



## CIÊNCIAS AMBIENTAIS

### Diagnóstico de parâmetros de qualidade do rio Gravataí no interior da Área de Proteção Ambiental (APA) do Banhado Grande, RS, e a detecção de situação de criticidade

*Diagnosis of quality parameters of Gravataí River within the Environmental Protection Area (APA) of Banhado Grande, RS, and the detection of criticality situation*

Manuela Boucinha Rodrigues<sup>1</sup>; Katia Helena Lipp-Nissinen<sup>1</sup>

## RESUMO

A Área de Proteção Ambiental do Banhado Grande (APABG), unidade de conservação de uso sustentável do Rio Grande do Sul (RS), abriga áreas úmidas importantes à dinâmica da Bacia Hidrográfica do Rio Gravataí (BHRG) e à prestação de serviços ecossistêmicos. Realizou-se um diagnóstico, interpretando-se resultados de análises de amostragens (janeiro/2011 a janeiro/2013) nos três pontos da rede de monitoramento do rio Gravataí no interior da APABG. Avaliaram-se os parâmetros de qualidade hídrica: demanda bioquímica de oxigênio, nitrogênio amoniacal, turbidez e *Escherichia coli*. Detectaram-se valores indicativos de graves perturbações, afetando abastecimentos público, industrial e agrícola. Nitrogênio e turbidez indicaram os resultados mais preocupantes, o primeiro em janeiro de 2011 e 2012 e o último em janeiro e novembro de 2012, quando foi decretada situação de emergência na BHRG. Manejo inadequado do sistema de cultivo de arroz pré-germinado, agravado por estiagens e uso de fertilizantes, foi apontado como o responsável. O estudo demonstrou a importância do atendimento às condicionantes de licenciamento e do monitoramento para a manutenção da qualidade ambiental em áreas protegidas.

**Palavras-chave:** Monitoramento; Nitrogênio amoniacal; Qualidade da água; Turbidez; Unidade de conservação.

## ABSTRACT

*The Environmental Protection Area of Banhado Grande (APABG), a conservation unit for sustainable use in Rio Grande do Sul (RS), shelters wetlands which are important to the dynamics of the Gravataí River Basin (BHRG) and offer several ecosystem services. A diagnosis was made, interpreting the results of analyzes from samples taken between January 2011 and January 2013 at the three points of the Gravataí river monitoring network located within the APABG. The water quality parameters biochemical oxygen demand, ammoniacal nitrogen, turbidity and *Escherichia coli* were evaluated. The values indicated drastic water quality disturbances, affecting public, industrial and agricultural supplies. Nitrogen and turbidity indicated the most worrying results, the first in January 2011 and 2012 and the last in January and November 2012, when an emergency state was declared in the BHRG. Inadequate management of the pre-germinated rice cultivation system, aggravated by drought and use of fertilizers, was pointed out as responsible. The study demonstrated the importance of complying with licensing conditions and regular monitoring to maintaining environmental quality in protected areas.*

**Keywords:** Ammoniacal Nitrogen; Conservation unit; Monitoring; Turbidity; Water quality.

<sup>1</sup> FEPAM - Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luis Roessler, Porto Alegre/RS – Brasil.

## 1. INTRODUÇÃO

A manutenção da qualidade da água de mananciais é imprescindível à saúde da população e das biotas aquática e terrestre (MEZOMO, 2009). De acordo com CETESB (2001) *apud* Andrade *et al.* (2010), a poluição das águas é gerada por três fatores: efluentes domésticos (poluentes orgânicos biodegradáveis, nutrientes e bactérias); efluentes industriais (poluentes orgânicos e inorgânicos, dependendo da atividade industrial); e carga difusa agrícola e urbana (poluentes advindos da drenagem dessas áreas: fertilizantes, defensivos agrícolas, fezes de animais e material em suspensão). Assim, o monitoramento de um recurso hídrico tem como objetivos gerais o acompanhamento das alterações de sua qualidade, a elaboração de previsões de comportamento, o desenvolvimento de instrumentos de gestão e o fornecimento de subsídios para ações saneadoras.

A FEPAM - Fundação Estadual de Proteção Ambiental, realiza o monitoramento da qualidade das águas superficiais das bacias do estado do RS através de coletas e análises de mais de 20 parâmetros físico-químicos e biológicos de águas. A interpretação desses resultados é feita com normas da legislação vigente, as quais fixam o padrão de qualidade que a água deve ter no meio ambiente em relação ao uso a ela destinado (FEPAM, 2017).

### 1.1 Área de Estudo

Criada em 23 de Outubro de 1998, pelo Decreto Estadual Nº 38.971, a Área de Proteção Ambiental do Banhado Grande (APABG) visa à proteção de banhados e nascentes da Bacia Hidrográfica do Rio Gravataí (RIO GRANDE DO SUL, 1998). Nela estão localizados o Banhado Grande, o Banhado do Chico Lomã e o Banhado dos Pachecos, que, segundo o Plano de Bacia do Rio Gravataí, são alimentados por águas provenientes de pequenos rios e arroios, drenam as partes altas da Bacia e atuam como reguladores naturais de vazão. Segundo Rubbo (2004), os banhados são áreas úmidas que servem como "esponjas", acumulando a água em excesso durante épocas de enchentes e liberando, gradualmente, esta quantidade de água durante os períodos de estiagem, amortecendo assim os períodos de cheia. Ademais, os banhados da região da APABG possuem grande produtividade biológica, constituindo refúgio ecológico de diversas espécies de animais, algumas ameaçadas de extinção, como o jacaré-de-papo-amarelo e o cervo do pantanal (ETCHELAR *et al.*, 2014). Dessa forma, os importantes serviços ecossistêmicos promovidos pelos banhados, como produção de alimentos, conservação da biodiversidade, sustentação das atividades pesqueiras, contenção de enchentes, controle da poluição, são essenciais para a preservação dos recursos hídricos (SCHEREN, 2014).

Com uma extensão de aproximadamente 136.935 ha, conforme Simioni *et al.* (2017), a APABG localiza-se na Bacia Hidrográfica do Rio Gravataí (BHRG) e abrange territórios dos municípios de Glorinha, Gravataí, Santo Antônio da Patrulha e Viamão (Tabela 1 e Figura 1). A BHRG possui 201.800 ha, ou seja, a APA ocupa perto de 70% da sua área, o que evidencia, claramente, a importância desta região alagadiça para o regime do rio Gravataí e a dinâmica de sua bacia. Além da população inserida na APA, esse rio abastece outros milhares de domicílios e atividades nos municípios da região metropolitana de Porto Alegre, dos quais Alvorada, Cachoeirinha, Canoas e Taquara também fazem parte da BHRG.

Os usos e ocupações do solo dentro da Bacia, descritos na Tabela 2, influenciam diretamente o regime hidrológico e causam grande impacto às áreas úmidas. Assim, frequentemente, a BHRG enfrenta

situações de estiagem, agravadas por grande ocupação urbana na parte baixa do Rio, alta demanda de água para cultivo de arroz e impactos sobre o sistema de banhados (METROPLAN, 2013). Silva *et al.* (2005) apontaram o uso indiscriminado de água para irrigação como a causa do esgotamento do rio Gravataí em 2004 e 2005, quando a produção de arroz aumentou em 6,3 vezes e o abastecimento público foi prejudicado. Antagonicamente, não raro a BGRG é atingida por enchentes e a cheia dos cursos d'água.

Ademais, segundo Merten & Minella (2002), existe um consenso geral de que atividades agrossilvipastoris regem uma importante influência na contaminação dos mananciais, com alto potencial de degradação, e que a qualidade da água é um reflexo dos usos e manejos do solo da bacia hidrográfica em questão.

**Tabela 1.** Municípios constituintes da APABG, suas respectivas áreas inseridas na APABG e populações. Fontes: Área: IPH, 2002; Populações: IBGE, 2010; Áreas na APABG: DUC/DBIO/SEMA-RS, 2017.

Município	Área do município (km <sup>2</sup> )	Área inserida na APA (km <sup>2</sup> )	Porcentagem de área municipal inserida na APA	População Municipal
Glorinha	335,8	328,64	97,9%	6.891
Gravataí	477,9	95,85	20%	255.660
Santo Antônio da Patrulha	1368,0	451,88	33%	39.685
Viamão	1485,1	492,96	33,2%	239.384
TOTAL		1.393,33		541.620

**Tabela 2.** Cobertura do solo na BHRG. Fonte: METROPLAN, 2013.

COBERTURA DO SOLO	%
Áreas de campo	50,81
Lavoura	19,98
Mata	11,12
Área urbana	7,65
Banhado	3,96
Solo descoberto	2,43
Água	2,04
Campo úmido	1,06
Reflorestamento	0,89

Dentre as atividades agrícolas desenvolvidas no interior da APABG, destaca-se a orizicultura, amplamente desenvolvida na região desde a década de 1940. Os sistemas de cultivo por irrigação superficial drenam as áreas inundáveis, transformando os cursos d'água em malhas de canais de

irrigação (GUASSELLI *et al.*, 2013). Foi estimado por esses autores que, dentre os quase 140.000 hectares da APABG, 23.832 são ocupados pela orizicultura (Tabela 3). De tal maneira, salinização do solo, contaminação por agrotóxicos, fertilizantes e pesticidas, além de elevada captação de água, são alguns dos impactos dessa atividade sobre as áreas úmidas, causando danos aos recursos hídricos, às comunidades aquáticas e à população humana (RODRIGUES & IRIAS, 2004).

**Tabela 3.** Municípios e suas respectivas áreas ocupadas por plantação de arroz.

Município	Área (ha) plantada de arroz		
	2011	2012	2013
<b>Glorinha</b>	1.938	1.938	1.938
<b>Gravataí</b>	725	503	500
<b>Santo Antônio da Patrulha</b>	13.520	14.000	14.000
<b>Viamão</b>	25.580	24.697	26.393

Fonte: IBGE Cidades (2017).

Diante desse cenário, em relação à APA do Banhado Grande e à Bacia do Gravataí, podem ser indagadas as seguintes questões. Como a qualidade da água é afetada pelas atividades econômicas desenvolvidas na área? Poderia o monitoramento frequente da qualidade auxiliar na melhoria da gestão e da condição ambiental? Como o atendimento às condicionantes de licenciamento, especialmente quanto aos sistemas agrícolas, influencia na qualidade da água?

Assim, este estudo objetiva analisar a qualidade da água do rio Gravataí em pontos de amostragem localizados dentro da APA do Banhado Grande e a relação de suas alterações frente a ações antrópicas e condições climáticas.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

A partir do sistema de dados (S3i) da FEPAM, foram obtidos resultados de análises das águas do rio Gravataí para os parâmetros Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), Nitrogênio, Turbidez e *Escherichia coli*, no período de janeiro de 2011 a janeiro de 2013. Integrando o trabalho da Rede de Monitoramento da Qualidade Ambiental da FEPAM, uma amostra mensal de água superficial foi coletada pela equipe da Divisão de Amostragem nos meses de janeiro, março, maio, julho, setembro e novembro de cada ano. As amostras foram analisadas pelos Laboratórios de Química e de Biologia do Departamento de Pesquisa e Análises Laboratoriais da FEPAM. Os procedimentos usados pelos Laboratórios na determinação dos parâmetros compreenderam os seguintes métodos analíticos descritos pela *American Public Health Association* (APHA, 1998; 2005 e 2012):

DBO - SMEWW 21ª edição 5210B (2-5)

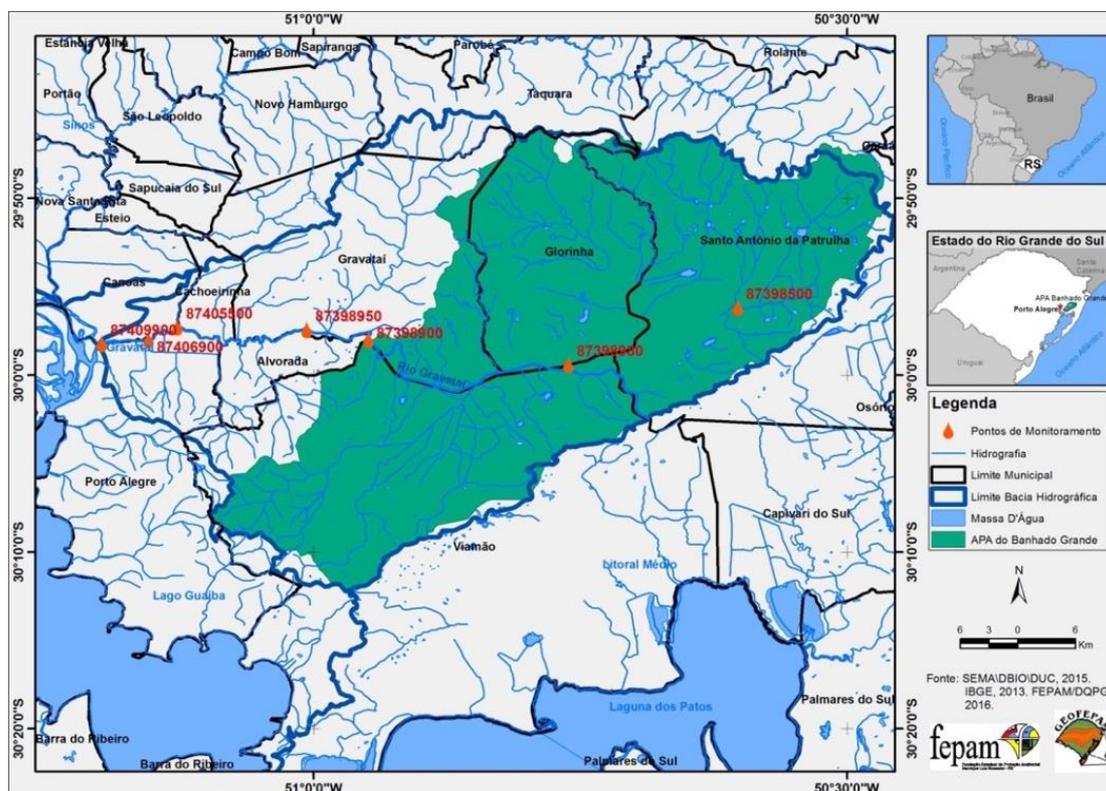
Nitrogênio Amoniacal - SMEWW 18ª edição 4500-NH3

Turbidez - SMEWW 21ª edição 2130 (2-9)

*Escherichia coli* - SMEWW 22ª edição 9223B 2ª

Os dados avaliados são referentes aos três pontos de amostragem da Rede de Monitoramento da BHRG localizados no interior da APABG (Figura 1), estabelecidos no Quadro 1.

**Figura 1.** Mapa da APABG com a localização dos pontos de amostragem. Fonte: elaborado pelo Setor de Geoprocessamento - DPQG/FEPA, 2016, a partir de dados do IBGE (2013) e da DUC/DBIO/SEMA-RS (2015).



**Quadro 1.** Localização dos Pontos de amostragem.

Ponto	Coordenada	Localização	Sub-bacia
<b>Ponto 1 87398900</b>	S 29° 57' 55" W 50° 56' 52"	Passos dos Negros, Gravataí	Médio Gravataí
<b>Ponto 2 87398980</b>	S 29° 59' 21" W 50° 45' 37"	Saída do Banhado Grande, Glorinha	Alto Gravataí – Banhado Grande
<b>Ponto 3 87398500</b>	S 29° 56' 10" W 50° 36' 05"	Arroio Chico Lomã, Santo Antônio da Patrulha	Alto Gravataí - Formadores

Fonte: FEPA, 2017.

O Ponto 1, na entrada da APA do Banhado Grande, localiza-se a jusante das saídas de lavouras orizícolas e coincide com o ponto de captação de água da Companhia Riograndense de Saneamento (CORSAN). À esquerda do ponto inicia-se a área urbana do município de Gravataí e a sua direita, já na APABG, estão lavouras e áreas rurais. Na divisa entre os municípios de Glorinha e Viamão, o Ponto 2 encontra-se dentro do canal do DNOS, canal criado na década de 70 para beneficiar e facilitar a irrigação da produção orizícola (ETCHELAR *et al.*, 2014). À montante está o Banhado Grande, o principal do Sistema, e a jusante localizam-se as áreas de lavoura. Seu entorno é uma verdadeira

malha de irrigação, com intensa drenagem do sistema de banhados. Já o Ponto 3 fica no arroio Chico Lomã (Figura 2), cercado por regiões alagadiças, e também é circundado por áreas agrícolas.

**Figura 2.** Vista do Ponto 3 de amostragem da Rede de Monitoramento da Qualidade da Água da BHRG, arroio Chico Lomã, Santo Antônio da Patrulha, RS. Foto de Katia H. Lipp-Nissinen, março de 2017.



Os quatro pontos localizados à esquerda na Figura 1 e fora dos limites da APA também pertencem à rede de monitoramento da FEPAM, porém não fazem parte deste estudo. As atividades em seu entorno diferem das localizadas na APA do Banhado Grande, visto que são áreas muito urbanizadas, com presença de indústrias, moradias e centros urbanos.

Foi realizada análise de conformidade com a legislação vigente, a partir do enquadramento em classes dispostas pela Resolução CONAMA nº 357, de 11 de março de 2005 (BRASIL, 2005). As águas doces são classificadas, quanto a sua destinação, em Classes Especial, 1, 2, 3 e 4. As águas classificadas na Classe Especial são destinadas para a preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas e do ecossistema local. As Classes 1 e 2 destinam-se à irrigação de hortaliças e outras culturas, assim como à proteção das comunidades aquáticas. As águas de Classe 3 são designadas para a irrigação de culturas cerealíferas e dessedentação animal, enquanto a Classe 4 é para os usos menos exigentes. A respeito das águas do rio Gravataí, o seu Plano de Bacia instituiu como meta intermediária, para 20 anos, o enquadramento em Classe 2 do Médio e Alto Gravataí (Pontos 1 e 3) e em Classe 1 do Sistema de Banhado Grande (Ponto 2) (BOURSCHEID, 2012).

### 3. RESULTADOS

#### 3.1 Precipitação

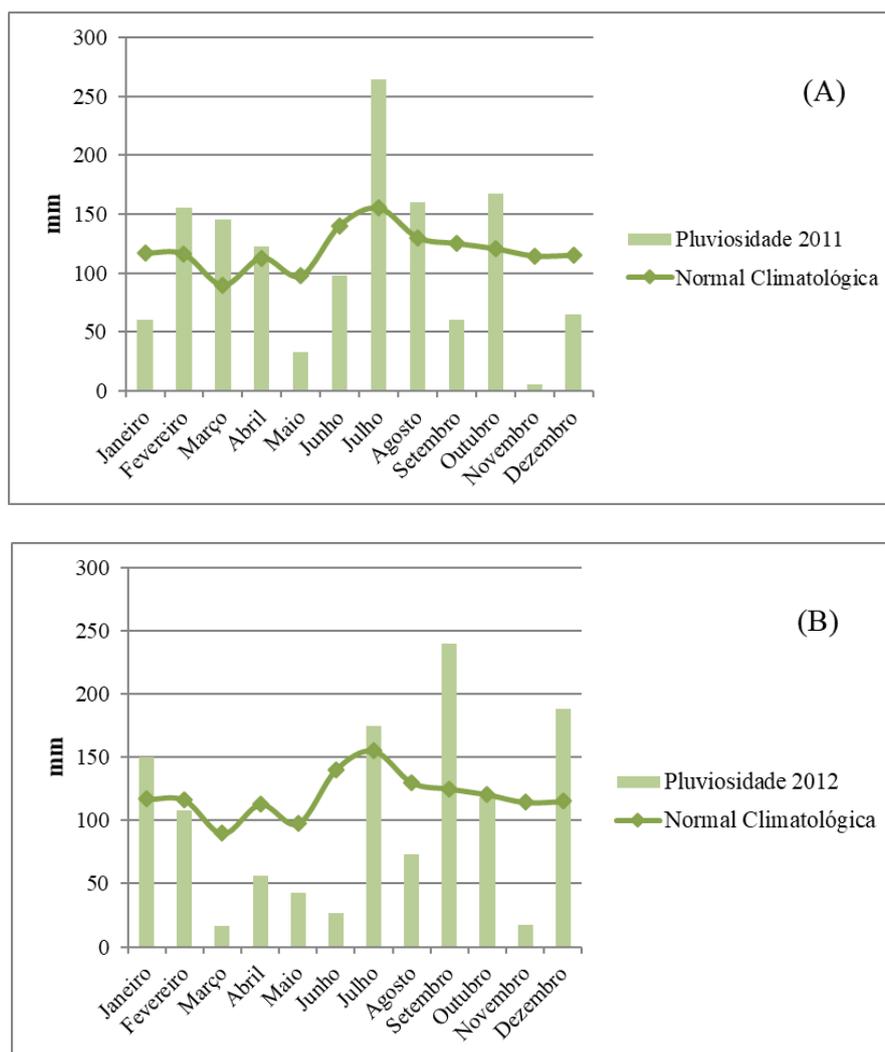
Foram observadas anomalias, significando precipitação mais escassa no estado do Rio Grande do Sul, em alguns meses dos anos de 2011 e 2012, em relação à Normal Climatológica de 1961-1990 indicada pelo Atlas Climático da Região Sul do Brasil (WREGE, 2012). Registros de pluviosidade da Agência Nacional das Águas – ANA, para o município de Glorinha, reportam que a região da APABG apresentou, em 2011 (Figura 3A), valores de precipitação abaixo da referência da Normal Climatológica, nos meses de janeiro, maio, setembro, novembro e dezembro. Já em 2012 (Figura 3B), os valores estiveram inferiores à média de fevereiro a junho, em agosto, outubro e novamente

em novembro. O mês de novembro, tanto em 2011 como em 2012, apresentou os menores valores de precipitação anual: apenas 5,2% e 15,4% da média mensal nos respectivos anos.

### 3.2 Demanda Bioquímica de Oxigênio

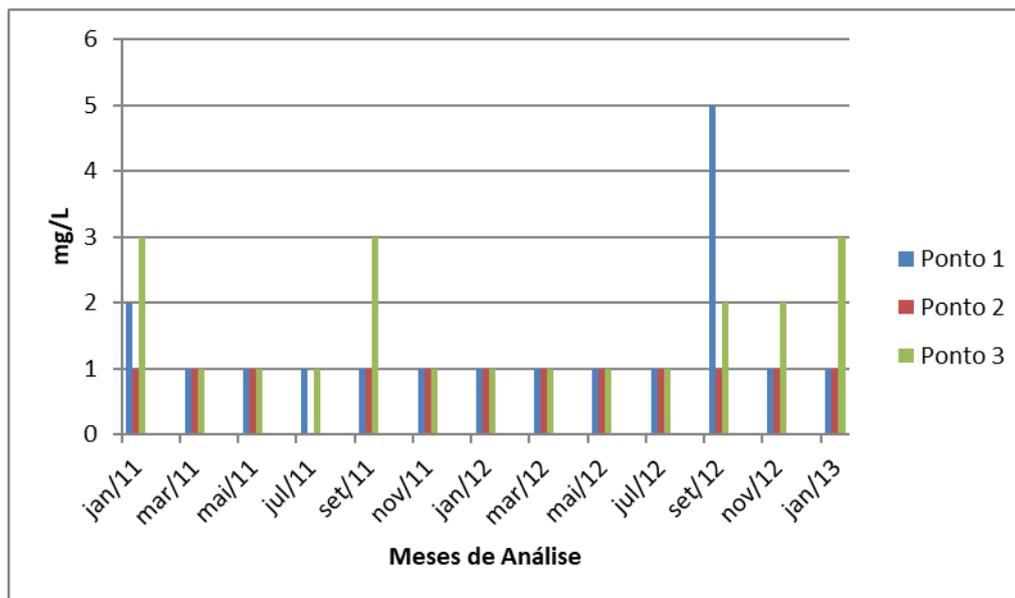
Para este parâmetro, cujos resultados estão representados na Figura 4, o Ponto 1 apresentou o valor de 1 mg/L na maioria dos meses, à exceção de picos em janeiro de 2011 e setembro de 2012, sendo este último o mês com valor mais alto da série, 5 mg/L. Já no Ponto 2, em todos os meses de análise, manteve-se o valor constante de 1 mg de O/L, com nenhum indício de perturbação neste período. No Ponto 3, observaram-se picos em períodos de temperaturas mais quentes, setembro, novembro e janeiro. É possível verificar que, no verão de 2012/2013, ocorreu um aumento contínuo da DBO. Com o aumento das temperaturas e a redução das chuvas, nos meses de verão, a vazão do rio diminui, acarretando em menor solubilidade de oxigênio e dificuldade de diluição dos poluentes presentes na água. Portanto, pode ocorrer elevação dos valores de DBO, parâmetro que indica a quantidade de oxigênio necessária para oxidar a carga orgânica biodegradável presente nas águas, causando incremento excessivo da microflora presente e interferência no equilíbrio da vida aquática (VON SPERLING, 2005).

**Figura 3** – Representações gráficas das anomalias de precipitação para o município de Glorinha, nos anos de 2011 (A) e 2012 (B).



Fonte: ANA - Agência Nacional de Águas (2017) e Wrege, *et al.* (2012).

**Figura 4.** Valores de demanda bioquímica de oxigênio em três pontos de coleta de água superficial do rio Gravataí, no interior da APABG, no período entre janeiro de 2011 e janeiro de 2013.



Para fins de enquadramento na Classe 1 da Resolução nº 357 do CONAMA, os valores devem permanecer abaixo de 3 mg/L. Nesse contexto, os Pontos 2 e 3 mantiveram-se nos padrões desta Classe durante todo o período estudado. Contudo, o Ponto 1 alcançou um valor de 5 mg/L, estando em concordância com a Classe 2 da Resolução.

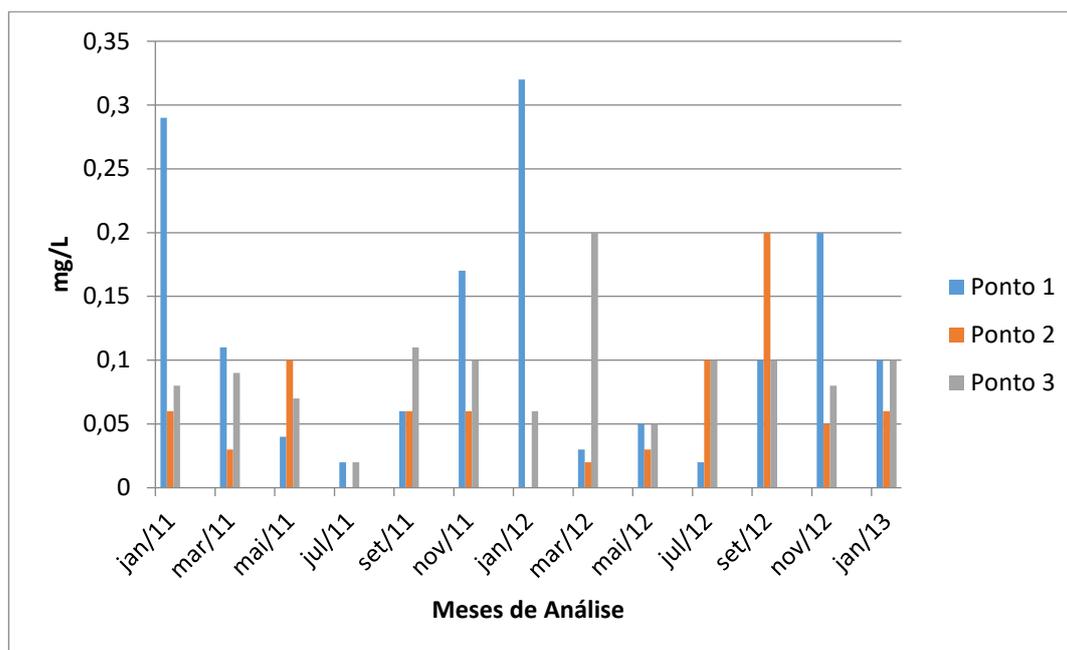
Estes resultados coincidem com os de Andrade *et al.* (2010) que, em investigação do impacto do arroz inundado sobre a qualidade do rio Paraíba do Sul, SP, observaram teores inferiores a 5 mg/L, relacionando os valores mais elevados a despejos de efluentes líquidos.

Conforme levantamento apresentado no Relatório Final da Comissão Especial sobre a Recuperação das Bacias dos Rios dos Sinos e Gravataí, da Assembléia Legislativa do RS (2007), as principais fontes de descargas orgânicas nesses corpos hídricos são criação de animais, esgoto doméstico urbano e rural, fontes rurais difusas, resíduos sólidos com destinação incorreta, efluentes industriais e drenagem pluvial urbana.

### 3.3 Nitrogênio Amoniacal

Indicadas na Figura 5, as medições de Nitrogênio no Ponto 1 mostraram-se altas durante os meses quentes, sendo que os maiores valores, 0,29 e 0,32 mg/L, ocorreram em janeiro de 2011 e de 2012, respectivamente. Já nos meses de frio, maio e julho, as concentrações diminuem, estando as mais baixas nos meses de julho, ambos 0,02 mg/L. O Ponto 2 mantém-se com medições abaixo de 0,1 mg/L, à exceção de setembro de 2012, quando alcançou 0,2 mg/L. Para esse Ponto, não é possível observar uma sazonalidade a partir destes resultados, e não foram realizadas coletas de amostra em julho de 2011 e janeiro de 2012. Para as análises do Ponto 3, os resultados foram semelhantes, permanecendo em torno de 0,1 mg/L na maioria dos meses, com a ocorrência de um pico a 0,2 mg/L em março de 2012.

**Figura 5.** Valores de nitrogênio ambiental em três pontos de coleta de água superficial do rio Gravataí, no interior da APABG, no período entre janeiro de 2011 e janeiro de 2013.



Todos os pontos apresentaram concentrações relativamente baixas de nitrogênio, em relação ao limite para enquadramento na Classe 1 do CONAMA, visto que o valor máximo para pertencimento a essa classe é de 3,7 mg de N/L. Porém, não se pode afirmar que um corpo hídrico em conformidade com a legislação está necessariamente isento de poluição. Ainda, por ser nutriente para processos biológicos, juntamente com o fósforo, o excesso de nitrogênio em esgotos sanitários e efluentes industriais despejados em recursos hídricos sem tratamento efetivo conduz a processos de eutrofização das águas naturais (CETESB, 2009). Valores elevados desse parâmetro representam risco para a vida aquática na área dos banhados.

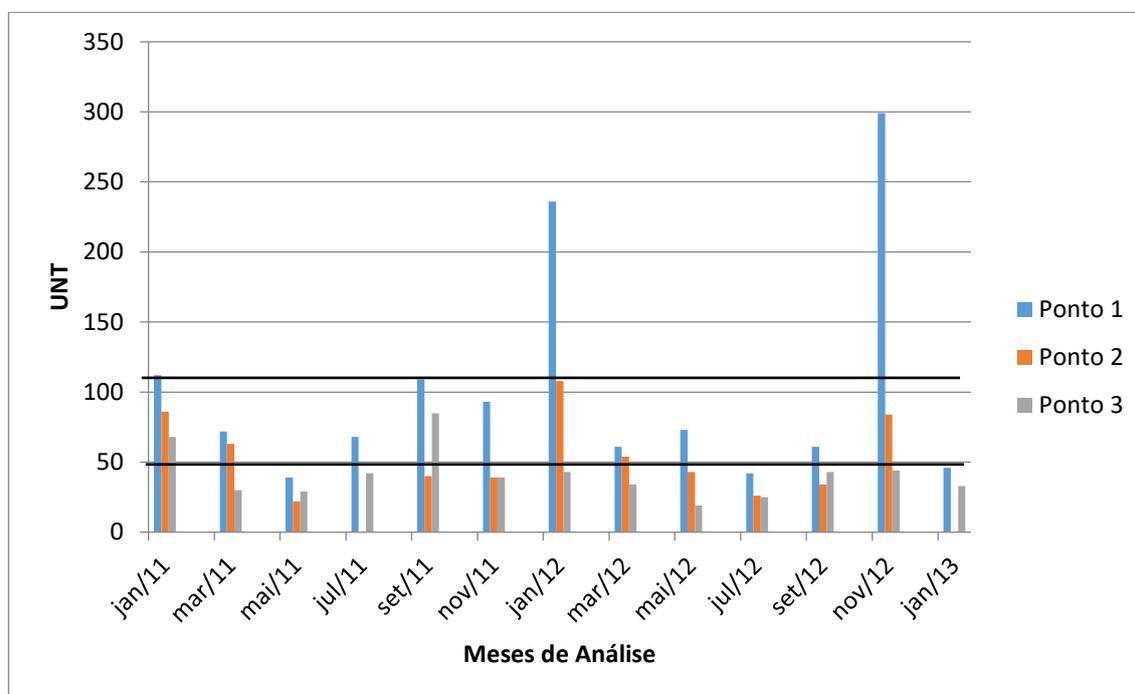
O nitrogênio é essencial ao desenvolvimento da cultura do arroz inundado, por que, segundo Mateus *et al.* (2006), a adubação com este nutriente contribui de maneira significativa para altos rendimentos no plantio de cereais, se feito um manejo adequado. O processo consiste na aplicação de nitrogênio em parcelas em diferentes estádios ao longo do plantio. A primeira aplicação é realizada no momento da semeadura, que, segundo o Instituto Rio Grandense do Arroz - IRGA, ocorre usualmente entre 20 de setembro e 05 de novembro nas lavouras do Estado. Dessa forma, sabe-se que há grande aporte de nutrientes para o rio Gravataí em época de plantio de arroz como confirmam os dados obtidos pela análise.

Nos meses de verão, quando ocorre aumento da temperatura da água e da atividade biológica, é realizado o plantio das culturas orizícolas nas lavouras da APABG, com utilização de fertilizantes nitrogenados. Assim, as elevações de concentração observadas neste estudo corroboram as de Fleck (1998 *apud* MEZOMO, 2009) ao afirmar que, em zonas rurais, são importantes fontes de amônia os fertilizantes e insumos químicos arrastados pelo escoamento superficial. Ainda segundo o autor, águas não poluídas apresentam usualmente concentrações totais de amônia inferiores a 0,2 mg/L. Ou seja, pode-se inferir que o aporte de fertilizantes nitrogenados para o plantio, aliado à elevação da temperatura, contribuíram para a poluição das águas no Ponto 1 nos verões de 2011 e 2012.

### 3.4 Turbidez

A turbidez do corpo d'água é a perturbação na coloração devido à presença de sólidos e partículas orgânicas e inorgânicas em suspensão. Este parâmetro é expresso em Unidades Nefelométricas de Turbidez. Na Figura 6, é possível perceber um comportamento dinâmico dos valores da turbidez no Ponto 1, com redução nos meses de outono e inverno e aumento nos meses de primavera e verão, à exceção de janeiro de 2013, quando houve um decréscimo significativo. Este ponto representa os valores mais altos da série, alcançando 299 unidades de turbidez em novembro de 2012. No Ponto 2 também observa-se comportamento semelhante, visto que os meses de janeiro apresentaram os maiores resultados, 86 e 108 UNT, e os menores foram amostrados entre maio e setembro. Nos meses de julho de 2011 e janeiro de 2013, não foram realizadas amostragens de turbidez neste local. As amostras realizadas no Ponto 3 foram as que resultaram em valores mais baixos, sendo o menor de 19 UNT, em maio de 2012, e o maior de 85 UNT, em setembro de 2011.

**Figura 6.** Valores de turbidez em três pontos de coleta de água superficial do rio Gravataí, no interior da APABG, no período entre janeiro de 2011 e janeiro de 2013.



Para enquadramento na Classe 1, conforme a Resolução CONAMA nº 357, o corpo hídrico deve atender ao padrão de turbidez de até 40 UNT. Assim, visto que todos os pontos excederam este valor em alguma amostra, nenhum está na condição de Classe 1. Sendo 100 UNT adotada como limite para as Classes 2 e 3, o Ponto 3 é o único que se enquadra durante todo o período de análise. Os pontos 1 e 2 se apresentaram em não conformidade com a legislação vigente.

A turbidez prejudica o desenvolvimento de planas, algas, peixes e demais organismos vivos do corpo d'água. Afeta adversamente, ainda, os usos doméstico, industrial e recreacional de um recurso hídrico (MEZOMO, 2009). Através de investigação bibliográfica e entrevistas com analistas ambientais da FEPAM, foram identificados dois episódios atípicos coincidindo com os meses em que as análises de amostras de água revelaram elevação da turbidez no Ponto 1, indicados na Figura 6.

Nos meses de novembro e dezembro de 2011, o estado do Rio Grande do Sul enfrentou uma forte estiagem, como se pode observar na Figura 3A. Segundo levantamento da Defesa Civil, 337 municípios gaúchos decretaram situação de emergência por esse motivo no início de 2012. O nível do rio Gravataí chegou a 95 cm no dia 10 de janeiro, conforme publicado em jornais, tendo em vista que o nível para estado de alerta é um (01) metro. As amostras foram realizadas no dia 04 de janeiro. Assim, com falta de chuvas e diminuição no nível do rio, a diluição de partículas sólidas e a depuração do recurso hídrico são dificultadas, acarretando em aumento da turbidez. A elevação da quantidade de nitrogênio na água do rio, verificada nessa mesma época, também pode estar relacionada à estiagem.

Na Figura 3B e na Figura 6 é possível observar que o mês de novembro de 2012 apresentou uma das menores pluviosidades e o maior valor de turbidez da série. Para este período, além da redução da vazão típica dos meses de verão e da escassez de chuvas, o problema esteve relacionado à lama oriunda das lavouras que utilizaram o sistema de plantio de arroz pré-germinado (Figura 7). Tal plantio é caracterizado pela inundação prévia da área, para preparo do solo, com formação de uma lama que aumenta a produtividade do cultivo. Contudo, de acordo com estudo realizado pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA, a posterior drenagem da área, cerca de três a cinco dias após a distribuição das sementes pré-germinadas, pode provocar a perda de sólidos totais, que causam um aumento da turbidez nas águas (MATTOS *et al.*, 2012). A mesma pesquisa concluiu que a liberação das águas da lavoura naquelas condições resulta em uma prática agrônômica de baixa sustentabilidade, tanto econômica como ambiental, comparativamente ao manejo que mantém a água no arrozal. Ainda, de acordo com Mattos *et al.* (2012), essa prática de drenagem acarreta em perda de nutrientes e outros materiais, como agrotóxicos e fertilizantes químicos, que, adsorvidos em partículas do solo em suspensão, podem ser transportados para os mananciais hídricos e causar toxicidade, eutrofização, crescimento excessivo de algas e esgotamento de oxigênio, levando à morte de organismos aquáticos e à significativa perda da qualidade da água.

Na época em questão, diversas parcelas e atividades da sociedade foram atingidas pelo problema causado pelo lodo no rio. No local de captação de água para abastecimento público, que coincide com o Ponto 1 da amostragem, a companhia de saneamento CORSAN enfrentou dificuldades na coleta e no tratamento da água. Consequentemente, bairros de municípios abastecidos pelo rio Gravataí a partir desse ponto sofreram problemas com o desabastecimento de água, conforme divulgado por reportagens jornalísticas. Indústrias, principalmente de bebidas, que captam água do rio Gravataí para uso em seus processos, também relataram problemas e encaminharam reclamações aos órgãos públicos responsáveis. O Comitê da Bacia Hidrográfica do Gravataí solicitou relatório sobre a qualidade da água e, a partir desse, discutiu medidas para remediação e prevenção do problema de criticidade. Dentre essas, instituiu-se um grupo, com membros da FEPAM, Brigada Militar e produtores rurais, para monitoramento e fiscalização das lavouras próximas ao rio.

**Figura 7.** Drenagem da água de uma lavoura de arroz, com escoamento de sedimentos de solo em suspensão (na seta) para o rio Gravataí, interior da APABG, RS. Fotografia do arquivo da Divisão de Emergência Ambiental – DEAMB/FEPAM.



Em 07 de dezembro de 2012, o Governo do Estado publicou um Decreto de Situação de Emergência, destacando a gravidade e anormalidade da condição hídrica “provocada pela situação de estiagem e agravada por riscos de intensa poluição ocasionada pelos efluentes líquidos de atividades econômicas regionais, em especial aquelas com uso intensivo de recursos hídricos”. Nesse foram decretadas a suspensão da captação de água por lavouras e a disposição de efluentes agrícolas apresentando sedimentos em suspensão (RIO GRANDE DO SUL, 2012).

Similarmente, em um estudo no rio Camaquã, região central do RS, Mundstock (2012) inferiu que os valores mais elevados de turbidez da água (de 100 a 200 UNT, ocorridos entre setembro e novembro) foram devidos às atividades agrícolas na sua bacia hidrográfica. O autor destaca que a perda de solo para a água se acentua quando há drenagem da lavoura, especialmente quando é feita após o preparo com presença de lâmina de água, utilizada no sistema de cultivo de arroz pré-germinado.

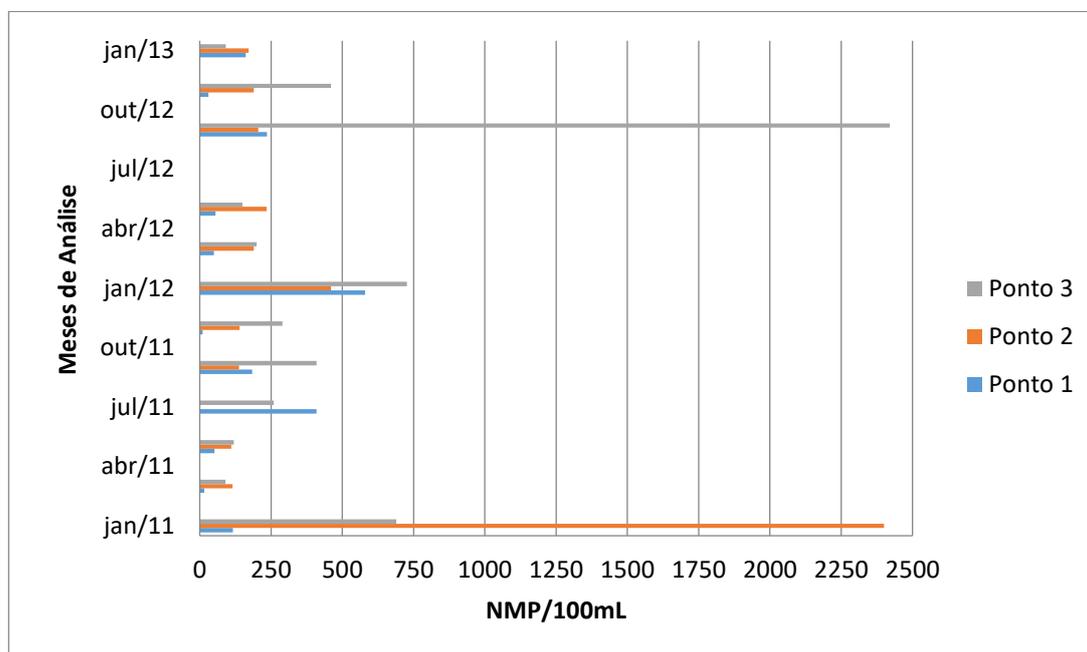
Conforme ANA (2009), quando ocorrer a formação de lodo (ou lama) decorrente desse sistema de plantio, deve-se aguardar alguns dias para a redução da lâmina d’água, garantindo, assim, a deposição dos sedimentos em suspensão na própria lavoura, evitando-se o seu lançamento no corpo hídrico receptor. Além disso, é recomendado não drenar a lavoura antes de 30 dias após a aplicação de algum agroquímico, para evitar a ocorrência de contaminação do corpo receptor com substâncias tóxicas (ANA, 2009).

### 3.5 *Escherichia coli*

Este parâmetro representa o número mais provável de organismos a cada 100 mililitros de amostra de água e seus resultados estão representados na Figura 8. Já o Ponto 2 apresentou valores entre 110 e 460 NMP/100mL no período da análise, à exceção de janeiro de 2011, quando ocorreu um pico de 2400 NMP. Por último, o Ponto 3 esteve entre 90 e 797 NMP/100mL para a maioria dos meses, exceto para o valor máximo de 2420 NMP em setembro de 2012. No Ponto 1, o menor valor para o índice de presença da bactéria *Escherichia coli* foi 10 NMP/100ml em novembro de 2011 e o maior

580 NMP/100ml em janeiro de 2012. Em julho de 2011, o Ponto 2 não foi amostrado, e no mesmo mês em 2012, não houve coleta em nenhum ponto.

**Figura 8.** Valores de *Escherichia coli* em três pontos de coleta de água superficial do rio Gravataí, no interior da APABG, no período entre janeiro de 2011 e janeiro de 2013.



Os valores limite de *Escherichia coli* para corpos d'água não estão incluídos na Resolução CONAMA nº 357/2005, para enquadramento em classes de uso da água, e sim na CONAMA nº 274/2000, que define critérios para a balneabilidade (BRASIL, 2000). Apesar de não ser ideal para a caracterização das águas da área de conservação do Banhado Grande, que são majoritariamente retiradas para consumo humano e uso em lavouras e indústrias, este será o suporte legal utilizado para a classificação. A qualidade é definida de acordo com as categorias Própria e Imprópria, cujos limites estão especificados no Quadro 2. Em vista disso, as águas no Ponto 1 podem ser declaradas como Próprias, enquanto as dos Ponto 2 e 3 atingem a definição de Impróprias.

Não é possível observar comportamento sazonal ou indício de influência da época do ano nos valores da série. Este comportamento para *E. coli* também foi observado por Silva *et al.* (2017), os quais registraram de modo geral valores baixos da variável e ocasionalmente picos isolados, para o rio Pirapozinho, SP. As autoras relacionaram os teores elevados da bactéria a falhas do sistema de tratamento de esgoto local.

**Quadro 2.** Categorização das águas doces quanto à balneabilidade. Fonte: Resolução CONAMA nº 274/2000 (BRASIL, 2000).

Valores	Categoria
Até 200 NMP/100mL	Excelente
Até 400 NMP/100mL	Muito Boa
Até 800 NMP/100mL	Satisfatória
Acima de 2000 NMP/100mL	Imprópria

Mattos *et al.* (2012) verificaram, em seu experimento em Capão do Leão, RS, contaminação microbiológica tanto nos canais de irrigação quanto nos de drenagem. Assim, evidenciou-se que a presença de *E. coli* no canal de irrigação não foi mitigada no ambiente da lavoura de arroz com manejo convencional.

A presença desta bactéria na água indica a presença de coliformes fecais, tanto humanos, quanto de animais, como mamíferos e aves, visto que é exclusivamente encontrada em esgotos, efluentes, águas naturais e solos que tenham recebido contaminação fecal recente (CETESB, 2009). Ou seja, os valores obtidos representam, ao menos em parte, o despejo de esgotos domésticos sem tratamento nas águas da APA e o escoamento superficial de áreas de agropecuária. Essas águas, assim contaminadas, seguem para a irrigação dos cultivos de arroz.

#### 4. CONCLUSÕES

Altos índices de nitrogênio amoniacal e turbidez foram evidenciados como responsáveis pela perda da qualidade da água no rio Gravataí, nos meses com manejo e drenagem de lavouras de arroz no interior da APABG. Somaram-se a isso a reduzida pluviosidade e as altas temperaturas nos meses de verão durante o período estudado. Ademais, a falta de esgotamento sanitário, o aporte de esgotos domésticos e o escoamento superficial de áreas de agropecuária diretamente no rio Gravataí induziram a presença de bactérias e o agravamento da poluição das águas.

O atendimento às condicionantes de licenciamento ambiental, sobretudo em sistemas agrícolas, é essencial para a manutenção da qualidade de mananciais em áreas protegidas, ecologicamente frágeis e socioeconomicamente importantes, como a APA do Banhado Grande. No entanto, salienta-se que tal impacto ambiental negativo não decorre, necessariamente, da irrigação enquanto tecnologia de manejo agrícola, mas sim do emprego de práticas de manejo inadequadas.

As alterações ambientais observadas ressaltam ainda a importância do constante monitoramento de parâmetros de qualidade hídrica, como base do planejamento e da tomada de decisões para a gestão do ambiente e de seus recursos naturais.

#### 5. AGRADECIMENTOS

À FAPERGS pela Bolsa de Iniciação Científica do Programa Institucional PROBIC-FEPAM concedida à Manuela Boucinha Rodrigues, graduanda de Engenharia Ambiental da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Aos colegas das Divisões de Amostragem, Laboratório de Biologia e Laboratório de Química da FEPAM. À Geógrafa Rejane Maria Valdameri, da Divisão de Planejamento, Qualidade Ambiental e Geoprocessamento da FEPAM, pela confecção do mapa da Figura 1. À Bibliotecária Sílvia Maria Jungblut da FEPAM, por conferir as referências bibliográficas.

#### 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS, ANA 2017. **HidroWeb – Sistema de Informações Hidrológicas**. Disponível em: <<http://www.hidroweb.ana.gov.br>>. Acesso em: 25 mar. 2017.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS - ANA; INSTITUTO RIO GRANDENSE DO ARROZ - IRGA. Conservação de água e preservação ambiental nas lavouras de arroz do Rio Grande do Sul: produção mais limpa. Brasília: ANA, 2009. 54 p. ISBN 978-85-89629-65-2.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION, APHA. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 18. ed. Washington: American Water Works Association, Water Environment Federation, 1998.

\_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. 21. ed. Washington: American Water Works Association, Water Environment Federation, 2005.

\_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. 22. ed. Washington: American Water Works Association, Water Environment Federation, 2012.

ANDRADE, Murilo Henrique; SOUZA, Claudinei Fonseca; VARALLO, Antonio Claudio Testa; PERES, José Geanini. Impactos da produção do arroz inundado na qualidade da água do rio Paraíba do Sul - trecho Taubaté, SP, Brasil. **Ambi-Água**, Taubaté, v. 5, n. 1, p. 114-133, 2010. (doi:10.4136/ambi-agua.124).

BOURSCHEID. **Processo de Planejamento na Bacia do Rio Gravataí – Plano de Bacia**: Relatório Síntese. Porto Alegre, 05 de julho de 2012. Disponível em: <<http://www.comitegravatahy.com.br/>>. Acesso em: 24 abr. 2017.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente, Conselho Nacional Do Meio Ambiente, CONAMA. **Resolução CONAMA nº 274**, de 29 de novembro de 2000. Publicada no DOU nº 18, de 25 de janeiro de 2001, Seção 1, páginas 70-71.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente, Conselho Nacional Do Meio Ambiente, CONAMA. **Resolução nº 357**, de 17 de março de 2005. Publicada no DOU nº 053, de 18 de março de 2005, páginas 58-63.

ETCHELAR, Cecília Balsamo; GUASSELLI, Laurindo Antônio; BELLOLI, Tássia Fraga. Erosão no Banhado Grande, bacia hidrográfica do rio Gravataí – RS. **Anais 5º Simpósio de Geotecnologias no Pantanal**, Campo Grande, MS, 22 a 26 de novembro 2014. Embrapa Informática Agropecuária/INPE, p. 584 -592.

FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PROTEÇÃO AMBIENTAL HENRIQUE LUIS ROESSLER – FEPAM. 2017. Qualidade Ambiental. Região Hidrográfica do Guaíba. Disponível em: <[http://www.fepam.rs.gov.br/qualidade/monitor\\_agua.asp](http://www.fepam.rs.gov.br/qualidade/monitor_agua.asp)>. Acesso em: 25 mar. 2017.

GUASSELLI, Laurindo Antônio; ETCHELAR, Cecilia Balsamo; BELLOLI, Tássia Fraga. Os impactos do cultivo de arroz irrigado sobre as áreas úmidas da Área de Proteção Ambiental do Banhado Grande do rio Gravataí – RS. **Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR**, Foz do Iguaçu, PR, Brasil, 13 a 18 de abril de 2013, INPE, p.447-452.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, IBGE. **Censo 2010**. Disponível em: <<http://censo2010.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 19 jul. 2017.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, IBGE 2017. **Brasil em Síntese**. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 19 jul 2017.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA, INMET 2017. **Anomalias de Temperaturas Médias Mensais**. Disponível em:

<<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/page&page=desvioChuvaAnual>> Acesso em: 19 jul. 2017.

INSTITUTO DE PESQUISAS HIDRÁULICAS, IPH 2002. **Identificação das alternativas possíveis e prováveis para regularização das vazões do Rio Gravataí**: Relatório Final. Porto Alegre: IPH/CPRM, 207 p.

MATEUS, Gustavo Pavan; FELTRAN, José Carlos; CRUSCIOL, Carlos Alexandre Costa. Épocas de aplicação de nitrogênio na cultura do arroz inundado. **Científica**, Jaboticabal, v.34, n.2, p., 2006.

MATTOS, Maria Laura Turino; SCIVITTARO, Walkyria Bueno; PETRINI, José Alberto; DOS SANTOS, Ieda Maria Baade. Qualidade da água de drenagem em cultivo de arroz pré-germinado. **Circular Técnica**, 125. Embrapa Clima Temperado. Pelotas, RS, Junho, 2012. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/67334/1/CIRCULAR-TECNICA-125-2.pdf>> Acesso em: 10 jan 2018.

MERTEN, Gustavo Henrique; MINELLA, Jean Paolo. Qualidade da água em bacias hidrográficas rurais: um desafio atual para a sobrevivência futura. **Agroecol. e Desenvol. Rur. Sustent.** Porto Alegre, v.3, n.4, out/dez. 2002.

MEZOMO, Águeda Marcéi. **A qualidade das águas como subsídio para gestão ambiental**. Porto Alegre: UFRGS, 2009. 209 f. Dissertação (Mestrado em Geografia), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2009. Disponível em <<http://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/16666>> Acesso em: 19 jul. 2017.

MUNDSTOCK, Claudio Mario. **Qualidade física e química da água de irrigação e de drenagem do perímetro de irrigação do Arroio Duro (AUD – Camaquã) de 2005 a 2012**. Associação dos Usuários da Barragem do Arroio Duro (AUD), Instituto Rio Grandense do Arroz (IRGA), Cachoeirinha, 2012. Disponível em: <<http://www.aud.org.br/paginas-anexos/8.pdf>> Acesso em: 20 jul. 2017.

RIO GRANDE DO SUL. **Decreto Nº 38.971**, de 23 de outubro de 1998. Disponível em: <<http://www.sema.rs.gov.br/upload/arquivos/201612/06145400-decreto-38971-98-cria-apabanhadogrande.pdf>> Acesso em: 20 jul. 2017.

RIO GRANDE DO SUL. Assembléia Legislativa do Estado do Rio Grande do Sul, Comissão Especial Sobre a Recuperação Ambiental das Bacias dos Rios dos Sinos e Gravataí 2007. **Relatório Final**. 208pp. Disponível em: <<http://www.al.rs.gov.br/download/ComEspRioSinosGravatai/relfinal.pdf>>. Acesso em: 20 jun. 2017.

RIO GRANDE DO SUL. Fundação Estadual de Planejamento Metropolitano e Regional, METROPLAN 2013. **Estudo de alternativas e projetos para minimização do efeito de cheias e estiagens na bacia do rio Gravataí**. Disponível em: <[http://www.metroplan.rs.gov.br/conteudo/1898/?Plano\\_Nacional\\_de\\_Gest%C3%A3o\\_de\\_Riscos\\_e\\_Respostas\\_a\\_Desastres\\_Naturais](http://www.metroplan.rs.gov.br/conteudo/1898/?Plano_Nacional_de_Gest%C3%A3o_de_Riscos_e_Respostas_a_Desastres_Naturais)>. Acesso em: 24 abr. 2017.

RIO GRANDE DO SUL. Secretaria do Meio Ambiente, Departamento de Biodiversidade, Divisão de Unidades de Conservação, SEMA-RS/DUC 2017. **Distribuição das áreas das Unidades de Conservação nos Municípios para fins de cálculo de retorno do ICMS**. Porto Alegre: 2017. Documento interno.

RODRIGUES, Geraldo Stachetti, IRIAS, Luiz José Maria. **Considerações sobre os impactos ambientais da agricultura irrigada**. Jaguariúna (SP): Embrapa Meio Ambiente, jul. 2004. 7 p. (Circular Técnica, 7). ISSN 1516-4683. Disponível em:

<[https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/recursos/circular\\_7ID-cKH03Ez46o.pdf](https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/recursos/circular_7ID-cKH03Ez46o.pdf)> Acesso em: 20 jul. 2017.

RUBBO, Marta. **Análise do potencial hidrogeológico do aquífero cenozóico da Bacia Hidrográfica do Rio Gravataí**. Porto Alegre: UFRGS, 2004. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental), Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2004.

SÃO PAULO. Secretaria do Meio Ambiente, Companhia Ambiental Do Estado De São Paulo, CETESB. Apêndice A - Significado ambiental e sanitário das variáveis de qualidade das águas e dos sedimentos e metodologias analíticas e de amostragem. Qualidade de Águas Interiores do Estado de São Paulo. **Serie Relatórios**. São Paulo, 2009, 43 pp. Disponível em: <<http://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/publicacoes-e-relatorios/>>. Acesso em: 6 mar 2017.

SCHEREN, Rudimar Schuster. **Urbanização na planície de inundação do rio Gravataí – RS**. Porto Alegre: UFRGS, 2014. Dissertação (Mestrado em Geografia), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2014.

SILVA, Antonio Rafael Montano da; GIL, Sérgio Murilo Pereira; GEHLEN, Rubens; FERREIRA, David Cafruni. Estiagem na bacia hidrográfica do rio Gravataí: impacto sócioambiental no rio Gravataí. Salão de Iniciação Científica (17. : 2005 : Porto Alegre, RS). **Livro de resumos**. Porto Alegre: UFRGS, 2005. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10183/59625>. Acesso em: 27 nov 2017.

SILVA, Maria Aparecida; ARAÚJO, Renata Ribeiro. Análise temporal da qualidade da água no córrego Limoeiro e no rio Pirapozinho no estado de São Paulo - Brasil. **Revista Formação (online)** v. 1, n. 24, p. 182-203 Jan-Abril 2017. ISSN: 2178-7298. ISSN-L: 1517-543X.

SIMIONI, João Paulo Delapasse; GUASSELLI, Laurindo Antônio; ETCHELAR, Cecilia Balsamo. Connectivity among Wetlands of EPA of Banhado Grande, RS. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, v. 22, e 15, 2017. <http://dx.doi.org/10.1590/2318-0331.011716096>.

VON SPERLING, Marcos. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 3. ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais; 2005. p. 15 - 48.

WREGE, Marcos Silveira *et al.* **Atlas climático da região Sul do Brasil**: estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul. Brasília, DF: Embrapa, 2012.

Submissão: 28/02/2018

Aceito: 28/05/2018