtividade do trabalhador, sendo responsável por 11% das faltas ao trabalho; aumenta o risco de enchentes, que transportam contaminantes das superfícies urbanas para os recursos hídricos. Apesar de afetar a todos, vale ressaltar que geralmente os mais afetados são os menos favorecidos economicamente; habitações em áreas irregulares, por exemplo, são excluídas do planejamento urbano e, por conseguinte, não recebem serviços mínimos de saneamento básico (TRATA BRASIL, 2009).

Porto Alegre sofre com a poluição de um dos seus principais rios, o Arroio Dilúvio, que corta a cidade de leste a oeste e recebe efluentes líquidos de diversas procedências. O Arroio Dilúvio percorre aproximadamente 15 km em áreas de grande concentração populacional de Porto Alegre (RS) e tem sua foz no Lago Guaíba.

O Arroio Dilúvio

O Arroio Dilúvio recebe esse nome devido às periódicas cheias (sinônimo de dilúvio) ocorridas na história. Inicialmente se chamava Rio Jacarey (rio de jacarés); depois, seu nome fragmentou-se: chamava-se Arroio do Sabão na extensão que ia de suas nascentes até a antiga Avenida Mato Grosso (atual Av. Bento Gonçalves); Arroio da Azenha até o encontro com seu afluente Arroio Cascata; e o restante do trajeto era chamado “Riacho” devido às curvas sinuosas até sua foz com o Lago Guaíba (MACIEL, 1914; MORANDI; FARIA, 2000).

O Arroio Dilúvio é um afluente da Bacia Hidrográfica do Lago Guaíba; tem uma sub-bacia de 8.374,0 ha e percorre 17.605 m, dos quais aproximadamente 12 km são atualmente canalizados, apresenta uma vazão em período de seca próximo a 0,5 m³/s, podendo passar dos 17 m³/s em eventos pluviais de grande intensidade (BASSO; MOREIRA; PIZZATO, 2011; OLIVEIRA; MEDEIROS, 2012;

MENEGAT; PORTO; CARRARO, 2006). Suas nascentes mais distantes estão localizadas no Parque Saint-Hilaire, no limite da cidade de Viamão com Porto Alegre (Figura1). As águas das nascentes se acumulam na Barragem Lomba do Sabão – criada com a finalidade de captar água para o abastecimento de Porto Alegre – e seguem por regiões de menor densidade populacional até chegar à Avenida Ipiranga, onde são canalizadas e atingem a foz no Guaíba (principal manancial hídrico da região metropolitana).

O Parque Natural Municipal Saint-Hilaire é uma Unidade de Conservação da Natureza (UC), com 1.148 hectares de área total, localizado entre os municípios de Viamão e Porto Alegre. O seu manejo iniciou em 1898 quando a antiga Companhia Hidráulica Porto Alegrense captava água da Barragem Lomba do Sabão para abastecimento da população. Na década de 1940, a oeste das áreas do Parque, foi construída a barragem da Lomba do Sabão, um reservatório para a captação de água com 75 ha de lâmina d'água. A água captada e tratada era bombeada por

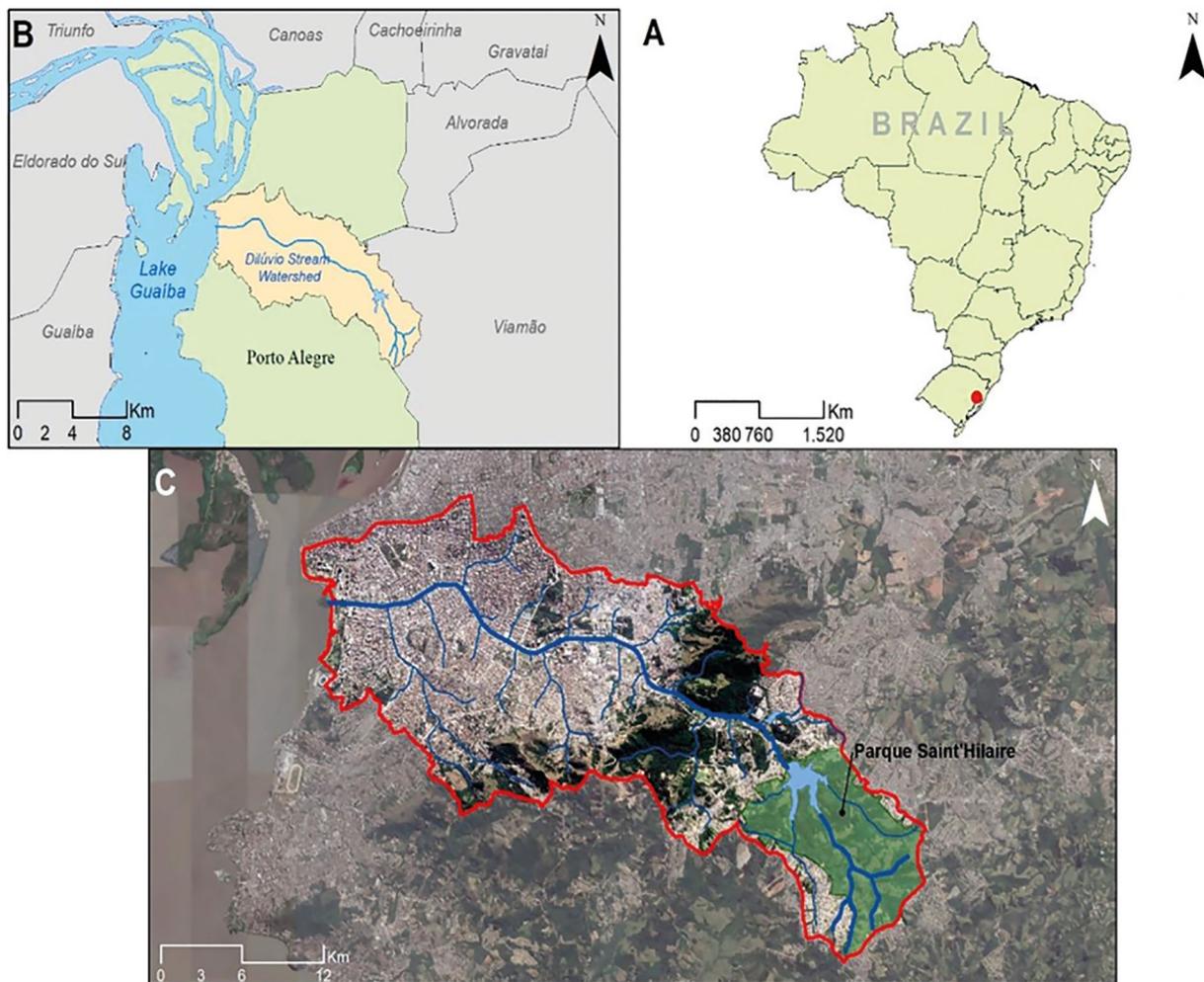


Figura 1 – Mapa de localização da Bacia Hidrográfica do Arroio Dilúvio, RS, Brasil. A) Localização da Bacia no sul do Brasil; B) Localização da Bacia na Região Metropolitana de Porto Alegre, RS; C) Bacia Hidrográfica do Arroio Dilúvio, destacando o Parque Saint-Hilaire. Fonte: Santos *et al.* (2020).

aproximadamente 11 km até a Companhia Hidráulica Moinhos de Vento, de onde era distribuída para uma grande parte da população de Porto Alegre. A Prefeitura de Porto Alegre adquiriu a área que antes pertencia a Viamão em 1944, com a finalidade de proteger a qualidade ambiental da bacia hidrográfica e suas águas; e passou a ser chamado Jardim Botânico Municipal Parque Saint-Hilaire (SMAM, 2019). A partir de 1977, o local passou a ser administrado pela Secretaria Municipal de Meio Ambiente de Porto Alegre; foi renomeado como “Parque Saint-Hilaire” e foi separado em duas áreas: uma de Preservação Permanente com 950 ha e outra de 230 ha destinada à recreação pública (SMAM, 2019).

Alterações históricas

O Arroio Dilúvio é um sistema aquático natural com vasta riqueza de biota, como peixes, anfíbios, organismos bentônicos, tartarugas (com variedades exóticas) e muitas aves que se alimentam dessas populações. A urbanização impôs outros fins ao Arroio: atualmente ele é o principal canal de macrodrenagem pluvial da região mais adensada de Porto Alegre e é um receptor de esgotos não tratados (MORANDI; FARIA, 2000; TUCCI, 2008).

Antigamente, havia as nascentes do Arroio Dilúvio – o Dilúvio maior e o Dilúvio menor – que se uniam pouco depois, abaixo do Bairro Herdeiros; hoje, a região é formada pela represa da lombada do sabão (JUVÊNCIO, 1958). Após a instalação da represa, os arroios de 1ª ordem, como Vitorino, Taquara, Pequeno, Casa Velha e Sem Nome, juntos com as nascentes do Arroio Dilúvio passaram a alimentá-la (MENEGAT; PORTO; CARRARO, 2006).

Ainda, entre os anos de 1912 e 1913, havia modificações sendo realizadas no canal do Arroio Dilúvio, dentro da Faculdade de Agronomia da Universidade Federal do Rio grande do Sul (UFRGS). Foi realizada a mudança de seu canal com o intuito de corrigir problemas decorrentes das periódicas enchentes que ocorriam na área (e que seguem ocorrendo sazonalmente). Realizou-se o desvio pelo sopé do morro Santana (Figura 2), aterrando-se o antigo leito sinuoso e retificando-o para o local onde hoje se encontra (FERLINI, 1912).

A maior e mais importante obra que modificou o Arroio Dilúvio foi sua canalização (Figura 3) proposta pelo Intendente José Montaury, pela primeira vez no ano de 1914 no “Plano Geral de Melhoramentos do Município”, o qual dizia: *“Para o estado higiênico das adjacências do atual leito do Riacho, julgamos conveniente canalizá-lo em linha reta, seguindo o alinhamento atual do mesmo leito logo ao sair da ponte, que se acha na Rua 13 de Maio, em frente à Praça Garibaldi. O leito atual abandonado pela nova canalização será aterrado e incorporado às quadras novas figuradas no projeto”* (MACIEL, 1914).

Apesar de esta proposta ter sido registrada ainda em 1914, foi apenas em 1939 que foi dado início às obras do primeiro trecho da canalização, da foz até a Av. João Pessoa. Esse período de 25 anos foi marcado por uma variedade de modificações no projeto, devido a problemas sociais e interesses políticos. O segundo trecho da canalização se iniciou em 1943, dando continuidade à canalização da

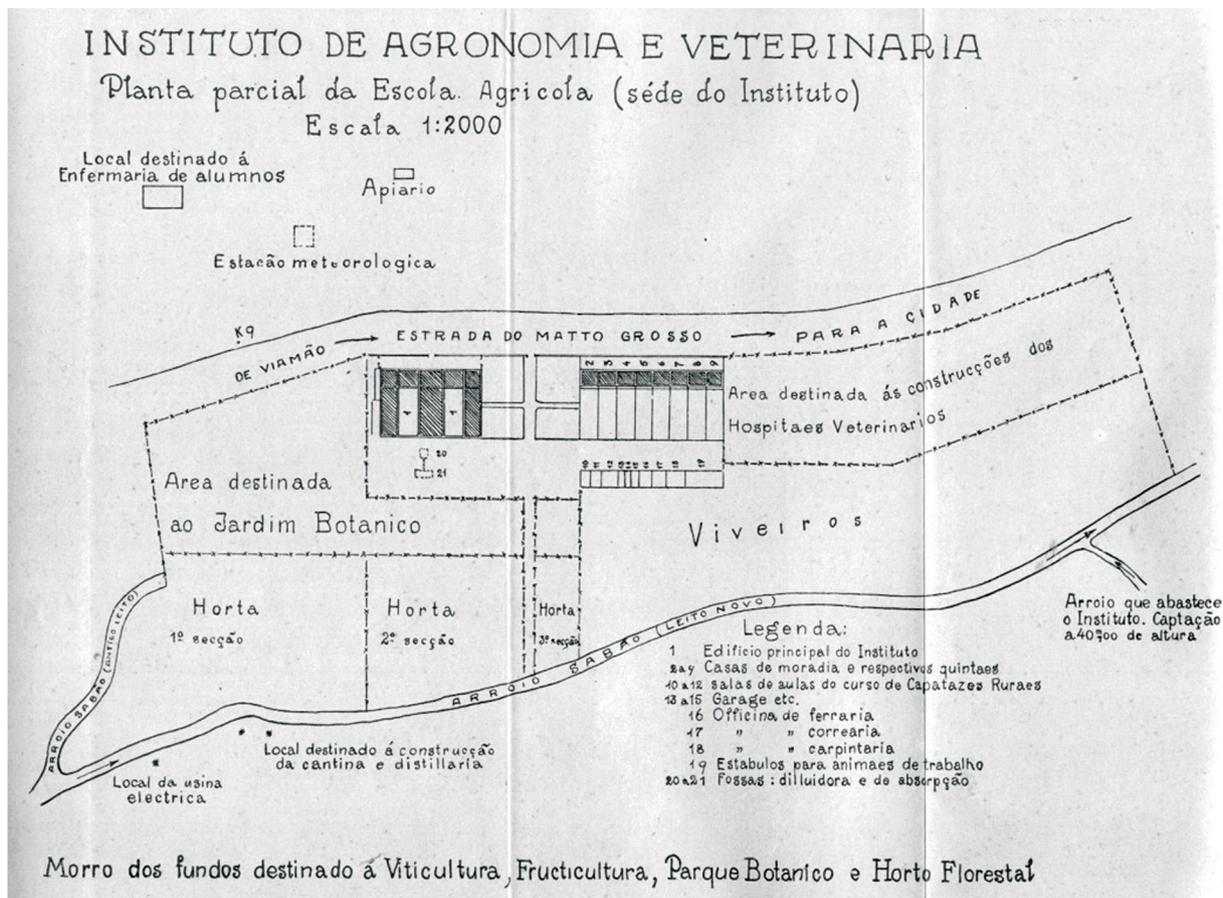


Figura 2 – Mapa histórico da sede da Faculdade de Agronomia e Veterinária, limitada pela Estrada do Mato Grosso (atual Av. Bento Gonçalves), mostrando o desvio no percurso do Arroio Sabão (atual Dilúvio) dentro da Faculdade de Agronomia – UFRGS.

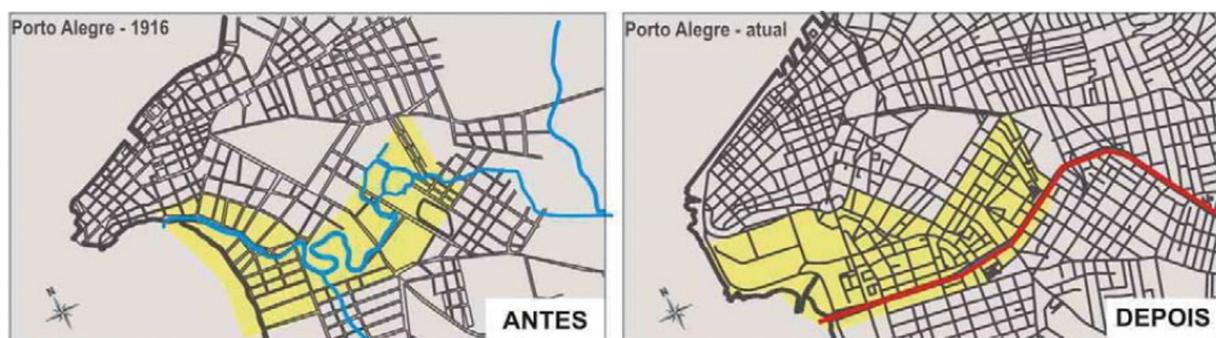


Figura 3 – Arroio Dilúvio antes e depois das obras de canalização (1943–1974). Fonte: Burin, 2008.

Av. João Pessoa até a Av. Cristiano Fischer, obra que durou até 1974 (31 anos). Na década de 1980 foi finalizada a obra até a Av. Antônio de Carvalho (BURIN, 2008). Cabe ressaltar que a Av. Ipiranga (que margeia o arroio de sua foz até a Av. Antônio de Carvalho) vinha sendo construída concomitantemente à canalização e ao crescimento da cidade.

As modificações no curso fluvial do Arroio Dilúvio estão ligadas à ocupação das áreas planas próximas às suas margens, que são áreas associadas a inundações periódicas devido a seu relevo. Áreas como a da bacia do Arroio Dilúvio necessitam de obras que transformam seu fluxo hídrico para que viabilize a ocupação e o crescimento urbano.

Atualmente, o terço final do Arroio é um canal de macrodrenagem da bacia projetado para cheias com tempo de retorno de 50 anos. Dentro do canal há degraus dissipadores de energia e para oxigenar a água a cada 200 m até sua foz. O arroio possui 32 pontes em todo seu percurso, onde lixos de todo o tipo acumulam, dificultando assim o escoamento em tempos de grande precipitação pluvial e favorecendo o acúmulo de bancos de sedimento em quase todo o canal (TUCCI; COLLISCHONN, 1998). Próximo à sua foz, o Dilúvio possui três casas de bomba com capacidade de drenar das ruas 170 mil litros de água pluvial por segundo, auxiliando a drenagem em grandes eventos de chuva (DEP, 2005).

Impactos socioambientais na Bacia do Arroio Dilúvio

Crescimento populacional e alterações no uso da água e do solo

O Arroio Dilúvio é historicamente impactado: sofreu com a ocupação nas áreas de suas margens e nascentes; foi transposto e canalizado, e criou-se, em sua margem, uma grande avenida de quatro vias de cada lado, em grande parte do seu curso total (Av. Ipiranga), por onde trafegam milhares de automóveis diariamente. O desmatamento dos morros e da zona ripária tem como consequência o aumento da erosão com a ocupação desordenada, bem como o acúmulo de lixo, entulhos e sedimentos na área canalizada que, juntamente com a liberação de esgotos urbanos e industriais, tornam notória a poluição de suas áreas (MENEGAT; PORTO; CARRARO, 2006). Este sistema aquático – que antes tinha as funções de balneabilidade, pesca e captação de água para abastecimento da população porto-alegrense – passou a ser receptor do esgoto pluvial da região mais adensada, drenando-o para o Lago Guaíba.

O crescimento urbano no território de Porto Alegre foi heterogêneo nos aspectos econômicos, institucionais, locais e culturais. O período de 1940 a 1970 teve um crescimento populacional urbano da cidade causado pelo êxodo rural, com um crescimento quase exponencial a partir de 1970. Além dos impactos ambientais, houve problemas socioambientais comuns dos grandes centros. As alterações da composição local do centro histórico de Porto Alegre, a canalização do Arroio Dilúvio e o aterramento da orla do Guaíba, trouxeram novos pontos comerciais, construção de novos edifícios, valorizando a região e afetando a população de baixa renda (SANTOS, 2014; SOARES; FEDOZZI, 2016).

Inicia-se a gentrificação, que é o deslocamento de uma população (geralmente de baixa renda) de uma área da cidade para outra área, com o objetivo de valorização econômica (elitização) da área inicialmente ocupada pelos menos favorecidos (SOUZA, 2008). Em Porto Alegre, este fenômeno ocorreu, ainda na década de 1970, na região denominada “Ilhota”, atual região do Centro Cultural

Lupicínio Rodrigues e Ginásio Tesourinha. Assim, muitas famílias de baixa renda foram deslocadas de suas casas para ocupar áreas de risco – como encostas de morros e margens de rios – ficando vulneráveis e sem acesso a serviços públicos básicos (MORANDI; FARIA, 2000; SOUZA, 2008; TUCCI, 2005).

Entre as décadas de 1980 e 1990 a população de Porto Alegre cresceu perto de 12% e, com isso, os problemas socioambientais foram se agravando porque os benefícios da urbanização eram restritos a uma minoria. Devido a essa grande taxa de crescimento populacional em um curto período, houve o crescimento de moradias sem condições satisfatórias, acompanhado da inexistência de políticas de uso e de ocupação do solo, havendo ocupações em locais impróprios e de forma inadequada em todo território da cidade (FUJIMOTO, 2002; SOUZA, 2008).

Outro problema deste local é a impermeabilização da bacia hidrográfica que leva ao aumento do escoamento superficial, aumentando o pico de vazão da cheia, e à antecipação do tempo de retorno. Alves (2004) apresenta o crescimento de áreas impermeáveis na sub-bacia do Arroio Dilúvio, que tiveram um aumento de 8% entre os anos de 1987 e 2000. Já em 2000, a área da bacia se encontrava com 62% de sua área total impermeabilizada.

Atualmente, a pequena bacia do Dilúvio encontra-se densamente habitada, com cerca de 446 mil habitantes e aproximadamente 65% de superfície impermeabilizada, sofrendo diversos efeitos do crescimento populacional desordenado, da rápida industrialização da região, e da falta de investimentos em saneamento básico (BASSO *et al.* 2011; MOG; CAMPOS; PICCININI, 2014).

Origens da poluição no Arroio Dilúvio

A poluição das águas decorre da adição de substâncias ou de formas de energia que, diretamente ou indiretamente, alteram as características físicas e químicas dos corpos d'água. Sistemas aquáticos são degradados levando ao exaurimento de seus recursos (ORTEGA; CARVALHO, 2013; PEREIRA *et al.*, 2013). O despejo de efluentes sem tratamento, originados das atividades antrópicas, aumentam os níveis de nitrogênio e fósforo nos corpos hídricos favorecendo a proliferação de produtores primários (cyanobactérias, chlorophyta, fitoplâncton, etc.) inicialmente, e quando esses nutrientes não se tornam fatores limitantes, ocorre o crescimento excessivo de vegetais aquáticos, conseqüentemente, a produção de O₂. Logo após esta etapa, ocorre o bloqueio de fotossíntese nas camadas inferiores da água e a morte de diversos organismos. Já na etapa avançada ocorre a redução do oxigênio por grupos de bactérias aeróbicas que decompõe a matéria orgânica, levando a mortandade da biota aquática por anoxia (FERREIRA *et al.*, 2015). Os metais traços – também despejados nos recursos hídricos – tendem a se acumular não apenas em sedimentos, como também em animais e vegetais, com efeito tóxico de acúmulo em seus organismos.

O Arroio Dilúvio chega a receber em média 50.000m³ de sedimentos por ano provenientes da erosão natural, da degradação de suas margens, da degradação

das margens de seus afluentes e do acúmulo de resíduos sólidos urbanos. Por isso, há necessidade de periódicos desassoreamentos na parte canalizada (DEP, 2019).

O trecho entre as nascentes do arroio e o bairro Agronomia (Porto Alegre) é marcado por ocupações irregulares em áreas de proteção (morros e zona ripária). Portanto, desde as suas nascentes o Arroio Dilúvio é modificado de forma negativa à sua qualidade ambiental (MOG; CAMPOS; PICCININI, 2014).

A despeito de intervenções para diminuir a carga de poluentes na represa, é possível observar por imagens de satélite a frequente proliferação de macrófitas ou algas na lâmina d'água da Represa Lomba do Sabão (Figura 4). Produções de macrófitas ocorrem devido ao alto aporte de nutrientes (nitrato e fósforo) que são originados da matéria orgânica de esgoto doméstico e são mais recorrentes em sistemas lênticos (FIA *et al.*, 2015; POMPÊO, 2017).

A barragem Mãe D'Água, localizada dentro do Campus do Vale –UFRGS, vem sendo estudada há tempos, no qual os resultados mostram que até o ano de 2003 houve supressão de 65% da vegetação de sua mata ciliar (CARDOSO, 2011). Estudos nesta região demonstram mudanças no relevo ocasionadas por depósitos

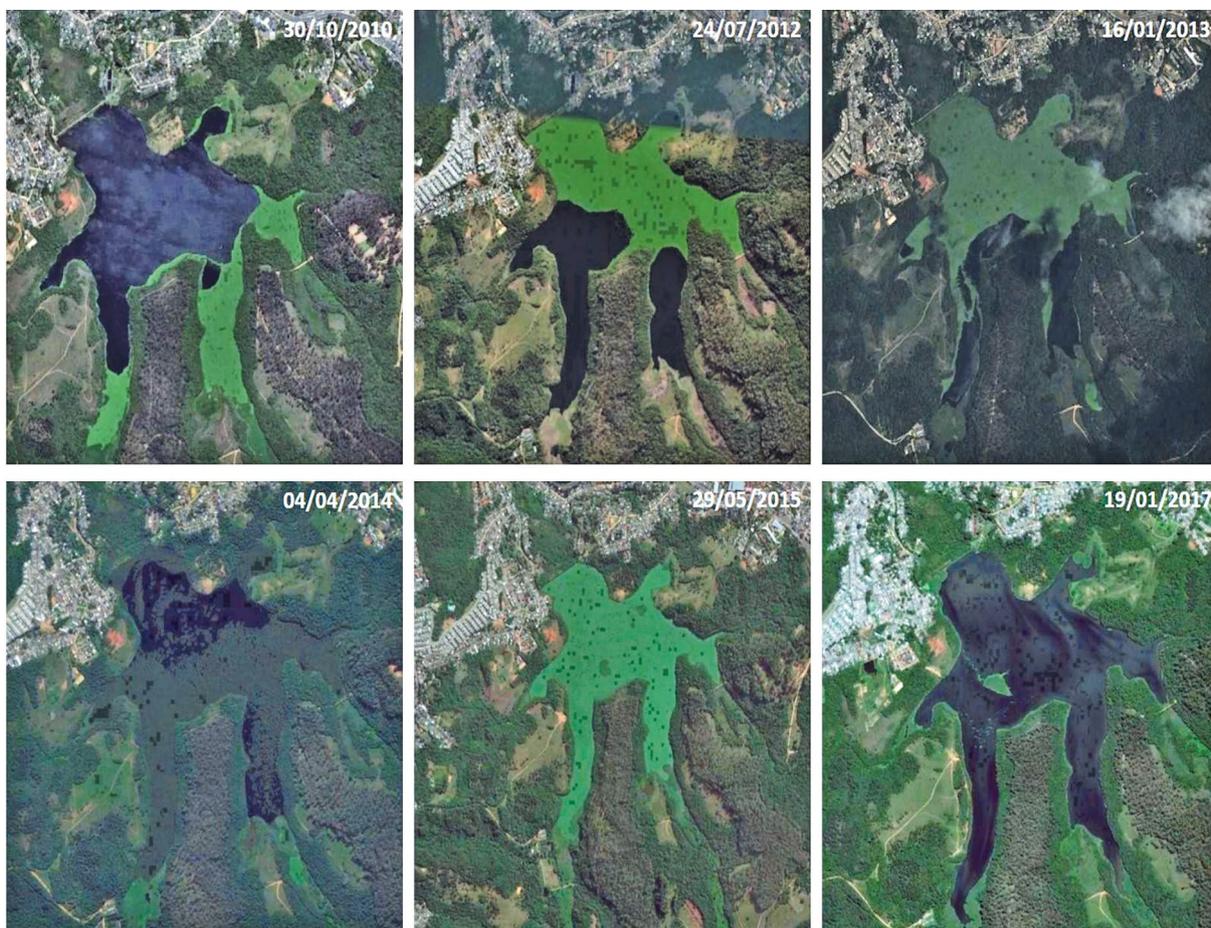


Figura 4 – Imagens do Satélite Landsat da Represa Lomba do Sabão nos anos de 2010, 2012, 2013, 2014, 2015 e 2017. Fonte: Santos *et al.* (2020).

tecnogênicos e poluição por metais potencialmente tóxicos (Cd, Cu, Ni e Zn) de sedimentos em suspensão e de fundo (FERNANDES; POLETO, 2016; FUJIMOTO, 2002; POLETO; MERTEN, 2007). A poluição e degradação da paisagem, como consequência do descaso das autoridades, falta de saneamento básico, e falta de educação ambiental da comunidade que ali reside, são percebidas pela população que transitam em suas imediações (RANGEL, 2008).

O trecho canalizado do Arroio Dilúvio é quase totalmente margeado pela Av. Ipiranga, com quantidade insignificante de vegetação ciliar. Há apenas 2,5 m de talude em cada margem do arroio, vegetado com grama e quase sem árvores, não havendo absorção dos impactos (MARTÍNEZ; POLETO, 2014). Atualmente, quase toda a extensão da parte canalizada possui, também, uma faixa de ciclovia; trata-se de uma intervenção de baixo impacto e que, em certa medida, escancara às pessoas a degradação do arroio, o que pode ser uma medida socioambiental de conscientização. Já houve, inclusive, plantio de algumas espécies arbóreas em suas margens.

Uma parte dos sedimentos do Arroio Dilúvio se deposita no fundo do arroio e é, de maneira paliativa, removido por dragagem de tempos em tempos e outra parte é transportada para o Lago Guaíba. Os sedimentos analisados em toda a margem leste do Lago Guaíba, apresentou maiores concentrações de carbono orgânico total, de macronutrientes (N, P, K, Ca e Mg) e dos metais Al, Zn, Cu, Ni e Pb nos pontos próximos à foz do Arroio Dilúvio. Já a análise de todo o percurso do Arroio Dilúvio mostrou que a contaminação de materiais orgânicos (C, N, P) e dos metais Zn, Cr, Pb e Ni, tendo um crescimento linear nas concentrações dos elementos da região de suas nascentes até a sua foz no Lago Guaíba. Desta forma, a foz do Arroio tem os piores resultados de poluição do Lago, com grande concentração de coliformes fecais, baixas concentrações de oxigênio e grandes concentrações de metais como Zn, Cu e Cd (ANDRADE *et al.*, 2018; SANTOS *et al.* 2019).

Analisando as concentrações de sólidos dissolvidos, em suspensão e totais exportadas pelas águas do Arroio Dilúvio para o Lago Guaíba, Basso; Moreira; Pizzato (2011) atestaram que a carga de sólidos totais varia de 9,3 a 75 toneladas por dia, conforme os eventos de precipitação ocorrem. A dragagem do arroio, portanto, mantém o fluxo de drenagem e evita problemas de inundação em eventos de cheias, mas é pouco eficaz quando se trata de reduzir poluição ambiental localmente, pois sedimentos contaminados continuam sendo transportados para o Lago Guaíba.

O Arroio Dilúvio tem suas águas monitoradas pelo projeto “Observando Rios” da ONG SOS Mata Atlântica, que em 2018, atestaram que as águas do arroio Dilúvio tiveram uma média anual regular; porém, em quatro avaliações mensais, apresentaram qualidade péssima (SOS Mata Atlântica, 2019).

Devido a todos os problemas citados e as diversas atribuições que foram dadas ao Arroio Dilúvio (incluindo a macrodrenagem urbana), o acúmulo de sedimentos em seu canal faz com que a dragagem se torne obrigatória para reduzir os danos com inundações em seu entorno. A grande impermeabilização do entorno

faz com que os picos de vazão requeiram uma grande calha livre para receber estas águas. Porém, esta dragagem é uma atividade de alto custo, pois, além do maquinário, são necessárias áreas para depósito destes grandes volumes (TUCCI, 2008).

O “Projeto Arroio Dilúvio: Um Futuro Possível” visava revitalizar o Arroio Dilúvio. A ideia surgiu após uma visita da comitiva do governo do Estado do Rio Grande do Sul a Seul (Coréia do Sul) onde o “Arroio Cheonggyecheon” foi revitalizado; como o Arroio Dilúvio, este era altamente degradado e atravessava uma cidade altamente populosa. Criou-se uma parceria entre a UFRGS, a PUCRS e as prefeituras de Porto Alegre e Viamão. A ideia era recuperar o Arroio Dilúvio com intervenção integrada de serviços de saneamento básico, de inclusão social, de acréscimo de áreas verdes, da retomada da funcionalidade da bacia, e de educação ambiental (Porto Alegre, 2019d). O projeto teve início em 2011 e foi extinto dois anos depois por falta de recursos financeiros para continuar sua execução.

Dessa forma, nota-se que existem exemplos que evidenciam a possibilidades de recuperação da qualidade ambiental do Arroio, o qual tem um rico valor ambiental e sociocultural para a cidade de Porto Alegre.

Considerações finais

O Arroio Dilúvio faz parte da história de Porto Alegre, atravessando a cidade de leste a oeste e perpassando regiões centrais e movimentadas da cidade. É parte da vida diária de milhares de porto-alegrenses. Mesmo assim, o arroio é negligenciado pelo poder público que parece ignorar sua progressiva degradação.

O Arroio Dilúvio é um patrimônio ambiental da população porto-alegrense, e sua recuperação deve ser encarada como corresponsabilidade do estado e da sociedade – no entanto, a responsabilidade de investimento é atribuição do poder público. Há alternativas viáveis e potencialmente eficazes para recuperação do arroio, mas não se concretizam sem recursos. O desinvestimento é, portanto, um impasse à recuperação do Arroio Dilúvio.

A situação atual do Arroio Dilúvio é resultado da história ambiental de toda sua bacia hidrográfica. Da mesma forma, o futuro ambiental deste arroio será resultado das ações desenvolvidas não apenas diretamente nele, mas em toda sua bacia de drenagem. Quando a recuperação do arroio for uma prioridade dos órgãos públicos, pode-se imaginar um futuro melhor para o arroio e para todos os porto-alegrenses. Sem isso, continuaremos observando, perplexos, a rápida perda deste patrimônio ambiental.

Referências bibliográficas

ALVES, C. A. **Estimativa da área impermeável dentro da bacia hidrográfica do Arroio Dilúvio (Porto Alegre/RS) através de técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento.** 2004. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) – Centro Estadual de Pesquisas em Sensoriamento Remoto e Meteorologia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 2004

- ANDRADE, L. C. *et al.* Sediment pollution in margins of the Lake Guaíba, Southern Brazil. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 190, n. 1, 2018.
- BASSO, L. A.; MOREIRA, L. G. R.; PIZZATO, F. A influência da precipitação na concentração e carga de sólidos em cursos d'água urbanos: o caso do arroio Dilúvio, Porto Alegre-RS. **Geosul**, v. 26, n. 52, p. 145, 2011.
- BURIN, C. W. **O caso da canalização do arroio Dilúvio em Porto Alegre: ambiente projetado x ambiente construído**. 2008. Dissertação (Mestrado em Arquitetura) – Faculdade de Arquitetura, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008.
- CARDOSO, A. R. **Evolução urbana e o enriquecimento de sedimentos por metais-traço na barragem Mãe d'Água, sub-bacia do Arroio Dilúvio, RMPA/RS**. 2011. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental) – Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.
- COSTA, S. C.; HARTZ, S. M. Evaluation of trace metals (cadmium, chromium, copper and zinc) in tissues of a commercially important fish (*Leporinus obtusidens*) from Guaíba lake, southern Brazil. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 52, n. 1, p. 241–250, 2009.
- FERLINI, J. **Relatório da Escola de Engenharia de Porto Alegre**. Porto Alegre: Instituto de Agronomia e Veterinária - RS: [s.d.].
- FERNANDES, F.; POLETO, C. Heavy metal concentrations and enrichment of sediment cores: Correlation between geochemistry and geoaccumulation index. In: WIEPRECHT, S.; HAUN, S.; WEBER, K. (Org.). River Sedimentation. INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON RIVER SEDIMENTATION, 13., 2016, Stuttgart. **Proceedings...** Stuttgart: CRC Press, 2016, v. 13, p. 201-226.
- FERNANDES, M. O. S.; VIERA, V. Impactos ambientais urbanos: o caso do arroio Poraima na cidade de Mata, RS. **Disciplinarum Scientia: Ciências Humanas**, v. 9, n. 1, p. 35–45, 2008.
- FERREIRA, C. S.; CUNHA-SANTINO, M. B.; BIANCHINI JUNIOR, I. Eutrofização: aspectos conceituais, usos da água e diretrizes para a gestão ambiental. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, Aquidabã, v. 6, n.1, p. 65-77, 2015.
- FIA, R. *et al.* Qualidade da água de um ecossistema lótico urbano. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 20, n. 1, p. 267–275, 2015.
- FUJIMOTO, N. S. V. M. Implicações ambientais na área Metropolitana de Porto Alegre - RS: um estudo geográfico com ênfase na geomorfologia urbana. **GEOSP Espaço e Tempo**, v. 6, n. 2, p. 141–177, 2002.
- JUVÊNCIO, I. A bacia hidrográfica do Arroio Dilúvio. **Boletim Geográfico do Rio Grande do Sul**, v. 6–7, p. 87–95, 1958.
- MACIEL, J. B. Melhoramento de Porto Alegre. **Revista EGATEA**, v. 1, p. 124–128, 1914.
- MARTÍNEZ, L. L. G.; POLETO, C. Assessment of diffuse pollution associated with metals in urban sediments using the geoaccumulation index (Igeo). **Journal of Soils and Sediments**, v. 14, n. 7, p. 1251–1257, 2014.
- MENEGAT, R; PORTO, M. L.; CARRARO, C. C. (Ed.). **Atlas ambiental de Porto Alegre**. 3. ed. Porto Alegre: UFRGS, 2006.
- MOG, W.; CAMPOS, H. A.; PICCININI, L. S. Análise morfológica de espaços urbanos em bacias hidrográficas: um olhar sobre o entorno do Arroio Dilúvio em Porto Alegre. **Cadernos Metrôpole**, v. 16, n. 31, p. 221–239, 2014.
- MORANDI, I. C.; FARIA, C. M. Dificil recuperação de arroios em áreas urbanas: Arroio Dilúvio. CONGRESSO INTERAMERICANO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 27, 2000, Goiânia, p. 1–14. Disponível em: <<http://www.ufrgs.br/arriodiluvio/a-bacia-hidrografica/artigos>>. Acesso em: 9 mar. 2019.

- OLIVEIRA, D.; MEDEIROS, A. Qualidade da água e identificação de bactérias Gram-negativas isoladas do Arroio Dilúvio, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil. **Evidência**, v. 12, p. 51–62, 2012.
- ORTEGA, D. J. P.; CARVALHO, S. L. Avaliação dos efeitos das atividades antropólicas nos recursos hídricos na sub-bacia hidrográfica do Córrego do Ipê — SP. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 18, n. 3, p. 97–108, 2013.
- PEREIRA, A. R. *et al.* Avaliação da qualidade da água superficial na área de influência de um lixão. **Revista Ambiente & Água**, v. 8, n. 3, p. 239–246, 2013.
- POLETO, C.; MERTEN, G. H. Urban watershed studies in Southern Brazil. **Journal of Urban and Environmental Engineering**, v. 1, n. 2, p. 70–78, 2007.
- POMPÊO, M. **Monitoramento e manejo de macrófitas aquáticas em reservatórios tropicais brasileiros**. São Paulo: Instituto de Biociências da USP, 2017.
- PORTO ALEGRE. Departamento de Esgoto Pluvial (DEP). **O Arroio Dilúvio**. Disponível em: <http://www2.portoalegre.rs.gov.br/dep/default.php?p_secao=71>. Acesso em: 6 fev. 2019.
- PORTO ALEGRE. Departamento de Esgoto Pluvial (DEP) **Plano Diretor De Drenagem Urbana de Porto Alegre**. Porto Alegre: Instituto de Pesquisas Hidráulicas – UFRGS, 2005.
- PORTO ALEGRE. Secretaria Municipal do Meio Ambiente e da Sustentabilidade. (SMAM) **Parque Natural Municipal Saint’Hilaire**. Disponível em: <http://www2.portoalegre.rs.gov.br/smam/default.php?p_secao=157>. Acesso em: 6 fev. 2019.
- RANGEL, M. L. **A percepção da água na paisagem urbana: bacia hidrográfica da Barragem Mãe D’água – Região Metropolitana de Porto Alegre/RS**. 2008 Dissertação (Mestrado em Geografia) – Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008.
- SANTOS, A. R. Revitalização para quem? Política urbana e gentrificação no Centro de Santos. **Cadernos Metrôpole**, v. 16, n. 32, p. 587–607, 2014.
- SANTOS, V. M. *et al.* The urban pressure over the sediment contamination in a southern Brazil Metropolis: The Case of Dilúvio Stream. **Water, Air, & Soil Pollution**. v. 231, 2020.
- SOARES, P. R. R.; FEDOZZI, L. J. Porto Alegre e sua região metropolitana no contexto das contradições da metropolização brasileira contemporânea. **Sociologias**, v. 18, n. 42, p. 162–197, 2016.
- SOS Mata Atlântica. **Observando os Rios**. Disponível em: <<http://observandoosrios.sosma.org.br/projetos/69/observando-os-rios-rs>>. Acesso em: 12 abr. 2019
- SOUZA, A. S. **Projeto Renascença: Um caso de gentrificação em Porto Alegre durante a década de 1970**. 2008. Dissertação (Mestrado em Planejamento Urbano e Regional) – Faculdade de Arquitetura, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008.
- TRATA BRASIL. **Impactos sociais da falta de saneamento nas principais cidades brasileiras**. Rio de Janeiro: FGV/IBRE, CPS, 2009.
- TUCCI, C. E. M. Águas urbanas. **Estudos Avançados**, v. 22, n. 63, p. 97–112, 2008.
- TUCCI, C. E. M.; COLLISCHONN, W. Drenagem urbana e controle de erosão. *In*: SIMPÓSIO NACIONAL DE CONTROLE DA EROSÃO, 6., 1998, Presidente Prudente. **Anais...** Presidente Prudente: ABGE, 1998. Disponível em: <<http://www.ufrgs.br/arroidiluvio/publicacoes>>. Acesso em: 6 fev. 2019.

Uma estratégia otimizada para diagnosticar a qualidade das águas da enseada estuarina Saco da Mangueira (Rio Grande/RS), que recebe aportes antrópicos

Maria da Graça Zepka Baumgarten*, Vivian Freitas Aguiar, Vitória Gonçalves, Júlia Dasso da Costa

Laboratórios de Ensino em Oceanografia Química e de Hidroquímica, Instituto de Oceanografia, Universidade Federal do Rio Grande (FURG), www.leoquim.furg.br.

*Autora para correspondência: dqmmgzb@furg.br.

RESUMO

As águas do sul do estuário da Laguna dos Patos margeiam o município de Rio Grande, tendo sido classificadas em diferentes classes de qualidade (FEPAM, 1995). A estratégia de diagnóstico para elas aqui apresentada identifica os locais nas margens onde há lançamento de efluentes. Após, os níveis qualitativos de contaminação de cada efluente e da sua água receptora são caracterizados *in loco* com o uso de um *kit* analítico. Estes locais são mapeados, definindo as áreas representativas para serem posteriormente monitoradas e quais pontos de lançamento de efluentes devem ser fiscalizados com maior frequência. Essa estratégia já foi aplicada em 2015 na enseada estuarina Saco da Mangueira (sul de Rio Grande). Foram destacados 49 locais de lançamento de efluentes com níveis qualitativos de contaminação variando de “fraco a muito forte”. Dentre estes, nos 17 locais onde os efluentes contaminaram significativamente as águas receptoras, foi analisada quantitativamente a qualidade das águas receptoras e dos efluentes. Os resultados destacaram a contaminação por fitonutrientes, essencialmente fosfato, principalmente nas margens eutrofizadas do Distrito Industrial dessa enseada. Este tipo de diagnóstico é uma ferramenta para gestores ambientais e deve ser mantido atualizado nessa enseada e repetido no estuário, na busca da qualidade das suas águas e para que os efluentes estejam em conformidade com as recomendações legais.

Palavras-chave: diagnóstico, efluentes, estuário da Laguna dos Patos, Saco da Mangueira.

An optimized strategy to diagnose the water quality of the Saco da Mangueira estuary inlet (Rio Grande/RS), which receives anthropogenic inputs

ABSTRACT

The southern waters of the Laguna dos Patos estuary border the municipality of Rio Grande, being classified into different quality classes (FEPAM, 1995). The diagnostic strategy for them presented here identifies the places on the banks where there is effluent discharge. Afterwards, the qualitative levels of contamination of each effluent and its receiving water are characterized *in loco* using an analytical kit. These locations are mapped, defining the representative areas to be monitored later and which effluents need further inspection. This strategy was applied in 2015 in the Saco da Mangueira estuary inlet (south of Rio Grande). Were highlighted forty-nine effluent discharge sites with qualitative levels of contamination ranging from “weak to very strong”. Among these, in the 17 places where the effluents significantly contaminated the receiving waters, the quality of the receiving waters and effluents was quantitatively analyzed. The results highlighted the contamination by phytonutrients, essentially phosphate, mainly in the eutrophic margins of the Industrial District of this inlet. This type of diagnosis is a tool for environmental managers and must be kept up to date in this inlet and repeated in the estuary, in order to ensure that the quality of its water complies with legal recommendations.

Keywords: diagnosis, effluents, Laguna dos Patos estuary, Saco da Mangueira, water pollution

Introdução

É necessário o investimento em projetos e em ações de gestão e monitoramento das águas, em especial quando estas têm atividades pesqueiras e recebem aportes antrópicos. Isso é reforçado em ambientes hídricos submetidos a processos de classificação e enquadramento de suas águas em diferentes e individuais “Classes de Qualidade” segundo seus usos e vocações. O monitoramento restrito à avaliação da qualidade das águas não necessariamente identifica as causas de possíveis desconformidades legais ou de contaminações.

Estes aspectos reforçam a utilidade da estratégia aqui proposta, que otimiza o diagnóstico da qualidade das águas e de suas possíveis fontes de contaminação.

Este diagnóstico identifica:

- onde tem efluentes clandestinos e oficiais sendo lançados em margens (mapeamento georreferenciado);
- em termos qualitativos, quais deles são contaminados e contaminam as águas receptoras e assim, necessitam de incrementos em fiscalização e cobrança da otimização de seus tratamentos antes de serem lançados;
- quais as áreas do ambiente hídrico são as prioritárias e representativas para o monitoramento da qualidade de suas águas. Os dados assim obtidos nos efluentes e nas águas receptoras dos mesmos devem ser avaliados quanto aos seus níveis de conformidade legal.

Sabendo os tipos e possíveis origens de efluentes lançados em cada área, fica facilitada a seleção dos parâmetros a serem analisados nos monitoramentos. Isso otimiza o processo do controle e da fiscalização da qualidade das águas e da busca de **“se ter a qualidade que deveria ter”**.

Este artigo apresenta a aplicação “piloto” dessa estratégia em 2015 na enseada estuarina Saco da Mangueira, que fica ao sul do município de Rio Grande (cerca de 200.000 hab.), no sul do estuário da Laguna dos Patos (Figura 1).

A base para a escolha dessa área foi que, no processo de classificação das águas do sul do estuário, ela foi classificada como Classe B de águas salobras (FEPAM, Norma Técnica nº 03, aprovação: Portaria nº 07, SSMA, 1995). Nas águas dessa classe somente “serão tolerados lançamentos de efluentes, desde que além de atenderem aos padrões legais de emissão, não venham a fazer com que os limites de concentrações estabelecidos para esta classe sejam ultrapassados”.

O lançamento de efluentes nas margens de Rio Grande é favorecido pela forma peninsular da cidade, que é banhada por águas estuarinas. A sua Rede de Esgotamento Sanitário (RES) abrange apenas entre 27 e 33% da cidade (ENGEPLUS, 2013) e é inadequada ao seu tamanho e desenvolvimento. A necessária expansão desta RES está prevista para atingir em torno de 50 a 60% da população (Prefeitura de Rio Grande, 2018).

Segundo informações obtidas diretamente na FEPAM em 2020, apesar das águas do sul do estuário da Laguna dos Patos já estarem classificadas, o processo

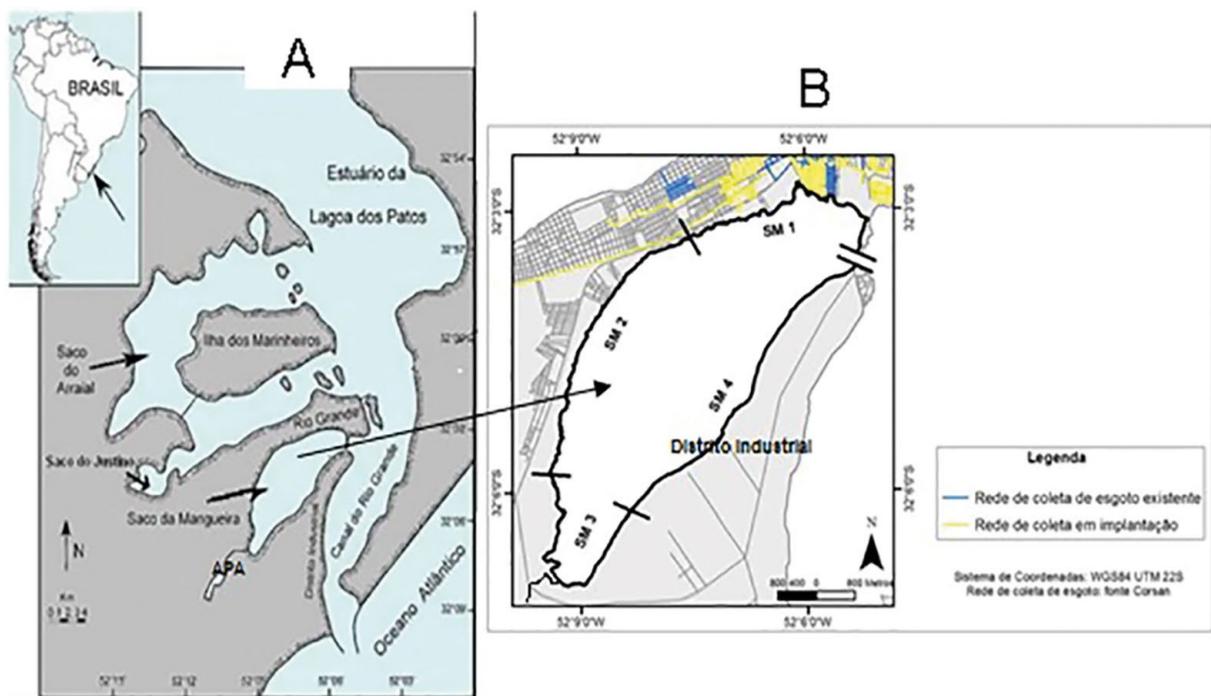


Figura 1 – A: Sul do estuário da Lagoa dos Patos; B: Rio Grande, sua rede de coleta de esgotos (fonte dos dados: CORSAN, 2014) e o Saco da Mangueira com as 4 áreas diagnosticadas (SM1, SM2, SM3 e SM4).

dos seus enquadramentos não está efetivado. A justificativa foi que isso ocorreria somente após a publicação da Resolução aprovando este enquadramento por parte do Conselho de Recursos Hídricos (CRH/RS), quando seria possível verificar o cumprimento das metas intermediárias vinculadas a esse processo.

Portanto, o diagnóstico completo destas águas e dos aportes de efluentes, conforme aqui proposto, é indispensável para a efetivação do enquadramento, podendo ser usado como ferramenta para o cumprimento das metas propostas para tal.

Área “piloto” diagnosticada: enseada Saco da Mangueira

O Saco da Mangueira é viveiro de espécies comercializáveis, sendo área de pesca artesanal. Esta enseada é semifechada com uma profundidade média de 1,5m no eixo e menos de um metro nas margens, com uma área de 27km².

Uma das extremidades da enseada está interligada com o Canal do Rio Grande, que fica no eixo do estuário, que é área portuária. A outra extremidade está interligada às águas da Área de Proteção Ambiental da Lagoa Verde, as quais foram classificadas como Classe Especial destinada à preservação.

A hidrodinâmica do Saco da Mangueira é diretamente relacionada à do eixo do estuário, que é influenciada por ventos e chuvas ocorrentes. Quando o estuário está em regime de vazante para o oceano, a salinidade da enseada é baixa. Em regime de enchente no estuário, há a entrada de água costeira na enseada e aumento da salinidade (Baumgarten, 2010).

Metodologia da estratégia de diagnóstico proposta

As etapas da aplicação desta estratégia foram as seguintes:

Etapa 1: digitalização e mapeamento da Rede de Esgotamento Sanitária de Rio Grande. Dados obtidos na CORSAN (Companhia de Saneamento de Rio Grande) (Figura 1).

Etapa 2: realizada *in loco*. Com um barco, a equipe percorreu toda a margem do Saco da Mangueira. Para esse diagnóstico, a enseada foi avaliada em quatro áreas sequenciais, cuja divisão foi baseada nos diferentes tipos de ocupação de margem e possíveis aportes antrópicos ou não (Figura 1):

- **Área SM1** – margem urbanizada de Rio Grande, indo desde entrada da enseada (ligação com o Canal do Rio Grande) até o final da maior concentração da urbanização desta margem;
- **Área SM2** – também fica na margem da cidade, mas em área menos central, se estendendo na direção do fundo da enseada. Possui menos aglomeração urbana, mas com vários condomínios residenciais e prédios comerciais nas margens;
- **Área SM3** – fundos da enseada, em área sem urbanização significativa nas margens. Recebe o deságue do Arroio Vieira e se comunica com o Canal São Simão, que é a entrada da Área de Proteção Ambiental da Lagoa Verde (APA),
- **Área SM4** – oposta à da área SM1. Abrange a margem da área do Distrito Industrial (DI) até a entrada do Saco da Mangueira.

Dentre as atividades realizadas na Etapa 2, inicialmente, a equipe embarcada identificou cada local onde escoava água na margem (“efluente”). Observou suas características ecológicas e geográficas. Fez a documentação fotográfica e o georreferenciamento do local com um GPS GARMIN portátil Modelo Etrex® 10X com margem de erro de $\pm 3,65\text{m}$ (12 pés).

Os efluentes foram caracterizados assim:

- **Pluvial:** lançado por emissário de concreto implantado pela prefeitura, ou por valetas de escoamento. Sem características visuais de contaminação, mesmo em épocas de chuvas.
- **Industrial:** lançado em margem precedida por atividades industriais, com emissão de líquido com características de ser, ou conter compostos típicos do processo industrial da região;
- **Doméstico:** lançamento oficial ou clandestino de efluentes lançados em margem habitada, com emissão de: líquidos escurecidos; resíduos de gorduras; detritos como fezes e outros materiais orgânicos em decomposição, e gases fétidos;
- **Fluvial:** deságue no Saco da Mangueira de arroios, afluentes ou de córregos naturais que drenam ambientes hídricos presentes na região e, visualmente sem contaminação.

Todas as informações obtidas em cada local de lançamento de efluentes e os resultados analíticos feitos em cada amostra foram tabelados. Cada um destes lo-

cais foi identificado na tabela com um número sequencial, que deve ser o mesmo apresentado posteriormente no mapa georreferenciado onde o local em questão será plotado. Essa mesma numeração entre tabela e mapa facilitou a associação entre a posição de cada local no mapa e suas caracterizações apresentadas na tabela.

Para as amostragens de cada efluente e de sua água de margem receptora, a equipe emitiu de dentro do barco uma estrutura tipo “braço de madeira” de cerca de 2 metros de comprimento com um amostrador na ponta (Figura 2). Esse aparato permite que a equipe embarcada amostre o ambiente receptor do efluente sem interferências da ressuspensão de sedimentos e de partículas superficiais. Esta ressuspensão pode ser causada pela movimentação do barco ou quando a equipe pisoteia o substrato para coletar as amostras em águas rasas.

Além disso, esse amostrador foi planejado para ser inserido dentro da estrutura por onde escoam os efluentes (emissários, canos, valetas), permitindo a coleta do efluente antes do seu deságue. Imediatamente após obtida cada amostra, nela foi medido o pH e a salinidade usando-se um potenciômetro e um condutivímetro digital. Foi avaliada a profundidade da água receptora de cada efluente.

Noutra alíquota de cada amostra foi avaliado o seu nível qualitativo de contaminação. Para tanto, foi usado um *kit* analítico (Figura 3) montado pela equipe desse trabalho, que dosa quimicamente por método colorimétrico os níveis de contaminação da amostra por fósforo. Esse elemento é assim usado como quimiocolorimétrico de contaminação da água por aportes antrópicos ricos em matéria orgânica em decomposição e resíduos de processamento e uso de fertilizantes. O resultado do nível qualitativo de contaminação da água é obtido *in loco*, após cerca de quinze minutos da reação entre os reagentes e a amostra analisada.

Os componentes do *kit*, armazenados em uma caixa são:

- um frasco com uma mistura de 4 reagentes previamente preparados num laboratório de química, segundo procedimentos descritos em Baumgarten *et al.* (2010). Eles são estocados sob refrigeração. Os reagentes são:



Figura 2 – Amostrador utilizado para as amostragens dos efluentes lançados nas margens e das suas águas receptoras (fonte: autoras).

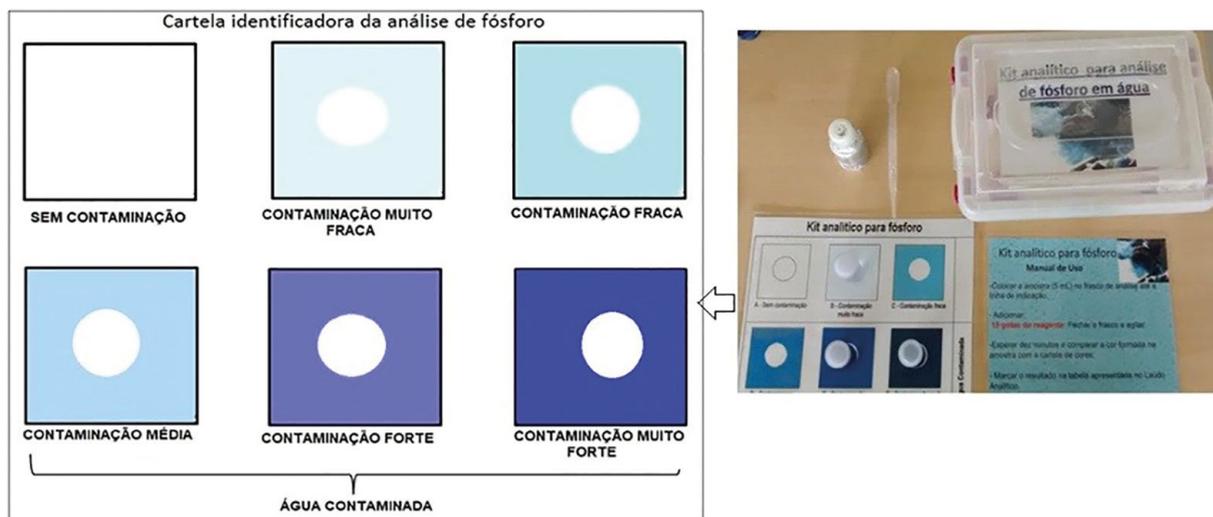


Figura 3 – Cartela identificadora dos níveis de contaminação da amostra e o *kit* analítico qualitativo de fósforo em águas. Componentes: caixa armazenadora, manual de uso; frasco da mistura de reagentes; pipetador; cartela de cores e frascos para colocar as amostras. Sobre a cartela estão amostras reagidas (fonte: autoras).

R1= molibdato de amônio (15g/500 ml de água destilada ou AD); R2= ácido sulfúrico 5N; R3=Ácido ascórbico (27 g/500 ml de AD); R4= antimônio tartarato de potássio (0,34g/250 ml de AD). A mistura destes reagentes que deve ser feita a cada dia de uso do *kit*, pois se conserva por poucas horas. Ela é feita nas proporções: 50 ml de R1; 125 ml de R2; 50 ml de R3 e 25 ml de R4. Na reação, a proporção de volume entre cada amostra e a mistura adicionada é de 10/1 ml;

- um manual didático de uso do *kit* e do preparo dos reagentes;
- pequenos frascos para colocar cada amostra e neles processar a reação após a adição da mistura de reagentes;
- uma cartela impressa com a tabela contendo 6 diferentes tons de azul. Cada tom identifica um nível de contaminação da amostra analisada (Figura 3).

Após a reação na amostra, se ela tem fósforo, forma-se um composto azul (fosfomolibdato reduzido), cuja intensidade da cor é proporcional à concentração de fósforo ou a sua contaminação. Depois, compara-se a amostra colorida com os tons de azul mostrados na cartela, identificando o nível qualitativo da contaminação por compostos fosfáticos.

Etapa 3: realizada posterior às coletas e à obtenção *in loco* de dados da identificação dos locais de lançamento de efluentes. Cada local de lançamento de efluente foi plotado no mapa georreferenciado da margem, usando-se os dados de latitude e longitude. Foi utilizado um *software* para Sistemas de Informações Geográficas (SIG) com código fonte aberto, que permite a visualização de dados georreferenciados. O programa é QGIS (<https://qgis.org/en/site/>. Acesso: fev. 2021).

No mapa, cada local foi identificado pelo seu número (mesmo da tabela) e por círculos: um representa o efluente e o outro a água receptora. Cada círculo é colorido no tom azul identificador do seu nível de contaminação.

Etapa 4: consistiu na avaliação quantitativa dos efluentes contaminados que contaminam a água receptora da margem e na avaliação dessa água. Para tanto, a equipe retornou com o barco no ambiente avaliado. Em cada local onde essa situação foi identificada, foram obtidas amostras do efluente e da sua água de margem receptora. Nessa etapa, para que a amostragem da água receptora fosse mais representativa das águas da enseada, o barco foi deslocado para cerca de 3 a 5 metros do deságue do efluente, e assim foi obtida a amostra, sempre usando o amostrador tipo “braço de madeira”. No Saco da Mangueira, nessa distância de afastamento da margem, a profundidade e a hidrodinâmica gradativamente aumentam, resultando em maior diluição do efluente lançado.

Em cada amostra, imediatamente após a coleta foram avaliados o pH, a salinidade e a temperatura. As amostras destinadas às análises do oxigênio foram fixadas para posterior análise. As amostras coletadas para outros parâmetros foram individualmente armazenadas e preservadas até suas análises.

Além dos parâmetros básicos feitos *in loco*, foram posteriormente avaliados outros importantes indicadores de contaminação por aportes de matéria orgânica urbana (esgotos domésticos) ou aportes de indústrias de fertilizantes e de processamento de grãos vegetais. Essa escolha foi baseada em que estas são as potenciais fontes de contaminação das águas de margem no Saco da Mangueira (Aguiar, 2015).

Em cada amostra foram analisados os parâmetros:

- DBO₅ (Demanda Bioquímica de Oxigênio em 5 dias): indica os níveis de matéria orgânica biodegradável na amostra;
- fitonutrientes dissolvidos nitrogênio amoniacal (somatório do amônio mais o gás amônia – expressado como N-NH₄⁺), nitrito (N-NO₂⁻) e fosfato (P-PO₄³⁻): produzidos na decomposição da matéria orgânica de origem urbana ou industrial, ou aportados para o ambiente por emissões não tratadas de indústrias de fertilizantes. O fosfato pode também ter origem da redissolução de sedimentos ou de partículas fosfáticas naturais ou antropicas (Baumgarten, 2010).
- gás amônia (NH₃): tóxico para a biota;
- material em suspensão (MS): indica a turbidez;
- bactérias *Escherichia coli* (*E. coli*): biondicadoras de aportes fecais recentes.

Os métodos analíticos estão descritos em Baumgarten *et al.* (2010), sendo: volumetria para oxigênio e DBO; espectrofotometria na faixa visível para os fitonutrientes e gravimetria para o material em suspensão. A amônia foi calculada a partir do resultado do nitrogênio amoniacal, considerando dados de temperatura, salinidade e pH de cada amostra. As bactérias foram analisadas apenas qualitativamente com um *kit* qualitativo COLItest (LKP Produtos para Diagnósticos Ltda).

Etapa 5: após análises das amostras, os resultados foram tabelados por local de coleta e comparados com os limites recomendados pelas legislações: Resolução n° 430 do CONAMA (2011) para efluentes. Para as águas do ambiente,

os resultados foram comparados com a Resolução nº 357 do CONAMA (2005). Isso se baseou em que, essa resolução, em seu Capítulo VI, artigo 42 descreve: “enquanto não forem aprovados os respectivos enquadramentos, as águas salinas e salobras serão consideradas como pertencentes a Classe 1”. Os resultados da água receptora também foram comparados com os limites descritos para alguns poucos parâmetros na Norma Técnica nº 03 da FEPAM (1995), que classificou o Saco da Mangueira como Classe B de águas salobras.

Em sequência, para complementar o diagnóstico aqui apresentado, os dados obtidos em 2015 foram comparados com outros dados mais atuais sobre qualidade das águas do Saco da Mangueira. Para tanto, foi identificada a carência desse tipo de dados na enseada.

Entretanto, existem os dados dos monitoramentos realizados nos anos de 2017 a 2019 nas águas do sul do estado do RS, na Bacia Hidrográfica Mirim/São Gonçalo. Nestes monitoramentos, são amostrados 2 pontos de coletas nas águas da área do Saco da Mangueira (FEPAM, 2021).

Resultados e discussão

Com a execução das **Etapas 1 e 2** da estratégia aqui proposta, foram identificados 64 locais onde havia efluentes sendo lançados. Deste total, 49 locais apresentaram efluentes potencialmente contaminados com níveis qualitativos desde “fraca a muito forte”, conforme indicação pelo *kit* analítico usado nessa avaliação (Figura 4). Dentre estes 49 locais, em 17 locais os efluentes contaminaram a água receptora da margem (**contaminação média a muito forte**). Essa situação é consequência da insuficiente abrangência da rede de coleta de esgotamento sanitário de Rio Grande, principalmente nas margens do Saco da Mangueira (Figura 1).

Especificando estes 49 locais por área (Figura 4):

- **Área SM1:** 21 locais de lançamento de efluentes contaminados: 3 de origem doméstica; 3 de origem industrial e 15 efluentes pluviais com prováveis ligações de esgotos domésticos. Destes 21 locais, em 4 os efluentes contaminaram a água receptora (números 6, 13, 15 e 21: 19,0% do total de efluentes contaminados).
- **Área SM2:** 18 locais de lançamento de efluentes contaminados: 3 de origem doméstica e 15 de origem pluvial com ligações de esgotos domésticos. Destes 18 locais, em 4 os efluentes contaminaram a água receptora (números 37, 41, 42 e 49: 22,2% do total de efluentes contaminados).
- **Área SM3:** sem locais de lançamento de efluentes.
- **Área SM4:** 10 locais de lançamento de efluentes contaminados, caracterizados como afluentes ou desaguadouros (Figura 5) com aportes residuais de indústrias de processamento de grãos vegetais, de fertilizantes, entre outras. Dentre estes locais, em 9 os efluentes contaminaram a água receptora (números 55, 56, 58 a 64: 90% do total de efluentes contaminados).

Portanto, nas áreas SM1 e SM2, marginais à cidade, a maioria dos efluentes lançados contaminados se caracterizaram como ligações clandestinas de esgotos

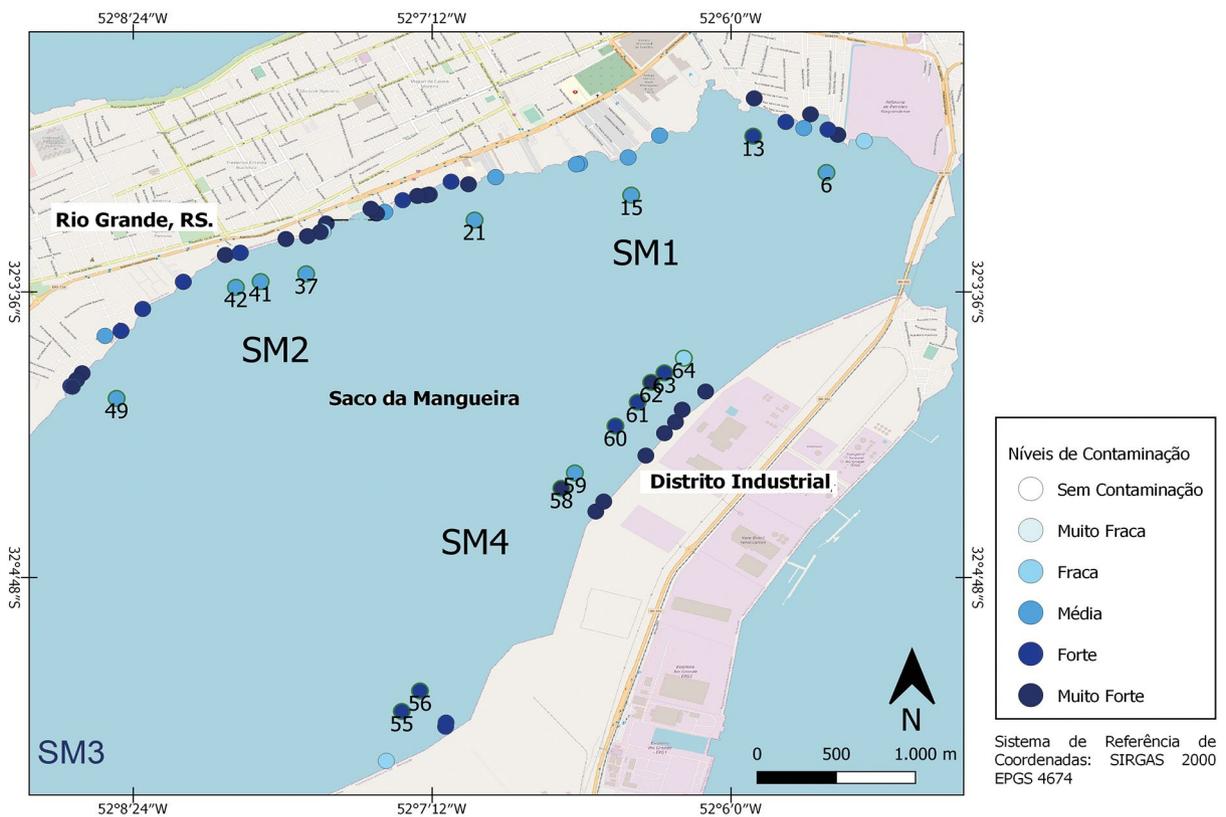


Figura 4 – Enseda Saco da Mangueira (Rio Grande/RS). Pontos plotados nas margens identificam os 49 locais de lançamento de efluentes com níveis de contaminação média até muito forte. Os 17 pontos duplos alinhados em alguns locais, identificados por números, mostram os locais onde os efluentes contaminaram as suas águas receptoras.

Fonte: adaptado de Aguiar, 2015 (obs.: nos locais onde há efluentes muito próximos, os pontos estão sobrepostos).



Figura 5 – Margem da Área SM4 no Saco da Mangueira e despejos desembocando na margem do Distrito Industrial. Em detalhe, a água contaminada acumulada na margem. Fonte: autores.

na rede pluvial municipal e com fraca vazão. Mesmo assim, alguns contaminaram as águas receptoras das margens (4 em cada uma das 2 áreas). A maioria destas ligações irregulares vem de construções, a maioria simples, instaladas nas margens não contempladas com a Rede de Esgotamento Sanitário (Figura 1).

Na área SM4, nos 9 locais de aportes de efluentes que contaminaram as águas receptoras, os desaguadouros aí presentes percorrem as laterais ou nas áreas de fundos das indústrias do Distrito Industrial, até desembocarem no Saco da Mangueira (Figura 5). Oficialmente, estes desaguadouros apenas são afluentes alimentados por águas das chuvas e por afloramentos e drenagens de águas subterrâneas, mas suas contaminações sugerem que recebem efluentes.

Em sequência às Etapas 1 e 2, a Etapa 3 permitiu a avaliação quantitativa no Saco da Mangueira, dos efluentes e das suas águas receptoras de margem dos 17 locais identificados com níveis de contaminação média, forte e muito forte. Assim foram avaliados os 4 locais com estas características em cada uma das Áreas SM1 e SM2 e os 9 locais na Área SM4 (Tabela 1, Figura 4).

Tabela 1 – Saco da Mangueira (Rio Grande/RS): qualidade das águas dos 17 efluentes identificados como contaminados e das suas águas receptoras nas margens (dados: set/outubro. Aguiar, 2015).

EFLUENTES

Locais Número s	Latitude	Longitude	T (°C)	pH	Sal	MS (mg/ L)	O2 (mg/L)	Sat. O2 (%)	DBO ₅ (mg/L)	N- NH ₄ ⁺ (mg/L)	NH ₃ (mg/L)	N-NO ₂ ⁻ (mg/L)	P-PO ₄ ⁻ (mg/L)
Área SM1 (efluentes em margem muito urbanizada)													
6	32° 02.940'	052° 05.571'	18	6,7	3,2	57	8,5	91,0	14,2	0,4	0,0005	0,04	0,3
13	32° 02.787'	052° 05.907'	22	6,9	0,7	36	0	0	78,7	2,0	0,0117	0,01	2,3
15	32° 03.035'	052° 06.413'	20	6,8	1,4	4	5,2	57,8	4,3	1,5	0,0071	0,05	0,4
21	32° 03.148'	052° 07.054'	19	6,6	6,4	20	8,3	93,1	7,9	0,3	0,0004	0,04	0,2
Área SM2 (efluentes em margem urbanizada)													
37	32° 03.378'	052° 07.787'	22	6,5	0,7	10	3,6	40,9	10,5	2,3	0,0043	0,13	0,5
41	32° 03.486'	052° 07.970'	21	6,7	1,2	14	3,3	37,4	9,2	2,6	0,0043	0,03	0,4
42	32° 03.436'	052° 07.970'	21	6,7	1,9	12	5,1	57,7	5,2	1,5	0,0025	0,03	0,2
49	32° 03.942'	052° 08.605'	21	7,0	0,3	14	2,4	27,2	39,8	1,3	0,0072	0,27	0,6
Área SM4 (margem do Distrito Industrial)													
55	32° 05.427'	052° 07.146'	22	6,6	0,4	10	3,3	37,5	16,7	2,1	0,0038	0,57	1,2
56	32° 05.410'	052° 07.144'	24	6,7	0,5	8	1,9	23,3	21,5	2,2	0,0046	0,10	1,0
58	32° 04.523'	052° 06.543'	22	6,8	0,4	32	6,1	70,1	4,6	2,7	0,0156	0,76	4,9
59	32° 04.481'	052° 06.511'	21	7,0	1,8	102	7,1	78,4	-	1,1	0,0056	0,13	2,4
60	32° 04.288'	052° 06.342'	24	3,1	1,5	18	5,3	63,3	-	1,3	0,0022	0,00	3,6
61	32° 04.194'	052° 06.267'	25	5,9	1,4	36	9,1	110,8	1,1	3,2	0,0072	0,08	5,5
62	32° 04.147'	052° 06.223'	23	4,5	2,5	110	8,4	100,0	25,7	0,3	0,0005	0,01	5,1
63	32° 04.095'	052° 06.196'	22	5,3	2,3	-	3,2	36,8	7,5	0,4	0,0007	0,08	5,3
64	32° 04.019'	052° 06.102'	24	3,7	4,8	28	3,7	44,9	24,0	26,3	0,0549	0,01	4,8
Legislação sobre lançamento de efluentes													
Resolução do CONAMA n° 430 (2005)	<40	5 a 9								20			
Legislações sobre qualidade de águas													
Resolução do CONAMA n° 357 (2005): Água salobra Classe 1	---	6 a 9	---	---	> 5	---	---	<0,40	---	<0,07	<0,124 como P- total		
Norma Técnica n°03, FEPAM (1995): Água salobra Classe B	---	6,5 a 8,5	---	---	>6	---	<3		<0,02	<1	---		

ÁGUAS RECEPTORAS

Margem da ÁREA SM 1 (área muito urbanizada)													
Local: número	Latitude	Longitude	T (°C)	pH	Sal	MS (mg/L)	O ₂ (mg/L)	Sat. O ₂ (%)	DBO ₅ (mg/L)	N-NH ₄ ⁺ (mg/L)	NH ₃ (mg/L)	N-NO ₂ ⁻ (mg/L)	P-PO ₄ ⁻³ (mg/L)
6	32° 02.940'	052° 05.571'	17	6,75	3,3	48	9,3	98,0	0	0,53	0,002	0,03	0,05
13	32° 02.787'	052° 05.907'	24	6,85	0,8	32	0	0	83,4	2,13	0,014	0,01	2,33
15	32° 03.035'	052° 06.413'	19	6,61	4,7	18	7,8	84,4	1,77	0,8	0,001	0,03	0,12
21	32° 03.148'	052° 07.054'	18	6,53	7	16	9,0	99,8	2,95	0,56	0,001	0,02	0,06
Margem da ÁREA SM 2 (área urbanizada)													
37	32° 03.378'	052° 07.787'	22	6,63	2,6	4	7,28	84,5	1,31	0,37	0,0007	0,02	0,17
41	32° 03.436'	052° 07.970'	21	6,73	2,2	6	6,21	70,6	3,82	0,79	0,0013	0,02	0,16
42	32° 03.436'	052° 07.970'	21	6,73	2,2	6	6,21	70,6	3,82	0,79	0,0013	0,02	0,16
49	32° 03.942'	052° 08.605'	22	6,81	0,8	70	3,96	45,5	13,9	0,54	0,0031	0,13	0,41
Margem da ÁREA SM4 (Distrito Industrial)													
55	32° 05.427'	052° 07.146'	22	6,66	0,4	8	4,15	47,5	13,7	2,16	0,004	0,5	1,15
56	32° 05.410'	052° 07.144'	26	6,81	0,5	32	3,31	41,0	24,4	2,21	0,0173	0,05	1,27
58	32° 04.523'	052° 06.543'	23	6,65	1,1	44	8,6	101,0	2,14	3,14	0,0061	0,23	2,8
59	32° 04.481'	052° 06.511'	24	7,04	1,4	46	8,87	106,3	3,49	0,99	0,0065	0,1	0,57
60	32° 04.288'	052° 06.342'	25	6,27	1,4	44	8,5	103,9	0	0,67	0,0015	0,06	0,74
61	32° 04.194'	052° 06.267'	25	6,66	1,4	58	9,38	114,7	1,61	0,51	0,0011	0,05	0,49
62	32° 04.147'	052° 06.223'	24	6,52	1,3	42	8,23	98,6	0,54	2,47	0,0052	0,07	3,19
63	32° 04.095'	052° 06.196'	24	6,59	1,4	46	6,31	75,7	3,49	1,33	0,0028	0,07	1,15
64	32° 04.019'	052° 06.102'	23	6,41	1,3	58	9,16	107,7	3,22	1,87	0,0036	0,05	2,44
Legislações sobre qualidade de águas													
Resolução do CONAMA nº 357 (2005) Água salobra Classe 1	---	6 a 9	---	---	>5	---	---	<0,40	---	<0,07	<0,124 como P-total		
Norma Técnica nº03, FEPAM (1995) Água salobra Classe B	---	6,5-8,5	---	---	>6	---	<3			<0,02	<1		

Essa avaliação no Saco da Mangueira (feita em set./out., 2015 - primavera) ocorreu quando o regime hidrológico era de intensa vazante da água da enseada na direção ao eixo do estuário, o que foi favorecido pelo período de alta pluviosidade na época. Em função disso, as salinidades foram baixas na enseada (máximo de 7) e menores nos efluentes (exceção para os locais 59 a 64, onde os desaguardos estavam estagnados retendo águas mixohalinas que entraram anteriormente). A salinidade positiva nos efluentes sugeriu que, no regime de vazante na enseada, houve intrusão da água da margem para dentro das estruturas onde escoam esses aportes hídricos (valetas, canos, afluentes ou emissários). Nesse caso, os efluentes foram diluídos antes de serem lançados, e estagnados na margem, diminuindo sua dispersão para o eixo da enseada.

Nestes 17 locais avaliados foi registrada a presença de bactérias fecais *E. coli* (teste qualitativo, por isso não apresentado na Tabela 1) nos efluentes e nas margens (exceção do efluente do local 60). Esse tipo de contaminação fecal microbiológica é grave e pode comprometer a qualidade sanitária dos moradores locais e dos organismos aí pescados.

Os resultados elevados de DBO_5 na maioria dos efluentes evidenciaram claramente o aporte antrópico de matéria orgânica. Nas águas receptoras esta contaminação se destacou nas Áreas SM2 e SM4 (Tabela 1), onde é muito insuficiente ou ausente suprimento da rede de coleta de esgotos (Figura 1).

Além disso, as desconformidades registradas pelas altas concentrações dos fitonutrientes nitrogênio amoniacal e, principalmente fosfato para as águas das 3 áreas avaliadas também corroboram com a presença de aportes de matéria orgânica, seja fecal ou industrial. Estes compostos inorgânicos se originam da decomposição microbiológica da matéria orgânica, ou diretamente de rejeitos de indústrias relacionadas ao processamento de fertilizantes.

Estas desconformidades nas concentrações de fitonutrientes foram mais intensas na Área SM4, corroborando com o constatado qualitativamente nas Etapas 1 e 2 deste trabalho (Figuras 4 e 6). Os resultados mostrados na Tabela 1 evidenciaram que nos locais 60 a 64 (fundos de indústrias de fertilizantes/químicas) dessa área industrial, as águas dos desaguadouros apresentaram uma problemática acidez (entre 3,1 a 5,9). Isso corrobora fortemente com a hipótese de que as indústrias próximas às margens dessa área podem estar liberando nos desaguadouros, efluentes clandestinos ácidos, e com compostos contendo nitrogênio e, principalmente fósforo e gorduras. Estes compostos de origem antrópica podem estar dissolvidos ou em suspensão. Nesse último caso, estes aportes contribuiriam para os relativos altos valores de material em suspensão (MS) nas águas das margens destes locais.

A associação desses compostos fitonutrientes fertiliza exageradamente a água, proliferando intensas e visíveis florações de colônias de cianobactérias oportunistas (*Aphanothece sp.*), conhecidas como “Ranho de Marinheiro” (Figura 5). Estas têm relativo curto ciclo de vida e, quando morrem se depositam sobre

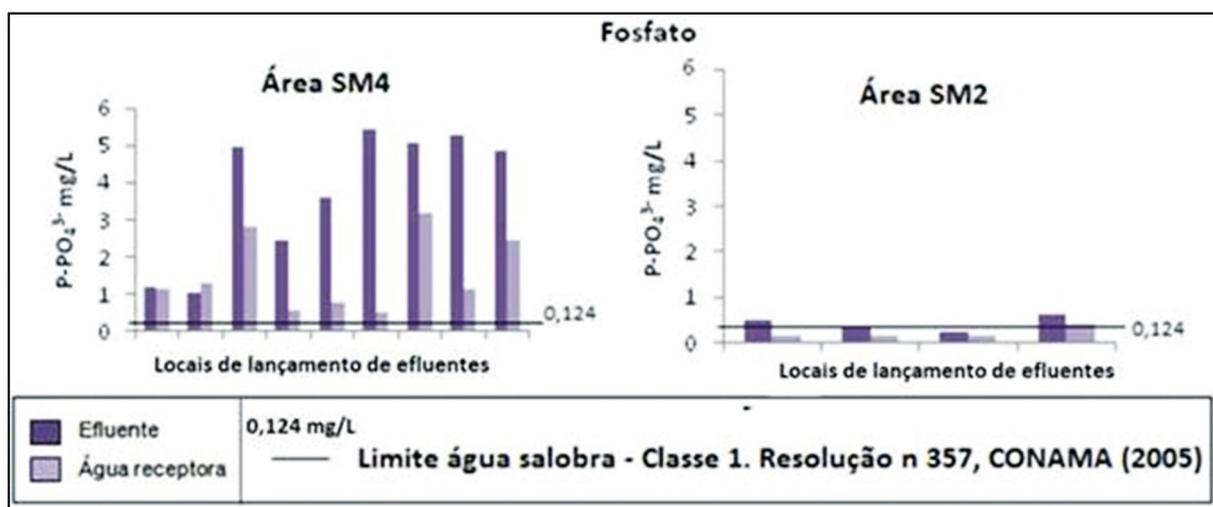


Figura 6 – Saco da Mangueira: concentrações de fosfato nos locais de lançamento de efluentes contaminados. Legenda: SM4: margem do Distrito Industrial; SM1: margem oposta, de uma área urbana de Rio Grande (adaptado de Aguiar, 2015).

o fundo das margens como uma película gelatinosa, prejudicando a oxigenação da coluna sedimentar superficial. Formam-se bolsões de gases reduzidos tóxicos e muito fétidos (metano, amoníaco e sulfetos), que são prejudiciais para a biota local (Baumgarten, 2010).

A comparação da qualidade das águas dos locais onde são lançados efluentes contaminados no Saco da Mangueira, com os dados atuais publicados em FEPAM (2021) para essa enseada (**Tabela 2**), gerou algumas considerações importantes.

Nestes monitoramentos atuais foram amostrados 2 pontos nas extremidades do Saco da Mangueira. Estes pontos têm características de hidrodinâmica e profundidade muito diversificadas dos amostrados em margens em 2015.

Um ponto avaliado pela FEPAM fica no canal de comunicação da enseada com o Canal do Rio Grande (entrada da enseada) e foi denominado no presente diagnóstico como Ponto B. Esse ponto está inserido nos limites entre as áreas SM1 (margem urbana) e SM4 (margem do Distrito Industrial). O segundo local de amostragem da FEPAM (Ponto A) fica no final da enseada, na sua intercomunicação com as águas da APA da Lagoa Verde. Esse ponto está situado na Área SM3, identificada no presente estudo como a mais distante e protegida dos locais de lançamento de efluentes.

A comparação entre estas avaliações bem diversificadas espaço-temporalmente da qualidade das águas do Saco da Mangueira evidenciou as prováveis origens antrópicas das inconformidades de algumas concentrações de fósforo total

Tabela 2 – Qualidade das águas de 2 pontos de amostragem nas extremidades do **Saco da Mangueira**, entre 2017/2019. Os resultados estão caracterizados em diferentes Classes de Qualidades, descritas em Resolução nº 357, CONAMA (2005), para águas doces (salinidade <0,5) ou salobras (salinidade >0,5). Fonte dos dados: reproduzido de FEPAM (2021).

Ponto A: código 87993000 (Saco da Mangueira) - Lat.: -32,05912100; long. -52,08815200

Ponto B: código 87993000 (Canal do Rio Grande) - Lat.: -32,11344600; Long.: -52,15807900

Localização dos pontos de coleta



Legendas

	Classe 1
	Classe 2
	Classe 3
	Classe 4
	Acima do limite superior da pior classe
	Sem classificação

Datas das coletas	pH	Sal.	O ₂ (mg/L)	DBO ₅ (mg/L)	N-NH ₄ ⁺ (mg/L)	P-total (mg/L)	E. coli (NMP/ 100ml)
22/08/2017 - PONTO A	8,08	0,09	9,77	1	0,222	0,124	64,4
	PONTO B	8,20	7,16	10,18	1	0,220	0,231
21/11/2017 - PONTO A		7,57	7,97	7,7	3	0,094	0,123
	PONTO B	8,03	22,05	8,41	2	0,089	0,088
05/02/2018 - PONTO A		*	15,4	10,49	2	0,150	*
	PONTO B	7,34	14,89	7,34	2	0,135	*
08/05/2018 - PONTO A		8,15	10,93	7,75	3	0,122	0,114
	PONTO B	7,76	*	7,44	3	0,211	0,126
07/08/2018 - PONTO A		7,16	0,45	8,91	1	0,135	0,308
	PONTO B	7,33	2,06	10,03	1	0,114	0,074
06/11/2018 - PONTO A		7,92	0,38	7,30	1	0,120	0,079
	PONTO B	7,77	0,71	7,82	1	0,088	0,178
05/02/2019 - PONTO A		7,86	3,08	7,57	4	0,064	0,247
	PONTO B	7,80	4,84	8,53	2	0,064	0,243
07/05/2019 - PONTO A		7,85	9,56	7,60	4	0,341	0,071
	PONTO B	7,73	7,07	8,46	2	0,474	*
06/08/2019 - PONTO A		7,97	3,89	9,43	1	0,018	0,091
	PONTO B	7,63	6,50	9,80	1	0,375	0,137
05/11/2019 - PONTO A		7,13	0,21	7,51	1	0,064	0,210
	PONTO B	7,03	0,12	8,22	1	0,064	0,149

(somatório de fosfato dissolvido e fósforo particulado) e bactérias *E. coli*, avaliadas nos monitoramentos feitos pela FEPAM. Corrobora com essa associação entre causa e efeito, a constatação de que os efluentes e suas águas receptoras também apresentaram contaminação nestes parâmetros.

Avaliando os resultados apresentados na Tabela 2, referente aos monitoramentos realizados pela FEPAM, era desejável que todas as células com os resultados estivessem “azuis”, como ocorreu somente para os valores de pH e oxigênio. Essa recomendação é baseada em que a Resolução nº 357 (CONAMA, 2005) as águas dessa enseada deveriam ter qualidade equivalente às recomendações de Classe 1”.

Quanto aos resultados do nitrogênio amoniacal e da DBO apresentados na tabela 2, estes somente ultrapassaram os limites legais apenas 1 e 2 vezes, respectivamente. Os motivos dos decréscimos nas concentrações do nitrogênio amoniacal nos Pontos A e B em relação às identificadas nas margens (Tabela 1), pode ser a assimilação nas margens pelas florações (eutrofização) aí abundantes. Além disso, este fitonutriente se oxida a nitrito e nitrato (nitrificação) em águas bem oxigenadas, como as do eixo da enseada.

Quanto ao fósforo, a frequente contaminação nos Pontos A e B demonstrou que os aportes desse elemento químico pelos efluentes afeta outras áreas da enseada, podendo atingir as suas águas adjacentes. Isso ocorreu apesar das diluições que os efluentes sofrem ao serem lançados na enseada e ainda, considerando que o fósforo, quando dissolvido, é assimilado pelas florações oportunistas abundantes nas margens.

A contaminação por bactérias *E. coli* registradas em algumas amostragens nos Pontos A e B, na presença de águas doces e mixohalinas, indicou que os aportes fecais urbanos podem contaminar outras áreas da enseada, além das margens.

Conclusões e considerações finais

Esta estratégia de diagnosticar a qualidade das águas se mostrou otimizada para as águas de ambientes com visíveis problemas de contaminação por efluentes, como é o Saco da Mangueira. Recomenda-se sua aplicação em outras áreas do estuário da Laguna dos Patos ou outros ambientes hídricos com ocupação de margens. Ela deve ser atualizada periodicamente, cujo intervalo de tempo depende da dinâmica das alterações na evolução de ocupação das margens avaliadas.

Com o diagnóstico do Saco da Mangueira foram identificadas as suas áreas críticas, as quais devem ser continuamente monitoradas. Dentre as suas 3 áreas receptoras de efluentes, destacou-se a Área SM4 nas margens do Distrito Industrial. Nos 9 locais com prováveis aportes antrópicos identificados nessa área, as águas estavam enriquecidas com compostos nitrogenados e, principalmente fosfáticos, causando sérios desequilíbrios tróficos.

Portanto, como na área SM4 ainda não há rede de coleta de esgotos, é necessário que as inúmeras indústrias instaladas na Área SM4 disponham individualmente ou de forma comunitária, de suas próprias estações de tratamento de seus efluentes. É importante a cobrança pelos órgãos públicos, do cumprimento

das legislações referentes a lançamentos de efluentes. Sugere-se a adoção sempre que possível, de práticas de reuso da água do processo industrial.

Nas áreas SM1 e SM2 destacou-se o problema das ligações clandestinas de esgotos na rede pluvial que deságua no Saco da Mangueira. As margens dessas áreas têm crescente urbanização, com comércio de grande porte. Elas não são supridas integralmente com rede de coleta de esgotos. Por isso, é importante a exigência oficial de fossas otimizadas nas edificações das margens destas áreas (mesmo as mais humildes), ou de outros sistemas de tratamento de efluentes. Urge a extensão da rede de coleta de esgotos para todas as margens urbanizadas destas áreas.

Este diagnóstico também evidenciou a necessidade de que em monitoramentos no Saco da Mangueira, os locais amostrados precisam ser representativos das diferentes áreas e dos intensos e diferentes aportes antrópicos identificados.

Nesse sentido, os 2 pontos avaliados nos monitoramentos sazonais que a FEPAM faz nas águas das 2 extremidades da enseada são importantes e complementaram o presente diagnóstico. As análises de suas águas identificam exportações e importações de contaminantes lançados nas margens e os níveis de conformidade legal das concentrações aí identificadas. Isso ficou evidente na grave contaminação detectada nestes pontos por compostos fosfáticos e por bactérias fecais *E. coli* em muitas amostragens. Essa contaminação é mais grave principalmente porque, quando ocorre o regime de enchente na enseada (maior salinidade), essa água contaminada pode penetrar na APA da Lagoa Verde.

Portanto, o presente diagnóstico comprovou que, em todos os monitoramentos realizados nessa enseada, devem ser avaliados pontos de amostragens representativos de sua alta diversidade espaço-temporal. Na definição dos pontos amostrais a serem monitorados, que seja considerada a presença dos aportes industriais (Área SM4) e urbanos (Áreas SM2 e SM1). Recomenda-se também a análise de parâmetros como: metais, óleos e graxas, fenóis. Estes podem estar presentes nos efluentes identificados nesse diagnóstico.

Conclui-se que esse diagnóstico representa uma ferramenta para o cumprimento de metas necessárias para a efetivação do processo do enquadramento das águas, não só do Saco da Mangueira, como do sul do estuário da Laguna dos Patos. Entende-se que é necessário atingir e manter a qualidade que se quer ou que é recomendada para estes importantes ambientes hídricos estuarinos.

Referências bibliográficas

AGUIAR, V. F. **Identificação e caracterização dos locais de lançamento de efluentes líquidos na enseada estuarina Saco da Mangueira (Rio Grande-RS)**. 2015. 59 f. Monografia de conclusão. Curso de Oceanologia. FURG, Rio Grande. 2015.

BAUMGARTEN, M. G. Z. A eutrofização das águas de uma enseada do estuário da Lagoa dos Patos (RS) protegida pela legislação ambiental. **FEPAM em Revista**, v. 3 n. 2: p. 34-42, 2010.

BAUMGARTEN, M. G. Z.; WALLNER-KERSANACH, M.; NIENCHESKI, L. F. H. **Manual de análises em Oceanografia Química**. 2. ed. Rio Grande: FURG, 2010. 174 p.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). **Resolução nº 357, de 18/03/2005**. Revoga a Resolução nº 20, de 1986. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para os seus enquadramentos. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 18 mar. 2005, p. 58-63.

____. **Resolução Nº 430, de 13/05/2011**. Complementa e altera a Resolução Nº 357, de 17/03/2005. Dispõe sobre as condicionantes e padrões de lançamento de efluentes. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 16 maio 2011, p. 89.

ENGEPLUS, ENGENHARIA e CONSULTORIA LTDA. **Elaboração do Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB) do Município de Rio Grande**: diagnóstico do Saneamento Básico (sub-produto 2.2). Rio Grande: Prefeitura Municipal. SMMA, 2013. 403 p.

FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PROTEÇÃO AMBIENTAL HENRIQUE LUIZ ROESSLER (FEPAM). **Norma Técnica nº 03/1995, aprovada pela Portaria Nº 07 emitida pela SSMA de 24/05/1995**. Classificação das águas de uma parte sul do estuário da Laguna dos Patos. Diário Oficial do Estado do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 25 maio 1995, p. 12-13.

____. Departamento de Qualidade Ambiental. **Relatório da qualidade da água superficial da bacia hidrográfica da Lagoa Mirim e do Canal São Gonçalo**. Disponível em <http://www.fepam.rs.gov.br/biblioteca/Avaliacao_Qualidade_Aguas_Superficiais_Bacia_Mirim-Sao_Goncalo.pdf> Acesso em agosto de 2021.

RIO GRANDE. Prefeitura. **Portal da Transparência**. Rio Grande COMVIDA. Disponível em <<http://www.riogrande.rs.gov.br/planos-das-obras-de-saneamento-e-esgotamento-de-rio-grande-sao-apresentados-ao-executivomunicipal/>>. Acesso em: 20 maio 2020.

Monitoramento da recuperação da vegetação em áreas de preservação permanente (APP) degradadas por mineração, às margens do rio Jacuí, no município de Salto do Jacuí, RS

Maria Eduarda Cramer Schwengber¹, Adriana Rosa Campagna²,
Kátia Helena Lipp-Nissinen^{1,*}

¹Divisão de Laboratórios, ²Divisão de Aquacultura e Culturas Perenes, Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luis Roessler - FEPAM; Av. Borges de Medeiros, 261, Porto Alegre, RS, CEP 90021-020, Brasil.

E-mails: mariaeduardacramer@outlook.com; adriana-campagna@fepam.rs.gov.br;

*Autora para correspondência: katiahl@fepam.rs.gov.br.

RESUMO

Matas ciliares têm importantes funções ecológicas na proteção de cursos hídricos, biodiversidade, minimização de impactos dos usos e ocupação do solo, dentre outras, sendo legalmente protegidas como áreas de preservação permanente (APP). Grandes jazidas de ágata localizam-se no município de Salto do Jacuí, RS, nas proximidades de cursos d'água, como o rio Jacuí. As APP desse rio foram degradadas ao longo de anos, em épocas anteriores ao licenciamento ambiental dos empreendimentos minerários. As primeiras ações de fiscalização ambiental na região se deram a partir de 2006. Neste estudo objetivou-se monitorar a recuperação da cobertura vegetal em APP degradadas por mineração de ágata, através da análise de imagens de satélite do Google Earth™ de três diferentes datas, 2003, 2010 e 2016. As imagens foram vetorizadas com o software QGIS 2.18.0 e as áreas com solo exposto, indicando degradação na APP, foram calculadas. Do total de áreas degradadas sem cobertura vegetal em 2003, 67,64% apresentavam-se cobertos com alguma vegetação até 2016. O sensoriamento remoto utilizado provou ser eficiente para monitorar, em uma série histórica, o recobrimento da vegetação em APP. Contudo, em áreas cuja recuperação requer também a reconfiguração de solo e relevo, o monitoramento necessitará vistorias *in loco* ou metodologias mais apuradas de sensoriamento remoto.

Palavras-Chave: Google Earth™, matas ciliares, rio Jacuí, sensoriamento remoto

Monitoring the recovery of vegetation in permanent preservation areas (APP) degraded by mining, alongside the Jacuí river, in the municipality of Salto do Jacuí, RS

ABSTRACT

Riparian forests have important ecological functions in the protection of water courses, biodiversity, minimizing the impacts of land use and occupation, among others. Therefore, they were made legally protected as areas of permanent preservation (APP). Large agate deposits are located in the municipality of Salto do Jacuí, RS, alongside the water courses, such as the Jacuí River. The APP of this river were degraded over the years, in times prior to the environmental licensing of mining projects. The first environmental inspection actions in the region took place in 2006. This study aimed to monitor the recovery of vegetation in areas degraded by agate mining in APP, through the analysis of Google Earth™ satellite images from three different data, 2003, 2010 and 2016. The images were vectored using the QGIS 2.18.0 software and the areas with exposed soil, indicating degradation in the APP, were calculated. Of the total degraded areas without vegetation cover in 2003, 67.64% were covered by some vegetation by 2016. The methodology used proved to be efficient for the monitoring of riparian vegetation recovery, through a

historical series. However, in areas where the recovery requires reconfiguration of soil and relief, monitoring will need on-site inspections or more accurate remote sensing methodologies.

Keywords: Google Earth™; Jacuí river; remote sensing; riparian forests

Introdução

As formações vegetais ao longo de corpos de água situam-se na zona de transição entre ecossistemas aquáticos e terrestres, sendo comumente denominadas ripárias, ribeirinhas, florestas de galeria ou matas ciliares, dependendo das características inerentes à comunidade vegetal e ao recurso hídrico (BOTELHO; DAVIDE, 2002). Apresentam funções ambientais importantes, dentre as quais se destacam: estabilização da quantidade e da qualidade da água (LIMA; ZAKIA, 2001), retenção de substâncias poluentes de origem agrícola (ANDRADE *et al.*, 2005), redução da carga de nutrientes e sedimentos (YUAN *et al.*, 2009), equilíbrio da morfologia fluvial, manutenção do equilíbrio térmico com a diminuição da insolação (AGUIAR JÚNIOR e PARRON, 2015), redução da erosão das margens (HOLANDA *et al.*, 2010) e fornecimento de habitat para a fauna (FERNANDES *et al.*, 2011), além de funcionarem como importantes corredores para o movimento da fauna entre fragmentos florestais e para a dispersão vegetal (LIMA; ZAKIA, 2001). Áreas ribeirinhas preservadas são, portanto, essenciais para minimizar os impactos negativos das práticas de uso e ocupação do solo junto aos recursos hídricos (TANIWAKI *et al.*, 2017).

As matas ciliares estão legalmente protegidas como áreas de preservação permanente (APP) desde a publicação do antigo Código Florestal Brasileiro de 1965, o qual foi substituído pelo atual Código de 2012, que, através das Leis Federais N° 12.651, de 25 de maio de 2012 (BRASIL, 2012a) e N° 12.727, de 17 de outubro de 2012, visa proteger a vegetação nativa (BRASIL, 2012b).

A manutenção das funções e dos serviços ecossistêmicos de uma mata ciliar depende de sua integridade, devendo-se, portanto, evitar a sua fragmentação ao longo do fluxo hídrico. No caso de cursos d'água com larguras bastante variáveis, como os rios sinuosos ou meandrantos, a integridade da mata ciliar será maior, quando a largura máxima do trecho do rio for considerada como o critério para a delimitação da sua faixa de APP, em conformidade com a lei (SCHWENGBER *et al.*, 2018).

Não obstante a sua preservação estar assegurada na legislação brasileira, altos índices de devastação de matas ciliares ainda decorrem da interferência humana (CORREA E SILVA & MARTINS, 2005; CHAVES, 2009), resultando em alterações na qualidade das águas (MARMONTEL & RODRIGUES, 2015), na estrutura do habitat e na diversidade de espécies aquáticas (BELTRÃO *et al.*, 2009). Dentre as atividades antrópicas utilizadoras de recursos naturais, a mineração é reconhecida como de alto impacto e ocasionadora de degradação em zonas ribeirinha (CARDOSO, 2008). A mineração, como outras atividades, depende de prévio licenciamento ambiental, previsto na Política Nacional de Meio Ambiente, instituída pela Lei n° 6938, de 31 de agosto de 1981 (BRASIL, 1981). Além disso, a Constituição Federal de 1988 estabeleceu a obrigatoriedade da recuperação de todas

as áreas degradadas pela mineração (BRASIL, 1988). Cumpre aos órgãos públicos de proteção ambiental a definição de critérios e de condicionantes para o licenciamento da localização e da operacionalização, bem como a fiscalização dessas atividades, ordenando, assim, o estabelecido na legislação vigente com as características naturais a serem preservadas.

O estado do Rio Grande do Sul (RS) destaca-se como um dos maiores centros de extração, beneficiamento e exportação de ágatas, ametistas e outras pedras preciosas (HARTMANN, 2010). As grandes jazidas de ágata localizam-se na região centro-norte do RS, nas proximidades de cursos d'água, como o rio Jacuí. Zonas ribeirinhas desse importante rio foram degradadas ao longo de anos, em épocas anteriores ao licenciamento ambiental dos empreendimentos minerários.

O controle e o monitoramento da recuperação dessas APP degradadas pela mineração exigem, inicialmente, a delimitação das faixas marginais que, se realizada de forma manual, pode ser um processo bastante trabalhoso. Portanto, o uso de um sistema de informações geográficas (SIG) e de ferramentas digitais pode facilitar a tarefa significativamente. Além da delimitação da APP, tais ferramentas possibilitam coleta, armazenamento, visualização e análise de dados georreferenciados. Tornam mais eficazes a identificação e o monitoramento de áreas de importância, podendo ser implementadas em curto tempo e diferentes escalas (ÁVILA & OLIVEIRA, 2013).

Essas informações são relevantes para análises da cobertura do solo, o monitoramento da recuperação de áreas degradadas e a fiscalização de atividades licenciadas e de interferências ilegais, dentre outras aplicações à gestão ambiental (GONZÁLEZ *et al.*, 2015). Bronaut & Paranhos Filho, (2006) verificaram que a utilização de imagens Landsat/ETM+ foi bastante satisfatória para a delimitação das APP de cursos d'água com largura superior a 10 m, comprovando também que o sensoriamento remoto pode ser uma eficiente ferramenta de apoio para a fiscalização e o monitoramento dessas áreas. Enquanto Correa e Silva & Martins (2005), utilizando imagens de satélites de um período de 35 anos em uma região ribeirinha de alta importância ecológica, obtiveram o seu mapeamento e a classificação em unidades de uso do solo, satisfatoriamente, para fins de recuperação das áreas degradadas.

No presente estudo, objetivou-se selecionar e analisar imagens de satélite a fim de monitorar, temporalmente, as variações na cobertura do solo pela instalação espontânea da vegetação, em áreas desativadas de lavras de mineração de ágatas, nas margens do rio Jacuí, no município de Salto do Jacuí, RS.

Material e Métodos

Área de Estudo

O município de Salto do Jacuí (29° 05' 16" S, 53° 12' 27" O) está localizado na região centro-norte do RS, Brasil (Figura 1), a uma altitude média de 322 m, com área superficial de 507,43 km² e população estimada em 12.490 habitantes (IBGE, 2017). Salto do Jacuí insere-se no Bioma da Mata Atlântica, na região fitogeográfica da Floresta Estacional Decidual (Projeto RADAM-Brasil, 2000),

Sua origem está, historicamente, vinculada à construção de reservatórios e hidrelétricas ao longo do rio Jacuí. Além disso, a extração de pedras preciosas, principalmente de ágata, é uma atividade bastante importante no Município e na sua região adjacente. Ali ocorrem os maiores depósitos do Brasil, que são também apontados como os maiores depósitos mundiais de ágata (CPRM, 2017).

A área objeto do estudo foi escolhida através de visualização no programa Google Earth 7.1.2.204 de um trecho natural do alto rio Jacuí, livre de barramentos (Figura 1). Em vistoria local, foram identificadas áreas de extração mineral paralisadas, as quais poderiam ser indicadoras de recuperação por recomposição da vegetação, para fins de monitoramento através de sensoriamento remoto.

Metodologia

Para monitorar o restabelecimento de vegetação nas áreas degradadas da área de estudo, foram selecionadas imagens de satélite, disponibilizadas na internet através do programa Google Earth™, com boa resolução e sem nuvens, nas quais se identificassem locais com solo exposto e/ou coloração diferenciada na mata ciliar. Tais imagens compreenderam um período histórico de 15 anos, incluindo as primeiras ações efetivas de fiscalização na região a partir de 2006, já que a exploração mineirária ocorria sem o devido licenciamento ambiental até então. Adicionalmente, uma pesquisa aos dados no Sistema de Informações Geográficas da Mineração – SIGMINE, disponibilizados *online* pelo então Departamento Nacional de Pesquisa Mineral - DNPM (atualmente Agência Nacional de Mineração - ANM) possibilitou, nessas imagens, a identificação de polígonos, licenciados para mineração por aquele Órgão, nas proximidades do rio Jacuí. Desse modo, foram selecionadas três imagens, datadas de 2003, 2010 e 2016. Em seguida, com a ferramenta *Adicionar Polígono* do Google Earth, procedeu-se à vetorização do mesmo trecho do rio Jacuí em cada uma das cenas.

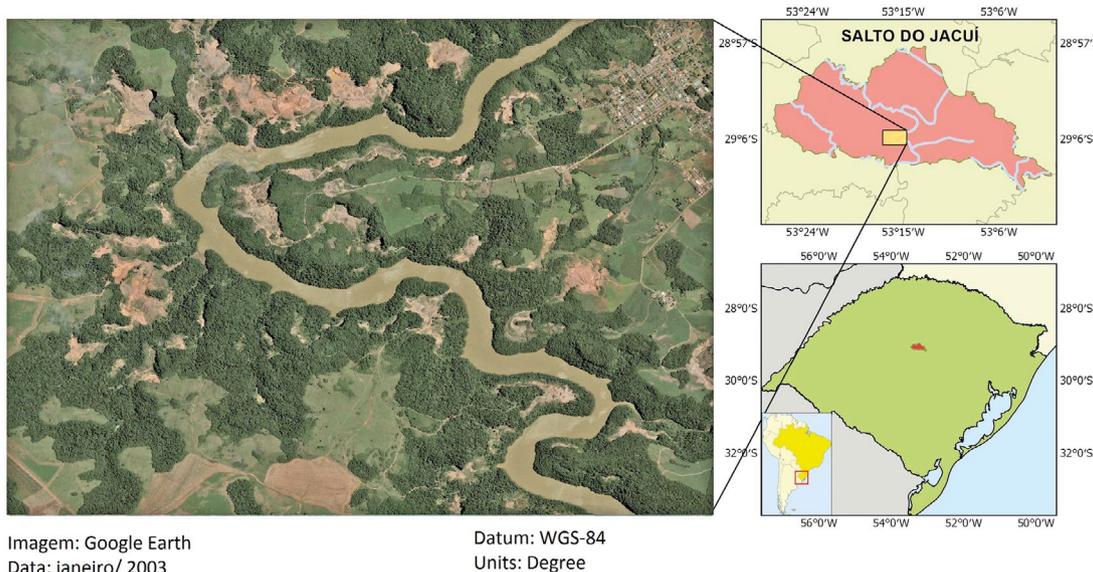


Figura 1 – Localização da área de estudo ao longo de trecho do curso do rio Jacuí, no município de Salto do Jacuí, estado do Rio Grande do Sul, Brasil, América do Sul. Fonte: adaptada de Silva *et al.* (2017).

Os vetores do rio Jacuí e das áreas degradadas foram salvos em *Keyhole Markup Language (KML)*, com sistema de referência de coordenadas em WGS-84, formato compatível com o Google Earth. Utilizando-se o *software* livre QGIS 2.18.0, esses vetores foram convertidos para *shapefile* e redefinidos para o sistema de coordenadas *Sistema de Referência Geocêntrico Para as Américas (SIRGAS 2000) EPSG: 31982*.

Uma faixa de APP de 200 m de largura foi dimensionada com a ferramenta *Buffer de Distância Fixa*, considerando-se a maior largura entre as calhas do rio no trecho meandrante estudado, em cumprimento ao requerido na legislação (BRASIL, 2012a e 2012b) e conforme metodologia descrita anteriormente por este grupo de pesquisa (SCHWENGBER *et al.* 2018).

Com a ferramenta *Interseção*, a seguir foram identificadas e isoladas as áreas com solo exposto, isto é, degradadas dentro do polígono de estudo. Para aquelas inseridas em APP, foi realizado o cálculo da área superficial (em ha) utilizando-se as ferramentas de *Calculadora de Campo* e de *Consulta de Estatística*. Com os valores obtidos, fez-se a comparação dos totais de áreas degradadas de cada uma das três imagens analisadas.

Para o reconhecimento da área foi realizada uma vistoria técnica, em março de 2018, em duas poligonais licenciadas pelo DNPM – sob os Números de Registro para Lavra Garimpeira 810818/2006 e 810548/2006 (Figura 2). Verificou-se que a recuperação das frentes de lavra visitadas, denominadas de Taquara e

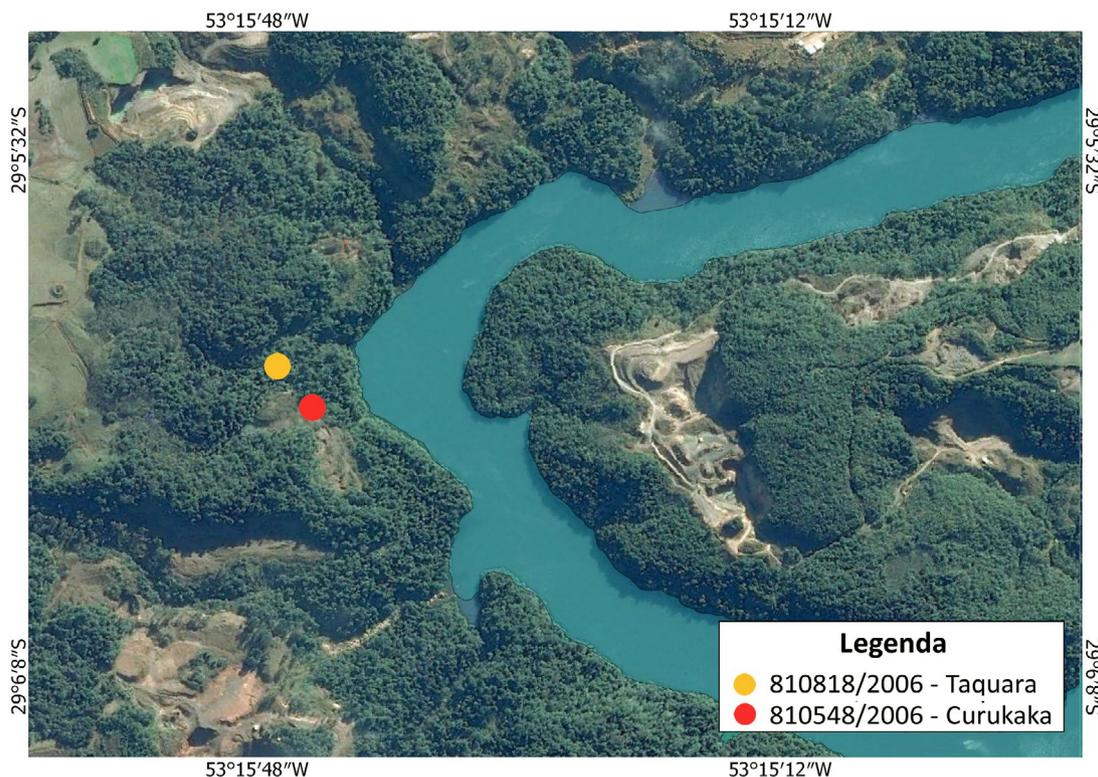


Figura 2 – Imagem do ano de 2016 do GoogleEarth™ localizando os dois pontos visitados na APP da margem esquerda.

Curukaka, fora inserida na Licença de Operação (LO) FEPAM nº 5818 do ano de 2011. A paralisação da atividade de extração e a recuperação dos dois locais estavam condicionadas pela LO. Por terem suas atividades paralisadas, tornaram-se locais apropriados à visitação nesta pesquisa, assim como para a verificação do estado de sua recuperação nas imagens de satélite.

Resultados e discussão

A utilização de imagens de alta resolução do Google Earth com o *software* QGIS a partir da ferramenta de *Composição de Mapa* em seu sistema de referência permitiu a criação de mapas contendo hidrografia, áreas de preservação permanente e áreas com solo exposto, isto é, resultantes de degradação pela mineração como ilustrado nas Figuras 3, 4 e 5, representando os anos de 2003, 2010 e 2016, respectivamente. Outros autores também demonstraram que imagens Google Earth podem ser utilizadas de forma eficiente para a quantificação mais precisa das APP (OLIVEIRA, 2009; ÁVILA & OLIVEIRA, 2013).

O valor de área total da APP calculado na área de estudo foi 367,65 ha. No ano de 2003 (Figura 3), o valor de área degradada obtido dentro da APP foi de 44,83 ha, ou seja, 12,20% da área de preservação.

No ano de 2010 (Figura 4), a área total degradada encontrada foi de 35,11 ha, o equivalente a 9,55% da área total de preservação. Esse resultado representa

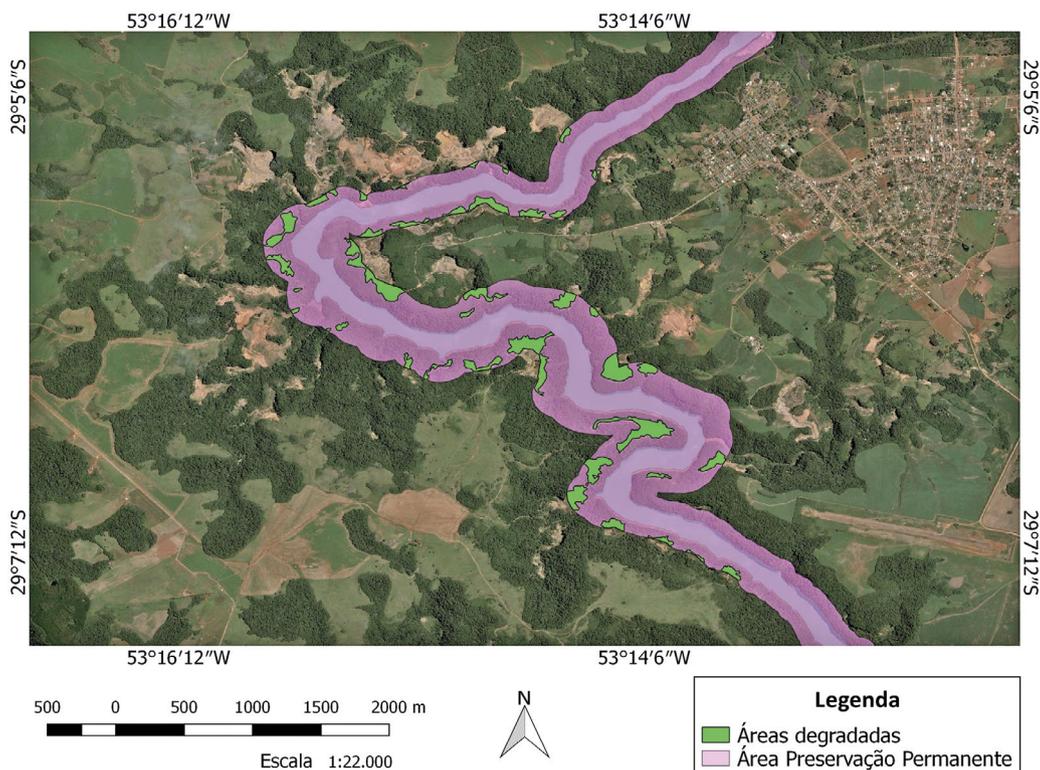


Figura 3 – Imagem de satélite, do Google Earth™, datada de 2003, em Salto do Jacuí-RS, ilustrando as áreas degradadas e a APP do rio Jacuí.

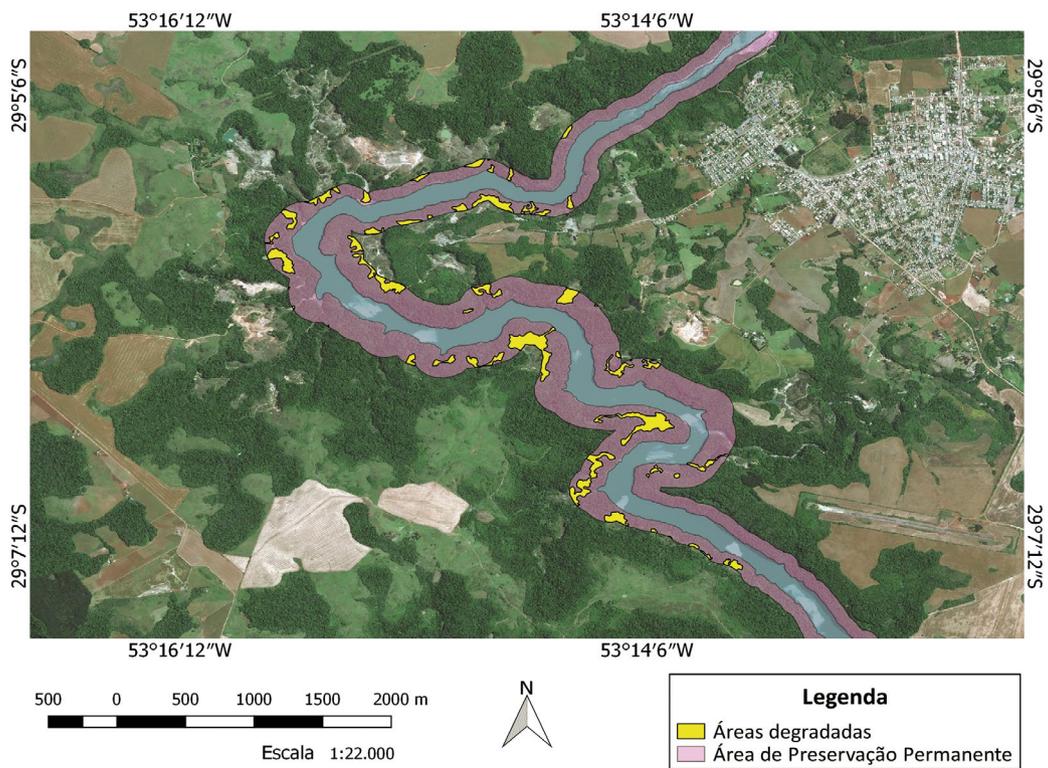


Figura 4 – Imagem de satélite, do Google Earth™, datada de 2010, em Salto do Jacuí-RS, ilustrando as áreas degradadas e a APP do rio Jacuí.

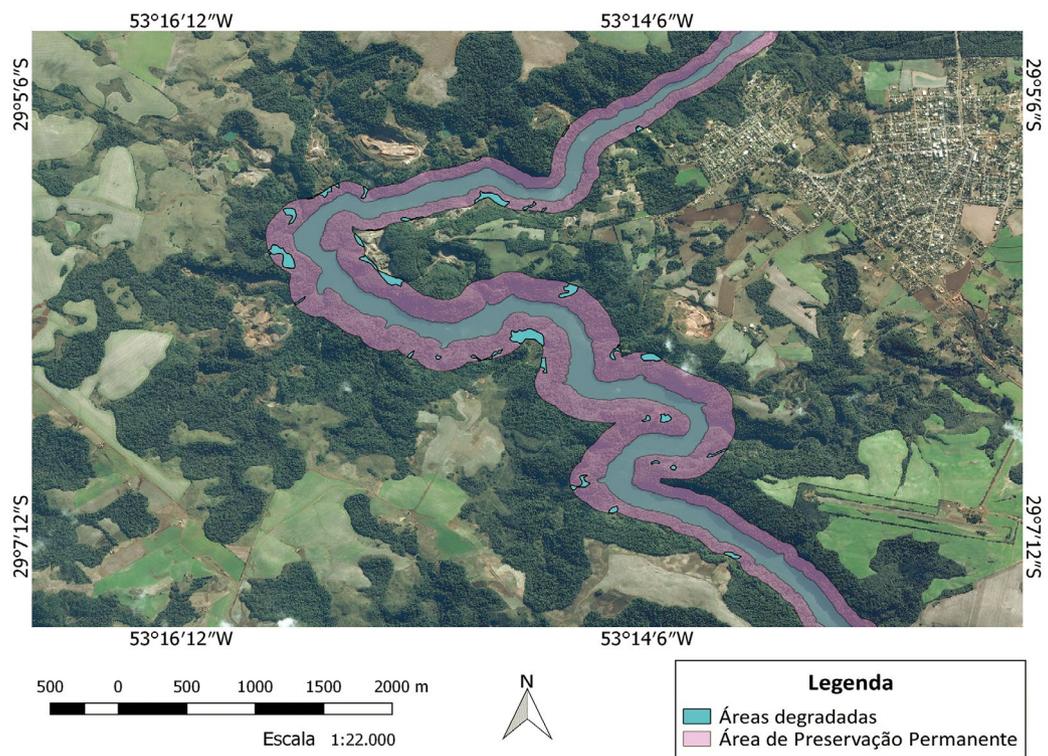


Figura 5 – Imagem de satélite, do Google Earth™, datada de 2016, em Salto do Jacuí-RS, ilustrando as áreas degradadas e a APP do rio Jacuí

o recobrimento por vegetação em aproximadamente 21,68% das áreas de lavras garimpadas entre os anos de 2003 e 2010.

Do total de áreas com solo exposto em 2003, 67,64% apresentaram cobertura vegetal até o ano de 2016. Ou seja, 14,51 ha referentes à atividade de mineração restavam sem vegetação, ou eram ainda explorados ilegalmente dentro da APP durante o ano mais atual de análise. Esse percentual sem vegetação poderia ser ainda mais reduzido com o encerramento da exploração ilegal mediante ações de fiscalização.

A Tabela 1 mostra os valores calculados das dimensões de APP totais, APP degradadas e APP com cobertura vegetal nas imagens analisadas, referentes aos anos de 2003, 2010 e 2016.

Tabela 1 – Dimensões (ha) das áreas degradadas e recobertas com vegetação em 2003, 2010 e 2016 na área de preservação permanente em um trecho do rio Jacuí, Salto do Jacuí, RS.

Ano da Imagem	Área total APP (ha)	Área degradada na APP (ha)	Área coberta com vegetação na APP (ha)
2003	367,610	44,833	322,777
2010	367,610	35,112	332,498
2016	367,610	14,509	353,101

Na vistoria local às duas frentes de lavra desativadas, verificou-se um processo de regeneração espontânea de vegetação na maior parte dessas. Observaram-se também pequenos plantios de vegetação abandonados e nenhuma reconfiguração dos taludes. Em locais onde solo e relevo devem ser recuperados, seria necessário o uso de técnicas de bioengenharia para estabilização do terreno, além de revegetação e posterior monitoramento dessa (SILVA *et al.*, 2018). As condições observadas nas áreas visitadas indicaram que medidas condicionadas na Licença de Operação, isto é, visando a estabilização geotécnica das áreas em recuperação, não foram cumpridas na sua totalidade, restando o relevo e o solo a serem recuperados (Figura 6). Além disso, ao se analisar o conteúdo do processo de licenciamento, verificou-se que a realização dessas medidas não haviam sido atestadas por laudo técnico por parte do empreendedor. Sem o devido acompanhamento requerido na LO e permanecendo os taludes com alturas e inclinações elevadas frente aos padrões adotados, não é possível definir se a vegetação em instalação seria suficiente para estabilizar as áreas em recuperação. Indicando que, nas áreas estudadas, o restabelecimento da vegetação, por si só, não é um parâmetro suficiente para afirmar que essas se encontram recuperadas.

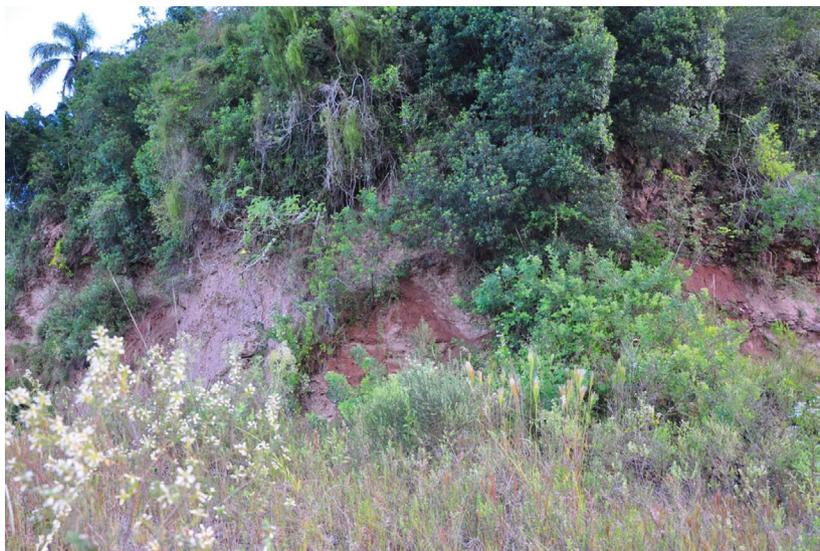


Figura 6 – Fotografia obtida durante a visita à Pedreira Curukaka, na APP do rio Jacuí em Salto do Jacuí-RS, março de 2018.

Conclusões

As áreas degradadas por mineração inseridas na APP de um trecho do rio Jacuí em Salto do Jacuí foram calculadas em imagens de satélite de uma série histórica com o uso de ferramentas de SIG. Crescente aumento da cobertura da vegetação na APP foi verificado entre os anos de 2003, 2010 e 2016. Nesse período, se deram as primeiras ações de fiscalização às frentes de lavra de mineração de ágata em APP. O índice de cobertura vegetal da área de 21,68% entre 2003 e 2010, indica que a fiscalização foi necessária para desencadear o processo de suspensão de atividades de mineração em APP, dando início à recomposição da vegetação naqueles locais de importância ecossistêmica. As imagens de satélite permitiram informar que, ao todo, 67,64% das áreas degradadas no ano de 2003 apresentavam-se recobertas com vegetação em 2016.

Em vistoria ao local, constatou-se um crescimento espontâneo da vegetação em duas áreas degradadas por mineração que foram inativadas. Contudo, a reconfiguração topográfica dos taludes, requerida no licenciamento ambiental, não fora realizada em ambos locais visitados.

Neste estudo, demonstrou-se que o uso de imagens do Google Earth™ e ferramentas de QGIS foram eficientes para monitorar, remotamente durante uma série histórica, a cobertura por vegetação em APP degradadas por mineração. Enquanto em áreas onde há necessidade de reconfiguração do terreno, o uso de metodologias mais sofisticadas de sensoriamento remoto, ou a realização de frequentes vistorias *in loco* deveriam ser requeridas para o monitoramento da sua recuperação.

Agradecimentos

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq e à FEPAM, através do Programa PIBIC, pela Bolsa de Iniciação Científica à Maria

Eduarda Cramer Schwengber, enquanto graduanda do Curso de Engenharia Ambiental da Universidade Federal do Rio Grande do Sul..

Referências bibliográficas

AGUIAR JUNIOR, T. R.; PARRON, L. M. Indicadores de serviços ambientais hídricos e a contribuição da vegetação ripária para a qualidade de água. *In: PARRON, L. M. et al. (Eds) Serviços ambientais em sistemas agrícolas e florestais do Bioma Mata Atlântica*. Brasília, Embrapa, 2015. p. 183-190.

ANDRADE, J. de; SANQUETTA, C. R.; UGAYA, C.. Identificação de áreas prioritárias para recuperação da mata ciliar na UHE Salto Caxias. **Espaço Energia**, n. 3, p. 6-13, out. 2005.

ÁVILA, W. R. de; OLIVEIRA, L. C. N. de. Uso do Quantum GIS e Google Earth para delimitação e análise de áreas de preservação permanentes da sub-bacia do córrego Água Branca em Goiânia. **Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR**, Foz do Iguaçu, PR, Brasil, 13 a 18 de abril de 2013, INPE.

BRASIL. **Constituição Federal**. 1988. Disponível em: <http://https://www2.senado.leg.br/bdsf/bitstream/handle/id/518231/CF88_Livro_EC91_2016.pdf>. Acesso em: 17 abril 2021.

BRASIL. **Lei Federal N° 12.651**, de 25 de maio de 2012a. Disponível em: <<http://www.planalto.gov.br/ccivil/Leis/>>. Acesso em: 17 abril 2021.

BRASIL. **Lei Federal N° 12.727**, de 17 de outubro de 2012b. Disponível em <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/112727.htm> Acesso em 19 abril 2021.

BRASIL. **Lei Federal N° 6938, de 31 de agosto de 1981**. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L6938.htm>. Acesso em: 17 abril 2021.

BELTRÃO, Gabriel de Barros Moreira; MEDEIROS, Elvio Sergio Figueredo; RAMOS, Robson Tamar da Costa. Effects of riparian vegetation on the structure of the marginal aquatic habitat and the associated fish assemblage in a tropical Brazilian reservoir. **Biota Neotrop.**, Campinas, v.9, n.4, p.37-43, Dec. 2009. <<http://dx.doi.org/10.1590/S1676-06032009000400003>>.

BOTELHO, Soraya Alvarenga; DAVIDE, Antonio Cláudio. Métodos silviculturais para recuperação de nascentes e recomposição de matas ciliares. **Simpósio Nacional sobre Recuperação de Áreas Degradadas**, v. 5, p. 123-145, 2002.

BRONAUT, Renata Porto Moraes; PARANHOS FILHO, Antonio Conceição. Avaliação do uso de imagens de satélite Landsat ETM+ na identificação e monitoramento das áreas de preservação permanente ao longo dos corpos hídricos. *In: Simpósio de Geotecnologias no Pantanal*, 1., Campo Grande, MS, Brasil. Anais... Campo Grande: Embrapa Informática Agropecuária/INPE, 2006. p. 431-437.

CARDOSO, M. J. S. Cartografia das atividades de extração de minerais utilizados na construção civil e qualificação do grau de degradação ambiental na região de Manaus – AM. (Dissertação de Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Geografia. Universidade de Brasília. 2008. 126p.

CHAVES, H. M. L.; SANTOS, L. B. dos. Ocupação do solo, fragmentação da paisagem e qualidade da água em uma pequena bacia hidrográfica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 13, n. 6, p. 922-930, 2009.

CORREA e SILVA, R. C.; MARTINS, A. K. E. O uso de imagens CBERS-2 para quantificar e qualificar áreas degradadas no Projeto Rio Formoso no município de Formoso do Araguaia – TO. *In: XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, Goiânia, Brasil, Anais... 16-21 abril 2005, INPE, p. 1083-1089.

CPRM - Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais. **Geologia para Apoio aos Arranjos Produtivos de Gemas do Rio Grande do Sul**. Disponível em: <<http://www.cprm.gov.br/publique/Recursos-Minerais/Recursos-Minerais-do-Brasil/Geologia-para-Apoio-aos-Arranjos-Produtivos-de-Gemas-do-Rio-Grande-do-Sul-189.html>>. Acesso em 17 abril 2021.

FERNANDES, M. M.; MAGALHÃES, L. M. S.; PEREIRA, M. G.; CORREIA, M. E. F.; BRITO, R. J.; MOURA, M. R. Influência de diferentes coberturas florestais na fauna do solo na Flona Mário Xavier, no município de Seropédica, RJ. **Floresta**, Curitiba, PR, v. 41, n. 3, p. 533-540, jul./set. 2011. HARTMANN, L. A. Minerais estratégicos do sul do Brasil: geologia de geodos de ametista e ágata. In: Léo Afraneu Hartmann; Juliano Tonzler da Silva. (Org.). **Tecnologias para o setor de Gemas, Joias e Mineração**. 1ed. Porto Alegre: IGEO/UFRGS, v. 1, p. 30-39, 2010.

HOLANDA, F. S. R. *et al.* Crescimento inicial de espécies florestais na recomposição da mata ciliar em taludes submetidos à técnica da bioengenharia de solos. **Ciência Florestal**, v.20, n.1 p157-166, 2010.

GONZÁLEZ, M. P.; BONACCORSO, E.; PAPEŞ, M. Applications of geographic information systems and remote sensing techniques to conservation of amphibians in northwestern Ecuador. **Global Ecology and Conservation**, v.3, p. 562-574, 2015.

LIMA, W. P.; ZAKIA, M. J. B. Hidrologia de matas ciliares. In: RODRIGUES, R. R.; LEITÃO FILHO, H. de F. (Org.). **Matas ciliares: conservação e recuperação**. São Paulo: EDUSP: FAPESP, 2001. cap. 3, p. 33-44.

MARIMONTELLI, C. V. F.; RODRIGUES, V. A. Parâmetros indicativos para qualidade da água em nascentes com diferentes coberturas de terra e conservação da vegetação ciliar. **Floresta e Ambiente**, v. 22, n. 2 p. 171-181, 2015.

OLIVEIRA, M. Z. Utilização do Google Earth como plataforma para delimitação de Áreas de Preservação Permanente (APPs): um estudo de caso no município de São Leopoldo. **Dissertação Mestrado. Geologia – Meio Ambiente**, UNISINOS, São Leopoldo, 2009.

RADAM/BRASIL. Folha SH.22 Porto Alegre e parte das Folhas SH.21 Uruguiana e SI.22 Lagoa Mirim: Geologia, Geomorfologia, Pedologia, Vegetação, Uso Potencial da Terra. 1986. Rio de Janeiro: IBGE 796p. (Levantamento de Recursos Naturais, v.33).

SCHWENGBER, M.E.; CAMPAGNA, A.R.; LIPP-NISSINEN, K. H. Avaliação de estratégias de sensoriamento remoto para a delimitação de áreas de preservação permanente (APP) em um rio meandrante. **Anais do 11º Simpósio Internacional de Qualidade Ambiental**, Porto Alegre, RS, 02 a 04 de outubro de 2018, ABES.

SILVA, I. A.; CAMPAGNA, A. R.; SANTOS, L. L. dos; LIPP-NISSINEN, K. H. Contribuição para termos de referência de Planos de Recuperação de Áreas Degradadas (PRAD) por mineração de pedras preciosas a céu-aberto: um estudo de caso em Salto do Jacuí, Rio Grande do Sul (RS), Brasil. **FEPAM em Revista**, v. 11, p. 33-57, 2017.

SILVA, I. A.; CAMPAGNA, A. R.; LIPP-NISSINEN, K. H. Identificação de passivos em licenciamento ambiental e seleção de metodologias para a recuperação de áreas degradadas por atividades de mineração de pedras preciosas na bacia hidrográfica do Alto Jacuí, Rio Grande do Sul (RS). **Pesquisa em Geociências**, v. 45, n.2, p. 1-22, 2018. DOI: 10.22456/1807-9806.91386.

TANIWAKI, R.H. *et al.* Impacts of converting low-intensity pastureland to high-intensity bioenergy cropland on the water quality of tropical streams in Brazil. **Science of the Total Environment**, v. 584, p. 339-347, 2017.

YUAN, Y.; BINGNER, R. B.; MARTIN, A. A Review of effectiveness of vegetative buffers on sediment trapping in agricultural areas† Locke. **Ecohydrology** 2, 321–336, 2009. DOI: 10.1002/eco.82

Controle de espécies exóticas invasoras: qual a implicação no licenciamento?

Laís Jaeger Pires¹, Luís Fernando Perelló^{1,*}, Raquel Pretto²,
Dennis Nogarolli Patrocínio³

¹Divisão de Infraestrutura e Saneamento – DISA, ²Divisão de Planejamento Ambiental - DIPLAN, Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luis Roessler – FEPAM, Av. Borges de Medeiros, 261, 9º andar, Porto Alegre, RS, CEP 90.020-021; ³Departamento de Biodiversidade, Secretaria do Meio Ambiente e Infraestrutura – SEMA, Av. Borges de Medeiros, 1501 – 7º andar, Porto Alegre, RS, CEP 90119-900, Brasil.

*Autor para correspondência: luis-perello@fepam.rs.gov.br.

RESUMO

O licenciamento ambiental é um importante instrumento dentre as estratégias de conservação da biodiversidade, justamente pela sua capacidade de regular o uso dos recursos. Os impactos que derivam das invasões biológicas não se restringem ao meio ambiente, mas também atingem a saúde pública e a economia. A Secretaria de Meio Ambiente e Infraestrutura do RS editou no ano de 2013 a Portaria que reconheceu a lista de espécies exóticas invasoras e em 2018 criou o Programa Estadual de Controle de Espécies Exóticas Invasoras. Mesmo assim, não há regramentos indicando como o licenciamento deve participar do controle das exóticas. O objetivo deste trabalho foi conhecer como a FEPAM enfrenta a questão. Investigamos o nível de conhecimento dos analistas aplicando questionário. A quase totalidade dos respondentes (91,3%) reconhece a ocorrência de espécies exóticas como um problema de “grande importância”. Ao mesmo tempo, 65,5% deles responderam que há “pouca” informação na FEPAM para orientar o trabalho. Quinze analistas (25,8%) sugeriram a elaboração de protocolos ou a realização de oficinas de formação. Ensejamos que este trabalho represente um ponto de partida no aprimoramento das discussões sobre as exóticas invasoras no âmbito do licenciamento e que os gestores possam refletir sobre a necessidade de investir em formação continuada.

Palavras-chave: Biologia da conservação, licenciamento ambiental, legislação ambiental, FEPAM

Control of invasive alien species: what is the implication in licensing?

ABSTRACT

Environmental licensing is an important instrument among biodiversity conservation strategies precisely because of its ability to regulate the use of resources. The impacts resulting from biological invasions are not restricted to the environment, but also affect public health and the economy. The RS Environment and Infrastructure Secretariat issued an ordinance in 2013 that recognized the list of invasive alien species and in 2018 created the State Program for the Control of Invasive Alien Species. Even so, there are no rules indicating how licensing should participate in the control of exotic species. The objective of this work was to investigate how FEPAM faces the issue. We investigated the level of knowledge of the analysts by applying a questionnaire. Almost all respondents (91.3%) recognize the occurrence of exotic species as a “major problem”. At the same time, 65.5% of them responded that there is “little” information at FEPAM to guide their work. Fifteen analysts (25.8%) said that they lack guidance on how to proceed and suggested protocols or training workshops. We hope that this work represents a starting point in the improvement of discussions on the exotic within the scope of licensing and that managers can reflect on the need to invest in continuing education.

Keywords: Conservation biology; Environmental licensing; Environmental legislation; FEPAM

Introdução

O licenciamento ambiental é um importante instrumento dentre as estratégias de conservação da biodiversidade, justamente pela sua capacidade de regular o uso dos recursos naturais. É por meio do licenciamento que o poder público estabelece condições para o funcionamento das atividades econômicas (Farias, 2013). Ao regular o uso dos recursos naturais e mitigar os impactos que atingem o meio biótico, o licenciamento pode combater os fatores que levam à perda de espécies.

Considerando a ampla lista de atividades que atualmente dependem de autorização dos órgãos ambientais para funcionar, pode-se dizer que o licenciamento tem condições de agir diretamente sobre as quatro principais causas que ameaçam a biodiversidade: perda de habitat, introdução de espécies exóticas, superexploração de recursos e as contaminações. No caso da presença de espécies exóticas invasoras nas áreas sob licenciamento, o órgão ambiental pode exigir um conjunto de condutas por parte do empreendedor a fim de atenuar ou até mesmo eliminar impactos negativos decorrentes daquelas espécies.

Os impactos que derivam das invasões biológicas não se restringem apenas ao meio ambiente (extinção de espécies nativas, perda de habitats, alteração na dinâmica dos nutrientes do solo) atingindo também a saúde pública e a economia pela introdução de patógenos, pragas e perda de serviços ecossistêmicos (Smith *et al.*, 2009; Early *et al.*, 2016; Russell *et al.*, 2017).

As ações humanas, especialmente aquelas relacionadas aos deslocamentos humanos e mais recentemente às mudanças climáticas, facilitam o estabelecimento de espécies exóticas invasoras. As intervenções humanas tornam os ambientes mais homogêneos e suscetíveis à invasão (Olden, 2006; Meyerson & Mooney, 2007). Estima-se que as espécies exóticas invasoras contribuíram, desde o ano 1600, com 39% das extinções de animais cujas causas são conhecidas (MMA/SBF, 2009). O custo relacionado às perdas que ocorrem em razão das invasões biológicas nos Estados Unidos, Reino Unido, Austrália, Índia, África do Sul e Brasil, foi estimado em 1,4 trilhão de dólares ao ano (Pimentel, 2002).

No Brasil, tanto os estados como os municípios têm autonomia para legislar e definir condutas no campo da erradicação ou controle de espécies exóticas invasoras. Mas para tanto, o enfrentamento do problema deve estar inserido nos órgãos ambientais como um objetivo definido para a conservação da biodiversidade e que necessita ter certa prioridade. Um dos grandes desafios no trabalho com espécies exóticas invasoras é construir e difundir o entendimento - mesmo junto aos órgãos de defesa ambiental - de que esta questão representa um problema grave a ser enfrentado no âmbito da conservação.

A Secretaria de Meio Ambiente e Infraestrutura (SEMA) do Rio Grande do Sul editou em 2013 a Portaria nº. 79, de 31 de outubro de 2013, que reconheceu a lista das espécies exóticas invasoras no seu território e estabeleceu normas de controle. Esta foi a primeira iniciativa formal que desencadeou o enfrentamento do problema no Estado. Porém, a consolidação de uma política pública só veio em

2018 com a publicação da Portaria conjunta SEMA/FEPAM nº 14 que criou o Programa Estadual de Controle de Espécies Exóticas Invasoras. Por parte da FEPAM (Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler), órgão licenciador do Estado, não há, até o momento, regramento indicando como o licenciamento estadual deve participar do controle das espécies exóticas invasoras.

O objetivo deste trabalho foi investigar como a FEPAM está enfrentando a questão das espécies exóticas invasoras no licenciamento ambiental. Para tanto investigamos o nível de conhecimento dos analistas ambientais sobre o tema e revisamos processos de licenciamento. Por fim, pretendemos que os resultados da investigação possam reunir elementos suficientes para que os gestores adotem as condutas que possam tornar o licenciamento ambiental um recurso cada vez mais efetivo para a erradicação ou controle de espécies exóticas invasoras.

Método

A investigação foi estruturada na aplicação de questionários semiestruturados e na revisão documental. Os técnicos que atuam nas análises do meio biótico (biólogos, engenheiros florestais e engenheiros agrônomos) foram convidados a participar das entrevistas, presencialmente ou por telefone. Para orientar a condução da entrevista foi elaborado um questionário semiestruturado (Easterby-Smith, Thorpe & Lowe, 1991), composto por 14 perguntas (abertas e de múltipla escolha) subdivididas em I) perfil do analista (formação, tempo de trabalho na FEPAM), II) conhecimento sobre as exóticas invasoras (conceito, exemplos, legislação) e III) opinião sobre o tema (problema ambiental, condutas adotadas). Todos os técnicos obtiveram informações sobre os objetivos do projeto e, antes de responderem ao questionário, autorizaram que os resultados fossem utilizados em publicações. Todas as entrevistas foram gravadas para posterior análise e tabulação das repostas.

A análise documental se constitui na revisão de processos de licenciamento submetidos ao rito de Estudo de Impacto Ambiental (EIA/Rima) protocolados entre 2004 e 2017, e serviram para que fosse verificado como e quais informações sobre exóticas invasoras chegaram ao órgão de licenciamento. Preferiu-se examinar processos de licenciamento de EIA/Rima, pois estes tratam de estudos ambientais mais pormenorizados e também por envolverem áreas maiores (normalmente acima de 100 hectares). A escolha dos processos a serem examinados ocorreu de forma aleatória a partir de consulta ao acervo da biblioteca da FEPAM. O exame dos processos de licenciamento de hidrelétricas, linhas de transmissão, píer, indústrias, duplicação de rodovias e parcelamento de solo averiguou, principalmente, quais as espécies exóticas invasoras eram mencionadas e como estas foram tratadas nos pareceres técnicos dos analistas ambientais da FEPAM.

Resultados

No período da pesquisa (janeiro a maio de 2019) a FEPAM contava com 68 analistas ambientais que atuavam na análise do meio biótico nos processos de licenciamento ambiental, sendo que 58 (85,2%) participaram do estudo (22 biólo-

gos, 10 engenheiros florestais e 26 engenheiros agrônomos). Destes, 45 analistas responderam ao questionário pessoalmente e 13 através de contato telefônico, tendo em vista que parte destes profissionais atua em uma das oito representações da instituição espalhadas pelo interior do Estado.

Um pouco mais da metade (58,5%) ou 34 em números absolutos, dos analistas entrevistados trabalhava na FEPAM há mais de seis anos na data da pesquisa. A quase totalidade dos respondentes (91,3% ou 53) reconheceu a ocorrência de espécies exóticas invasoras como um problema ambiental de “grande importância”. Ao mesmo tempo, 38 (65,5%) analistas responderam que há “pouca” informação na FEPAM para orientar o trabalho quando da presença dessas espécies nas áreas em licenciamento e 54 (93,1%) admitiram ter conhecimento “médio” ou “pouco” sobre o tema. Quinze analistas (25,8%) disseram que falta orientação sobre como devem proceder em relação às exóticas invasoras e sugeriram protocolos ou a realização de oficinas voltadas para este conteúdo.

A unanimidade dos analistas entende que o assunto “exóticas invasoras” deve ser uma preocupação do órgão licenciador, porém apenas onze deles (18,9%) consideraram que a FEPAM possui as ferramentas legais para impor o controle e o monitoramento dessas espécies no âmbito dos licenciamentos. Quando indagados se consideravam a presença das espécies exóticas invasoras nas análises dos processos, 52 (89,6%) responderam afirmativamente. Nove analistas (15,5%) admitiram não conhecer a Portaria nº 79 de 31 de outubro de 2013, que listou as exóticas ocorrentes no Estado e 38 (65,5%) informaram não conhecer qualquer outro dispositivo legal que trate do tema.

Quarenta e oito analistas (82,7%) mencionaram as espécies exóticas invasoras que rotineiramente estão nos processos: *Pinus spp.* (Pinheiro), *Hovenia dulcis* (Uva-do-japão), *Eragrostis plana* (Capim-annoni) e *Ulex europaeus* (Tojo) foram as mais citadas, sendo ainda mencionadas *Sus scrofa scrofa* (Javali), *Acacia longifolia* (Acácia), *Ligustrum spp.* (Ligustro), *Psidium guajava* (Goiabeira), *Eucalyptus spp.* (Eucalipto), *Eriobotrya japonica* (Ameixa-amarela), *Rubus rosifolius* (Amora-vermelha), *Urochloa spp.* (Braquiária) e *Limnoperna fortunei* (Mexilhão-dourado).

Dos 15 processos de Estudo de Impacto Ambiental (EIA/Rima), protocolados entre junho de 2004 e novembro de 2017 e analisados neste estudo, apenas um deles não trazia menção à presença de espécies exóticas invasoras. Dois estudos foram baseados apenas em dados secundários, doze (80%) utilizaram dados primários e secundários e um apenas não apresentou laudo do meio biótico.

Em 13 processos (86,66%) foram listadas espécies invasoras animais e as mais recorrentes na amostra foram *Passer domesticus* (Pardal), *Lepus europaeus* (Lebre-européia), *Mus musculus* (Camundongo), *Columba livia* (Pombo-doméstico), *Trachemys scripta elegans* (Tigre-d’água), *Hemidactylus mabouia* (Lagartixa-africana) e *Lithobates catesbeianus* (Rã-touro).

Três laudos (20%) ainda citaram as espécies *Gymnodinium catenatum*, *Metapenaeus monocerus* (Camarão rosa) e *Rattus spp.* (Rato) como invasoras, mesmo elas não integrando a Portaria nº 79/2013.

Sete estudos (46,66%) não sugeriram a adoção de qualquer medida de controle para as exóticas invasoras relatadas, embora presentes na área licenciada. Na licença prévia de dois desses estudos foi apenas mencionada a proibição do plantio de espécies exóticas invasoras nas áreas onde eram permitidos adensamentos (Áreas de Preservação Permanente). Os oito estudos que sugeriram a adoção de medidas mitigadoras chegaram a estabelecer controle e monitoramento; em um dos processos foi exigido um “Programa de Controle e Erradicação de Espécies de Plantas Exóticas Invasoras”.

Discussão

A participação de mais de 85% dos técnicos no estudo permitiu construir um entendimento muito próximo da realidade no que se refere à percepção dos analistas, assim como os tratamentos adotados diante da problemática que envolve a presença de espécies exóticas invasoras nos processos de licenciamento. O retorno expressivo de questionários respondidos possibilitou atender plenamente o objetivo principal da pesquisa.

O interesse da categoria de analistas em participar do estudo também pode ser entendido como uma preocupação com a necessidade de se obter avanços nesta área da conservação, no âmbito do licenciamento. Ou seja, a quase totalidade dos respondentes reconheceu que a presença de espécies exóticas invasoras é um problema ambiental de “grande importância”.

O estudo mostrou que não é possível identificar um padrão de condutas dos analistas em relação às espécies exóticas invasoras. As medidas são tomadas de acordo com o conhecimento e a percepção de cada analista, o que pode resultar na perda de oportunidade de controlar espécies em grandes áreas licenciadas. Este cenário é preocupante, considerando que na data da pesquisa mais da metade dos analistas entrevistados já atuava com licenciamento fazia mais de seis anos e quase a totalidade dos que participaram da pesquisa classificou seus conhecimentos sobre o tema como “médio” ou “pouco”. Portanto, são muitos anos de adoção de ações que podem não ter atendido as melhores práticas de controle. Também é possível inferir que foram perdidas valiosas oportunidades de evitar a propagação de espécies invasoras em áreas ainda não ocupadas por estas espécies.

A inexistência de diretrizes por parte da FEPAM sobre como proceder diante deste problema foi também revelado. Os analistas entrevistados destacaram que há “pouca” informação para orientar o trabalho. A queixa dos analistas é verdadeira, pois de maneira geral, não é uma tradição das gestões da FEPAM promover discussões técnicas de fundo para qualificar o licenciamento, ou mesmo facilitar a participação de seus empregados em atividades de formação continuada. Considerando a velocidade da ampliação do conhecimento na área da biologia da conservação nas últimas décadas, era de se esperar por parte dos gestores um investimento consistente na difusão do conhecimento científico voltado ao corpo técnico, o que definitivamente não ocorre.

A revisão dos estudos de impacto ambiental (EIA/Rima) indicou que a problemática das invasões biológicas ainda é um tema periférico no licenciamento. Pode-se dizer que este resultado era esperado tendo em vista que o tema parece ainda não fazer parte das principais preocupações ambientais dos analistas; afinal, os termos de referência (TR), onde estão definidos os estudos a serem entregues ao órgão ambiental são produzidos pelos mesmos analistas que reúnem poucas informações sobre condutas de controle de espécies exóticas invasoras. Se mais de 15% dos entrevistados ainda não conhecia a Portaria que listou as espécies exóticas invasoras quando do estudo, não há como esperar que nos EIA/Rima este tema tenha lugar de destaque.

Considerações finais

Por fim, ensejamos que este trabalho represente um ponto de partida no aprimoramento das discussões sobre exóticas invasoras no âmbito do licenciamento ambiental. Que os gestores da FEPAM possam refletir sobre a necessidade de investir em formação continuada, tendo o entendimento de que o enfrentamento deste e de outros problemas ambientais não deve se situar exclusivamente na preocupação com melhorias tecnológicas, mas antes de tudo na qualificação dos seus recursos humanos.

Agradecimentos

Os autores agradecem à coordenação do PIBIC/FEPAM e ao CNPq pela concessão da Bolsa de Iniciação Científica para Laís Jaeger Pires, e aos analistas ambientais que se dispuseram a participar do estudo.

Referências bibliográficas

- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Espécies exóticas invasoras**: situação brasileira. Brasília: MMA. Secretaria de Biodiversidade e Florestas, 2006. 24 p. ISBN 85-7738-019-X.
- CONSERVATION OF ARCTIC FLORA AND FAUNA. CAFF. **Arctic Invasive Alien Species**: Strategy and Action Plan, Conservation of Arctic Flora and Fauna and Protection of the Arctic Marine Environment. Akureyri, Iceland: PAME, 2017. ISBN: 978-9935-431-65-3.
- EARLY, R. *et al.* Global threats from invasive alien species in the twenty-first century and national response capacities. **Nature Communications**, v. 7 n. 12485. p. 1-9, 23 ago. 2016. DOI: 10.1038/ncomms12485.
- EASTERBY-SMITH, M.; THORPE, R.; LOWE, A. **Management research**: an introduction. London (UK): Sage, 1991.
- FLICK, U. **Introdução** à pesquisa qualitativa. 3 ed. Porto Alegre: Artmed, 2009.
- FARIAS, T. **Licenciamento ambiental**: aspectos teóricos e práticos. 4 ed. Belo Horizonte: Fórum, 2013. 208 p.
- INTERNATIONAL UNION FOR CONSERVATION OF NATURE. IUCN. **Invasive species**, 2019. Disponível em: <<https://www.iucn.org/theme/species/our-work/invasive-species>>.
- MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. **Fundamentos de metodologia científica**. 6 ed. São Paulo: Atlas, 2005.

MEYERSON, Laura A.; MOONEY, Harold A. Invasive alien species in an era of globalization. **Frontiers in Ecology and the Environment**, v.5, n.4, p. 199–208, 2007. DOI:10.1890/1540-9295(2007)5[199:IASIAE]2.0.CO;2.

LOPES, Rubens M. *et al.* **Informe sobre as espécies exóticas invasoras marinhas no Brasil**. 2.ed. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2009. 440 p. (Série Biodiversidade 33). ISBN 978-85-7738-120-3.

OLDEN J. D. Biotic homogenization: a new research agenda for conservation biogeography. **Journal of Biogeography**, Madison, EUA, v. 33, p. 2027–2039, dez. 2006. DOI: 10.1111/j.1365-2699.2006.01572.x.

PIMENTEL, D. **Biological invasions: economic and environmental costs of alien plant, animal, and microbe species**. New York: Cornell University, 2002. 384 p.

RICHARDSON, D. M. *et al.* Naturalization and invasion of alien plants: concepts and definitions. **Diversity and distributions**, v.6, n.2, p. 93-107, 2000.

RIO GRANDE DO SUL. Portaria SEMA nº 79 de 31 de outubro de 2013 [Reconhece a Lista de Espécies Exóticas Invasoras do Estado do Rio Grande do Sul e demais classificações, estabelece normas de controle e dá outras providências]. **Diário Oficial do Estado do Rio Grande do Sul**, Porto Alegre, 1º nov. 2013, p. 44-48. Disponível em: <<https://www.sema.rs.gov.br/upload/arquivos/202007/20141651-1460138751portaria-sema-n-79-2013-reconhece-a-lista-especies-exoticas-invasoras-rs-e-demais-classificacoes-normas-de-controle-e-outras-providencias-doe.pdf>>.

RUSSELL J. *et al.* Invasive alien species on islands: Impacts, distribution, interactions and management. **Environmental Conservation**, v. 44, n.4, p. 359-370, 2017. DOI:10.1017/S0376892917000297.

SMITH K. F. *et al.* Reducing the risks of the wildlife trade. **Science**, v. 324, p. 594–595, 1 maio 2009.

COMUNICAÇÃO TÉCNICA

Detecção e monitoramento do vírus SARS-CoV-2 no Arroio Dilúvio, Porto Alegre, RS, associados a parâmetros de qualidade ambiental

Andresa Berger^{1,2}, Beatriz Andrade de Souza^{1,2}, Bruno Aschidamini Prandi³, Arthur Tonietto Mangini³, Ana Cláudia Franco³, Manuel Rodrigues Loncan¹ e Kátia Helena Lipp-Nissinen^{1*}

¹Divisão de Laboratórios, Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luis Roessler – FEPAM, Rua Aurélio Porto, 45, Porto Alegre, RS, CEP 90620-09, Brasil; ²Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul – PUCRS, Av. Ipiranga, 6681, Porto Alegre, RS, CEP 90619-900, Brasil; ³Laboratório de Virologia, ICBS, Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS, Rua Sarmento Leite, 500, Porto Alegre, RS, CEP 90050-170, Brasil.

*Autora para correspondência, e-mail: katiahn@fepam.rs.gov.br.

RESUMO

A infecção pelo coronavírus associado à síndrome respiratória aguda grave tipo 2 (SARS-CoV-2), causadora da doença COVID-19, é caracterizada pela presença e disseminação do vírus nas fezes de indivíduos sintomáticos e assintomáticos. Diversos estudos apontaram a presença de fragmentos do vírus no meio ambiente e, de cargas virais, por longos períodos em redes de esgoto e em águas residuais. A rápida disseminação da infecção impactou de forma grave a saúde pública e a economia global, exigindo estratégias de enfrentamento e soluções para a pandemia. Neste trabalho, a epidemiologia baseada em esgotos (WBE) foi adaptada como uma estratégia metodológica complementar ao monitoramento clínico da ocorrência da COVID-19 em Porto Alegre-RS. Durante 12 meses, iniciando em agosto de 2020, quinzenalmente, foram realizadas coletas compostas de água na foz do arroio Dilúvio, bem como a determinação da vazão do curso hídrico. A partir dessas amostras, foram realizadas análises quantitativas de RNA viral e de parâmetros de qualidade de água associados a despejos de esgoto. No período avaliado, observou-se uma correlação entre os valores de concentração de partículas do vírus na foz do Dilúvio e o número de casos clínicos de COVID-19 notificados oficialmente pela Secretaria Estadual de Saúde para Porto Alegre. Os resultados, parcialmente apresentados neste estudo, demonstraram a eficiência da estratégia de WBE aplicada ao curso hídrico urbano, no monitoramento da pandemia por SARS-CoV-2.

Palavras-chaves: Águas Residuais, Arroio Dilúvio, COVID-19, SARS-CoV-2, WBE

Detection and monitoring of the SARS-CoV-2 virus in Dilúvio Stream, Porto Alegre, RS, associated with parameters of environmental quality

ABSTRACT

Severe acute respiratory syndrome coronavirus type 2 (SARS-CoV-2), which causes COVID-19 disease, is accompanied by the presence and dissemination of the virus in the feces of symptomatic and asymptomatic individuals. Several studies have pointed out the presence of virus fragments in the environment and viral loads for long periods in sewage systems and wastewater. The rapid spread of the infection has severely impacted public health and the global economy, demanding coping strategies and solutions for the pandemic. In this study, sewage-based epidemiology (WBE) was adapted as a complementary methodological strategy to clinical monitoring of the occurrence of COVID-19 in Porto Alegre. For 12 months, starting in August 2020, biweekly composite collections of water, flow determination and field parameters were carried out at the mouth of the Dilúvio stream. From these samples, analyzes of quantitative viral RNA and water quality

parameters associated with sewage discharges were performed. During the period evaluated, a correlation was observed between the concentration values of virus particles at the mouth of the stream and the number of clinical cases of COVID-19 officially notified by the State Health Department for Porto Alegre. The results, partially presented here, demonstrate the efficiency of the WBE strategy applied to the urban watercourse, in monitoring the SARS-CoV-2 pandemic.

Keywords: COVID-19, Diluvio Stream, Residual waters, SARS-CoV-2, WBE

Introdução

A rápida disseminação do SARS-CoV-2 (coronavírus associado à síndrome respiratória aguda grave tipo 2), vírus responsável pela pandemia de COVID-19, exige rastreamento e monitoramento contínuo para estabelecer ações de enfrentamento por órgãos de saúde. A COVID-19 causa inicialmente infecção nas vias aéreas superiores, também podendo infectar e se replicar no trato gastrointestinal (BOGLER *et al.*, 2020; WANG *et al.*, 2020).

Vários estudos demonstraram que indivíduos infectados pelo SARS-CoV-2 podem eliminar o RNA viral pelas fezes por até sete semanas após o início dos sintomas (AHMED *et al.*, 2020; OLIVEIRA *et al.*, 2020; SODRÉ *et al.*, 2020; WU *et al.*, 2020; XIAO *et al.*, 2020). Esse fato sugere que uma abordagem WBE (*Wastewater-based Epidemiology*), isto é, epidemiologia baseada em esgotos, pode constituir-se em uma metodologia alternativa para o monitoramento comunitário do vírus. A WBE vem sendo utilizada em várias partes do mundo para o mapeamento da COVID-19, especialmente por ser uma estratégia metodológica eficaz, mais exequível e de menor custo do que a testagem clínica em nível populacional.

Para examinar a viabilidade da WBE na vigilância epidemiológica no município de Porto Alegre-RS, a presente pesquisa propôs a detecção e o monitoramento quantitativo de SARS-CoV-2 no arroio Dilúvio, um corpo d'água natural que atravessa uma grande área urbana do Município. O arroio possui extensão de 17,6 km e recebe todas as formas de esgoto e sedimentos desde as suas nascentes até a foz no lago Guaíba (ARSAND *et al.*, 2018; MENEGAT *et al.*, 2006).

Este trabalho integra as ações interinstitucionais de monitoramento ambiental de SARS-CoV-2 no estado do Rio Grande do Sul (RS), coordenadas pelo Centro Estadual de Vigilância em Saúde - CEVS-RS, que apoia o planejamento de medidas de prevenção à COVID-19 pelas autoridades de vigilância em saúde no Estado e podem ser encontradas no endereço eletrônico <<https://cevs.rs.gov.br/monitoramento-ambiental-do-sars-cov2>>.

Materiais e métodos

Local de amostragem e método de coleta

As coletas compostas de águas superficiais do arroio Dilúvio, em Porto Alegre (RS), foram realizadas em um ponto próximo à sua foz, localizado nas coordenadas de Latitude -30,047675 e Longitude -51,229443 (Figura 1), com frequência quinzenal entre agosto de 2020 e setembro de 2021.



Figura 1 – Vista aérea parcial do arroio Dilúvio e sua foz no lago Guaíba, Porto Alegre, RS, com a localização do ponto de amostragem indicada em vermelho. Fonte: adaptada de imagem do Google Earth, datada de 18/06/2021.

A composição manual das coletas foi escolhida com o objetivo de aumentar a representatividade da amostra para o período da manhã (CHERNICHARO *et al.*, 2020). Em intervalos de 30 minutos, amostras de 1 litro eram coletadas do arroio e vertidas em um contêiner refrigerado, de modo a manter a temperatura na faixa de $4\pm 2^{\circ}\text{C}$ durante todo o tempo de coleta. Ao final de nove coletas, as amostras eram homogeneizadas e divididas em alíquotas as quais foram enviadas aos laboratórios para análises moleculares do vírus na Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) e para análises de parâmetros físico-químicos e biológicos complementares na Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luis Roessler (FEPAM).

Parâmetros complementares de campo

A medição da vazão do curso d'água (Figuras 2 e 3) foi realizada com um equipamento do tipo ADCP modelo RiverSurveyor-M9 (SonTek, San Diego, CA, EUA), de acordo com as instruções do fabricante. As medições de parâmetros físico-químicos de água (condutividade, pH, oxigênio dissolvido, turbidez, salinidade e temperatura) foram feitas com a sonda multiparamétrica modelo EXO 1 (YSI, Yellow Springs, OH, EUA).

Parâmetros complementares de laboratório

Conforme técnicas reconhecidas internacionalmente (APHA, 2017), os seguintes parâmetros de qualidade ambiental da água, associados ao despejo de esgotos (CETESB, 2020), foram analisados nos laboratórios da FEPAM: *Escherichia coli* (9221 F – método do substrato fluorogênico); cloretos (4500-Cl- C. método titulométrico com nitrato de mercúrio); sólidos suspensos (2540 D – método gravimétrico); e DQO (demanda química de oxigênio) (5220 B. – método titulométrico de refluxo aberto).



Figura 2 – Sistema de cordas e roldanas instalado nas duas margens do arroio para guiar o equipamento de vazão.



Figura 3 – O M9 fixado a uma prancha e conectado via rádio a um notebook e a um GPS. Os sinais acústicos relativos à profundidade e à velocidade das partículas em suspensão são processados para cálculo da vazão média.

Concentração viral, Extração de RNA e Transcrição Reversa (RT)

As etapas de extração do RNA viral, análise por transcrição reversa (RT) e reação em cadeia da polimerase (PCR) foram processadas seguindo protocolos adaptados no Laboratório de Virologia da UFRGS. Os dados gerados em cada ensaio representam a quantificação absoluta de SARS-CoV-2 na amostra, por meio

de iniciadores (*primers*) para os genes N1 e N2 do vírus, sendo expressos em termos de carga viral, em unidades de “cópias genômicas por litro” (CG/L), indicando a concentração de SARS-CoV-2 presente no arroio.

Resultados

Os resultados obtidos representam a detecção de fragmentos de RNA de SARS-CoV-2 para os genes-alvo N1 e N2, em um total de 27 amostras coletadas na foz do arroio Dilúvio entre agosto de 2020 e setembro de 2021. Todos os resultados foram positivos para a detecção de SARS-CoV-2, exceto para a coleta realizada no dia 17 de setembro de 2020. Foram obtidos resultados na faixa de 12.700 a 1.902.269 CG/L, com média de 298.366 CG/L e desvio padrão de 471.778 CG/L. Um alto valor de desvio padrão significa valores amostrais bastante dispersos em torno da média, refletindo o comportamento oscilatório da curva epidêmica. A **Tabela 1** apresenta a média e o desvio padrão dos parâmetros mensurados ao longo do estudo.

Tabela 1 – Média e desvio-padrão dos parâmetros de qualidade de águas			
Parâmetro	Média	Desvio Padrão	Número de Amostras
Temperatura (°C)	20,99	4,26	27
pH (unid. pH)	7,19	0,30	27
Oxigênio Dissolvido (mg O ₂ /L)	3,49	2,29	26
Condutividade (µs/cm)	345,40	75,40	27
Turbidez (NTU)	10,92	8,17	27
Vazão (m ³ /s)	3,29	2,94	23
Concentração Viral (CG/L)	2,98 x 10 ⁵	4,71 x 10 ⁵	26
Cloretos (mg Cl/L)	37,00	35,40	26
Demanda Química de Oxigênio (mg DQO/L)	123,50	274,00	25
<i>E. coli</i> (NMP/100 mL)	4,86 x 10 ⁶	5,95 x 10 ⁶	16
Sólidos Suspensos Totais (mg SST/L)	40,20	114,20	25

A partir da comparação entre as curvas de concentração viral (cópias genômicas/litros) obtidas neste estudo ao longo de 12 meses para a foz do Dilúvio e a curvas de casos clínicos registrados em Porto Alegre pela Secretaria Estadual de Saúde no mesmo período, observou-se que os valores de carga viral seguiram o mesmo padrão epidemiológico registrado para o Município. A Modelagem linear, utilizando as somas móveis de casos clínicos de Porto Alegre em cinco dias e as cargas virais obtidas nas medidas de vazão do arroio, resultou em um R² (coeficiente de correlação) de 0,83. Em estatística, este coeficiente varia de 0 a 1. Quanto maior o R², mais explicativo é o modelo linear, ou seja, melhor ele se ajusta à amostra, como foi o do estudo.

Em relação aos resultados obtidos para os parâmetros complementares ambientais, análises estatísticas descritivas e de correlação estão sendo processadas. Os dados completos desta pesquisa, incluindo o conjunto das séries históricas, serão disponibilizados em outra publicação oportunamente. As perspectivas deste trabalho envolvem a elaboração de um modelo epidemiológico para vigilância da COVID-19 baseado em WBE e o mapeamento dos bairros de Porto Alegre que contribuem com descargas de esgotos no arroio.

Conclusões

A metodologia de WBE aplicada a um curso hídrico urbano mostrou-se eficiente para auxiliar o monitoramento da pandemia por SARS-CoV-2 no município de Porto Alegre. A comparação dos resultados deste estudo com os casos notificados oficialmente para Porto Alegre mostra uma concordância em relação às tendências de aumento e de diminuição do número de casos de COVID-19 registrados no Município ao longo de um ano. O estudo prossegue para identificar correlações e esclarecer questões relativas aos demais parâmetros ambientais analisados no arroio Dilúvio.

Agradecimentos

Andresa Berger e Beatriz Andrade de Souza agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq e ao Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica da FEPAM pelas bolsas PIBIC concedidas. Ana Cláudia Franco é bolsista de produtividade PQ2 do CNPq. Os autores agradecem a colegas da Divisão de Laboratórios (DILAB) da FEPAM, do Laboratório de Virologia do ICBS/UFRGS e do Centro Estadual de Vigilância Sanitária - CEVS-RS pelo apoio técnico.

Referências bibliográficas

AHMED, W. *et al.* First confirmed detection of SARS-CoV-2 in untreated wastewater in Australia: A proof of concept for the wastewater surveillance of COVID-19 in the community. **The Science of the Total Environment**, v. 728, 138764, 2020. Doi: 10.1016/j.scitotenv.2020.138764.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION – APHA. Standard Methods for the examination of water and wastewater. **APHA, American Water Works Association, Water Environmental Federation**, 23th ed., Washington, 2017.

ARSAND, J. B. *et al.* Wide-Scope determination of pharmaceuticals and pesticides in water samples: qualitative and confirmatory screening method using LC-qTOF-MS. **Water, Air, and Soil Pollution**, v. 229, n. 12, dec 1, 2018.

BOGLER, A. *et al.* Rethinking wastewater risks and monitoring in light of the COVID-19 pandemic. **Nature Sustainability**, v. 3, n. 12, p. 981–990, 2020. <<https://doi.org/10.1038/s41893-020-00605-2>>.

CHERNICHARO, C. *et al.* Contribuição para a elaboração de planos de monitoramento da ocorrência do novo Coronavírus no esgoto. **Nota Técnica**, 2020. Disponível em: <<https://etes-sustentaveis.org/wp-content/uploads/2020/05/NotaTecnica1-ProtocoloMonitoramento-vf.pdf>>. Acesso em: 24 jul 2020.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Apêndice E – significado ambiental e sanitário das variáveis**. São Paulo: CETESB, 2019. Disponível em: <<https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/wpcontent/uploads/sites/12/2020/09/Apendice-E-Significado-Ambiental-e-Sanitario-das-variaveis.pdf>> Acesso em: 05 jun 2021.

MENEGAT, R. *et al.* **Atlas ambiental de Porto Alegre**. 3. ed. Porto Alegre: Ed. UFRGS, 2006.

OLIVEIRA, A. M. DE L. *et al.* Wastewater-based epidemiology (Wbe) and viral detection in polluted surface water: A valuable tool for covid-19 surveillance — a brief review. **International Journal of Environmental Research and Public Health**. MDPI AG, dec 2, 2020.

SODRÉ, F. F. *et al.* Wastewater-based epidemiology as a strategy for community monitoring, mapping of hotspots and early warning systems of Covid-19. **Química Nova**, v. 43, n. 4, p. 515–519, Apr 1, 2020.

WANG, H. *et al.* The genetic sequence, origin, and diagnosis of SARS-CoV-2. **European Journal of Clinical Microbiology and Infectious Diseases**. Springer Science and Business Media, Deutschland GmbH, v.39, p.1629–1635, 2020.

WU, F. Q. *et al.* SARS-CoV-2 titers in wastewater are higher than expected from clinically confirmed cases. **medRxiv**, Apr 7, 2020. <<https://doi.org/10.1101/2020.04.05.20051540>>.

XIAO, F. *et al.* Evidence for gastrointestinal infection of SARS-CoV-2. **Gastroenterology**, v. 158, Mar 3, p. 1831–1833, 2020. Doi: 10.1053/j.gastro.2020.02.055.

Desmatamento e crise hídrica

Arno Leandro Kayser

Divisão de Licenciamento de Criações, Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luis Roessler, Rua Borges de Medeiros, 261, 10º andar, Porto Alegre-RS, Brasil, CEP 90020-021.

E-mail: arno-kayser@fepam.rs.gov.br

A crise hídrica e o desmatamento têm sido temas recorrentes na pauta ambiental. Em geral quando tratados conjuntamente a falta de chuvas histórica, que ocorre nos últimos dois anos, é apontada como decorrente das mudanças climáticas que, por sua vez têm entre as suas muitas causas a liberação de CO₂ por queimadas depois do desflorestamento.

Mas a pauta da crise hídrica nem sempre tem relacionado outro aspecto do desmatamento que está acerbando a redução do volume de água nos reservatórios: a perda da permeabilidade do solo.

Em geral o debate na mídia aponta que o risco de crise de abastecimento energético decorre de um déficit hídrico intenso. O maior em muitas décadas de observação meteorológica. Esse fato é real. Mas a diminuição da vazão dos rios e barragens também é decorrência de menos infiltração de água no solo.

Essa água no solo alimenta os lençóis freáticos que mantêm a vazão dos cursos d'água nos períodos sem chuva. Um metro cúbico de solo com vegetação natural é capaz de reter até 500 litros de água. Esta capacidade decorre da matéria orgânica e do trabalho de raízes e organismos que vivem no solo. A matéria orgânica em si é uma esponja. Mas ela, ao se degradar, forma uma série de ácidos que funcionam como uma cola agregando a porção mineral. Esta mistura forma os grumos. Partículas semelhantes a grãos de cereais. Quando justapostos criam um espaço aéreo entre eles. Espaço que é aumentado pelo trabalho das raízes e dos demais seres vivos que vivem no solo. Formam algo semelhante a uma pilha de trigo. Quando jogamos água numa pilha de trigo ela é capaz de absorver muita água antes desta escorrer na superfície. Se fizermos o mesmo sobre a farinha, desse trigo, boa parte da água logo escorre sem penetrar na massa. Quem já fez pão conhece isso muito bem.

Algo semelhante ocorre no solo sem aporte da matéria orgânica morta. Sua falta acaba com a formação de "cola" que forma os grumos. A porção mineral se pulveriza e começa a entupir o espaço aéreo do solo eliminando sua capacidade de absorver e reter água. Num solo degradado a chuva escorre sem infiltrar e reabastecer o lençol freático. O resultado é uma menor reserva de água para manter a vazão dos rios.

Um local com floresta possui solo sadio capaz de reter mais de 70% da chuva que cai fazendo-a ser armazenada nos lençóis subterrâneos. Num hectare de terreno, a cada metro de profundidade, é possível guardar um volume de 5000 m³. Cerca de duas piscinas olímpicas. Um volume muito grande que lentamente alimenta as nascentes. O que regulariza a vazão do sistema hídrico e prolonga seu fluxo mesmo numa grande seca. Além disto, o solo da floresta tem menos erosão que é a principal causa da perda da capacidade de acumulo de água nas barragens.

O desmatamento, além de contribuir em escala macro com as mudanças climáticas, em escala local é importante fator da diminuição da retenção de água no solo que é uma das grandes causas do déficit hídrico numa região (Figura 1). Déficit que pode levar a muitos problemas como menos água para irrigação, abastecimento humano, uso industrial, diluição de poluente e geração de energia.

Não é só a falta de chuva a causa dos riscos de desabastecimento de energia. A falta de permeabilidade do solo, decorrente da perda de florestas e outras formações vegetais nativas, também está na base desse problema (Figura 2). Mesmo com a volta da chuva, a recuperação de reservas de água pode levar muito tempo.

Portanto, é urgente recuperarmos as florestas e outras formações vegetais nativas, e preservarmos o que está intacto se não quisermos agravar o efeito das mudanças climáticas. Em especial, a vegetação ao longo dos cursos de água e a vegetação das encostas e nascentes. Eles são a porta de entrada na grande caixa de água natural. Quando a vegetação destruída se recupera, alguns dos primeiros efeitos relatados são justamente o reaparecimento de nascentes, o maior volume e a perenidade de cursos de água.



Figura 1 – A degradação das matas ciliares contribui para diminuir a infiltração de água no solo e agravar o déficit hídrico. Fonte: Arno Leandro Kayser - Arquivo da DILC.



Figura 2 – A degradação do solo também causa a diminuição da infiltração das águas no solo e o agravamento do déficit hídrico nas hidroelétricas. Fonte: Arno Leandro Kayser - Arquivo da DILC.

Além destes, há muitos outros benefícios para todas as atividades humanas e para a vida silvestre. A vegetação é a base de toda cadeia da vida. Ela também tem efeitos microclimáticos importantes, pois fornece umidade por evaporação regularizando as chuvas de uma região.

Por isso, o alerta de um risco de desabastecimento elétrico não deve ser somente encarado como um apelo à economia de energia. Deve ser encarado como mais um alerta para iniciarmos um programa de recuperação e preservação da vegetação natural. Precisamos dela para recuperar a capacidade de reter água no solo amenizando os efeitos das secas e das inundações catastróficas.

Ela também é uma forma de reverter o excesso de CO_2 que está na base das mudanças climáticas. E também uma melhora geral no meio com reflexos na qualidade de vida humana e um incremento da biodiversidade.

Permanecer somente com a estratégia de poupar água e luz é fugir de ir à raiz dos problemas que estão se agravando. É postergar uma das soluções de longo prazo para lidar com esses problemas. E transmitir para os consumidores em geral um problema que decorre do modelo agrícola de ocupação do solo que hoje destrói a vegetação natural nos privando de todos os serviços ambientais que ela nos proporciona. Em especial, nesse caso, de garantir água para todos os usos.

Essa omissão é mais um exemplo de como a falta de uma visão mais crítica da situação global nos leva a construir uma estratégia incorreta de remediação dos danos que nosso modo de vida tem gerado para nós e os demais seres do planeta.

NORMAS PARA PUBLICAÇÃO

1. Normas gerais para apresentação dos trabalhos

- 1.1 O estilo de redação deverá ser claro e coerente na exposição das ideias, observando-se o uso adequado da linguagem. Recomenda-se que o trabalho passe por uma revisão gramatical especializada antes de sua submissão por e-mail à Comissão Editorial;
- 1.2 Os trabalhos deverão ser digitados com o editor de texto Microsoft Word versão 6.0 ou superior;
- 1.3 Em folha anexa ao corpo do texto, deverão constar, centralizados o(s) nome(s) completo(s) do(s) autor(es) (ou, se necessário, a forma preferencial de sua citação), fonte 12, em negrito, espaço 1,0 entre linhas, separado(s) por espaço duplo do nome e local da instituição a qual está(ão) vinculado(s), em fonte 11;
- 1.4 No caso de trabalho elaborado por vários autores, designar o autor para envio de correspondência, com endereço postal completo e e-mail;
- 1.5 Os títulos e subtítulos deverão estar em negrito e ter apenas a primeira letra da primeira palavra em maiúscula.
- 1.6 O texto deverá ser escrito em português, utilizando-se o tipo Cambria, com tamanho de fonte 12, espaço 1,15 entre linhas e parágrafos, alinhamento justificado, folha A4, páginas não numeradas, margens superior e inferior com 2,5 cm, margem esquerda com 4,5 cm e margem direita com 2,5 cm;
- 1.7 Palavras estrangeiras deverão ser citadas em itálico. Nomes científicos de espécies e substâncias químicas, bem como unidades de pesos e medidas, deverão obedecer a regras e padrões internacionais;
- 1.8 As referências bibliográficas deverão estar de acordo com a NBR-6023 da ABNT;
- 1.9 Os trabalhos deverão ser encaminhados por e-mail para:
comissaoeditorial@fepam.rs.gov.br.

2. Normas específicas

- 2.1 A avaliação inicial dos trabalhos incluídos nas categorias Artigo, Revisão de Literatura, Comunicação Técnica e Tradução de Trabalho será realizada pelos membros da Comissão Editorial, que decidirão sobre a sua aceitação na íntegra, a aceitação mediante adequação prévia, ou a recusa. Trabalhos aceitos previamente serão, na sequência, avaliados por pareceristas *ad hoc* no processo *blind review*. Tal prática assegura isenção, agilidade e objetividade no processo de seleção dos trabalhos;
- 2.2 Extensão dos textos: Artigo, Revisão de Literatura e Tradução de Trabalho deverão ter no mínimo 08 laudas (tamanho A4) e no máximo 12 laudas. Comunicações Técnicas deverão ter no máximo 06 laudas. A Comissão Editorial poderá deliberar, excepcionalmente, sobre o aceite de trabalhos com um número de páginas maior do que o estipulado aqui.

- 2.3 Títulos dos textos em 2.2: em português (fonte tamanho 16) e em inglês (fonte 14), deverá ser conciso, claro e expressar o conteúdo geral do trabalho;
- 2.4 Resumo e *Abstract*: cada artigo deverá ser acompanhado de Resumo em português e *Abstract* em inglês, com extensão máxima de 200 palavras cada. Deverão ser digitados com a fonte tipo Cambria, o texto em tamanho 10; as palavras RESUMO e ABSTRACT em maiúsculas, tamanho 12; margens esquerda e direita com 2,5 cm cada;
- 2.5 Palavras-chave: visando à confecção de instrumentos de busca, deverão ser apresentadas, em ordem alfabética, três a cinco palavras-chave ou termos-chave, em português e em inglês (*keywords*); margens esquerda e direita com 2,5 cm cada. A Comissão Editorial poderá, a seu critério, substituir ou acrescentar palavras-chave/*keywords*, que possam melhor auxiliar na recuperação *online* dos trabalhos;
- 2.6 A inclusão de ilustrações, gráficos, desenhos, quadros, tabelas, fotografias, etc. deverá se restringir ao necessário para o entendimento do texto. Esses elementos devem ser encaminhados também em anexo ao corpo do texto, em arquivos separados com a indicação de sua localização. Deverão estar próximos do trecho onde são mencionados e acompanhados de suas respectivas legendas ou títulos, citando a fonte. Fotografias e demais imagens digitalizadas deverão preferencialmente estar em formato jpeg ou bmp ou tif, podendo ser apresentadas em arquivos separados, com a indicação de sua localização no trabalho. A dimensão máxima deverá ser de 13 cm;
- 2.7 Citações de até 03 (três) linhas deverão ser incluídas no texto entre aspas duplas. Citações com mais de 03 linhas deverão ser recuadas 4,0 cm a partir do recuo da margem esquerda, tamanho de fonte 10, espaço 1,0 entre linhas;
- 2.8 O corpo do texto deverá ter uma estrutura lógica e sequencial de apresentação, sendo dividido em seções com títulos não numerados, em fonte 12 e negrito, alinhados à margem esquerda do texto. Dependendo do tipo de trabalho a ser relatado, isto é, experimental ou teórico, esse poderá ser estruturado em seções com os seguintes títulos, respectivamente: (a) Introdução, Material e Métodos (ou Metodologia), Resultados, Discussão (ou Resultados e Discussão), Conclusões, Agradecimentos (quando pertinentes) e Referências Bibliográficas; (b) Introdução, Considerações Teóricas, Conclusões, Agradecimentos (quando pertinentes) e Referências bibliográficas. Os subtítulos de tópicos dentro de seções deverão ter fonte 12, em negrito e ser alinhados ao recuo do parágrafo.

3. Normas para as demais seções

- 3.1 Relato de Experiências e Relato de Evento: texto livre, com cerca de até 1.500 palavras (03 laudas em formato A4), podendo ter ilustrações, citações e referências bibliográficas;
- 3.2 Legislação Ambiental: texto livre de cerca de até 1.500 palavras, com a identificação da lei, decreto, resolução, portaria, etc. incluso no título. O corpo do texto deverá apresentar o comentário/explicação/análise e a referência completa do instrumento legal, isto é, seu número, data de publicação e local de acesso ao mesmo;

- 3.3 Opinião: texto livre, com título, não excedendo 1000 palavras;
- 3.4 Notícias: texto livre e conciso, com cerca de 600 palavras e título contendo informações precisas, com todas as indicações e referências necessárias à divulgação;
- 3.5 Bibliografia Comentada: texto de cerca de 600 palavras deverá conter a referência completa da obra comentada, inclusive o ISBN ou ISSN, onde obtê-la e, se for o caso, o seu preço.
- 3.6 Almanaque Ambiental: poesias e acrósticos poderão ter, no máximo, 25 linhas; ilustrações e desenhos deverão ser entregues conforme 2.6; relatos de fatos curiosos relacionados às atividades de trabalho na FEPAM terão, no máximo, 600 palavras. Não serão aceitos trabalhos em que apareçam nomes de empresas ou pessoas, exceto a identificação dos(as) autor(as);
- 3.7 Textos em 3.1 a 3.3 terão título em fonte 14, em negrito, o(s) nome(s), a instituição(ões) e o e-mail do(s) colaborador(es) deverá(ão) ser apresentados abaixo do título, como em Artigo.
- 3.8 Textos em 3.4 a 3.6, com título em fonte 14, em negrito, o(s) nome(s), a instituição(ões) e o e-mail do(s) colaborador(es) deverá(ão) ser citados no final do texto.

O autor principal é responsável por certificar-se da aprovação, por todos os coautores, da versão final do manuscrito e de seu consentimento para publicação na FeR.

Ilustrações, quadros e tabelas para todas as seções deverão ser encaminhadas em anexo ao corpo do texto, em arquivos separados, com a indicação de sua localização no trabalho.

Os manuscritos submetidos deverão estar em conformidade às Normas de Apresentação, caso contrário serão devolvidos para a adequação pelos autores, como condição para sua avaliação e posterior aceite. Dúvidas sobre a adequação dos textos às normas da Revista serão dirimidas pela Comissão Editorial.

As normas estão sujeitas a alterações. Solicita-se, portanto, aos autores que se mantenham atualizados, verificando o mais recente número da revista e acessando, periodicamente, o seu espaço na rede eletrônica da FEPAM.



SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE
E INFRAESTRUTURA

