

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS  
COMISSÃO DE GRADUAÇÃO DE GEOGRAFIA**

**LUIZ FERNANDO ALVES**

**IMPACTOS AMBIENTAIS SOBRE OS RECURSOS HÍDRICOS SUPERFICIAIS  
DECORRENTES DA MINERAÇÃO DE CARVÃO MINERAL  
NA JAZIDA MORUNGAVA – CHICO LOMÃ**

**Porto Alegre**

**2021**

LUIZ FERNANDO ALVES

**IMPACTOS AMBIENTAIS SOBRE OS RECURSOS HÍDRICOS SUPERFICIAIS  
DECORRENTES DA MINERAÇÃO DE CARVÃO MINERAL  
NA JAZIDA MORUNGAVA – CHICO LOMÃ**

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado à Comissão de Graduação  
de Geografia como requisito parcial para  
obtenção do título de bacharel em  
Geografia na Universidade Federal do Rio  
Grande do Sul.

Orientador: Prof. Dr. Luís Alberto Basso

Porto Alegre

2021

CIP - Catalogação na Publicação

Alves, Luiz Fernando

Impactos ambientais sobre os recursos hídricos superficiais decorrentes da mineração de carvão mineral na jazida Morungáva - Chicó Lomã / Luiz Fernando Alves. -- 2021.

73 f.

Orientador: Luis Alberto Basso.

Trabalho de conclusão de curso (Graduação) -- Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Geociências, Bacharelado em Geografia, Porto Alegre, BR-RS, 2021.

1. Sub-bacia arroio Demétrio. 2. mineração de carvão. 3. qualidade da água. 4. jazida Morungava-Chico Lomã. 5. Recursos hídricos. I. Basso, Luis Alberto, orient. II. Título.

LUIZ FERNANDO ALVES

**IMPACTOS AMBIENTAIS SOBRE OS RECURSOS HÍDRICOS SUPERFICIAIS  
DECORRENTES DA MINERAÇÃO DE CARVÃO MINERAL  
NA JAZIDA MORUNGAVA – CHICO LOMÃ**

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado à Comissão de Graduação  
de Geografia como requisito parcial para  
obtenção do título de bacharel em  
Geografia na Universidade Federal do Rio  
Grande do Sul.

Aprovado em 02 de dezembro de 2021.

BANCA EXAMINADORA

---

Orientador: Prof. Dr. Luís Alberto Basso  
UFRGS - Universidade Federal do Rio Grande do Sul

---

Prof. Dra. Tânia Marques Strohaecker  
UFRGS - Universidade Federal do Rio Grande do Sul

---

Prof. Dr. Nelson Luiz Sambaqui Gruber  
UFRGS - Universidade Federal do Rio Grande do Sul

*Dedico aos meus pais, pessoas que são meu exemplo de vida e grandes incentivadores para que eu sempre busque o conhecimento para me tornar uma pessoa cada vez melhor.*

## **AGRADECIMENTOS**

Ao professor Ulisses Franz Bremer, por me orientar no projeto de pesquisa e indicar o professor orientador com formação ligada diretamente ao meu tema.

Ao professor Luís Alberto Basso, por ter aceitado a orientação e ter me passado dicas e ajudas de grande valia.

Ao geólogo Sérgio Cardoso, por ter me ajudado desde sempre em meu caminho acadêmico na Geografia desde minha licenciatura.

Ao Presidente da Associação de Preservação da Natureza – Vale do Gravataí, Paulo Roberto Müller, por ser um dos meus grandes incentivadores a seguir os estudos da ciência geográfica.

A todas as pessoas e instituições que, direta ou indiretamente, contribuíram para a elaboração deste trabalho e para a conclusão da graduação.

## RESUMO

A existência de uma grande jazida de carvão na bacia do Gravataí e a ausência de empreendimento carbonífero na região motivou a realização deste estudo, selecionando-se a sub-bacia do arroio Demétrio (SBAD) como área de estudo, o qual é o maior afluente do rio Gravataí. Este trabalho realizou uma breve caracterização socioambiental da sub-bacia, assim como a descrição da jazida Morungava-Chico Lomã e todo seu potencial carbonífero. Foram apresentados os impactos ambientais da mineração de carvão e a Drenagem Ácida de Mina (DAM) que consiste no principal impacto sobre os recursos hídricos superficiais. Também foi descrita uma possível técnica de mitigação de danos causados pela DAM. Analisou-se a qualidade da água do arroio Demétrio em um ponto localizado no seu curso médio, no Distrito de Morungava, em Gravataí – RS, através de análise laboratorial de amostra de água de diversos parâmetros físico-químicos ligados à atividade de exploração de carvão. Os resultados dessa única amostragem foram comparados com as análises de água de dois estudos anteriores, em 2012 e 2018, em pontos diferentes do arroio. Entrevistas com moradores com perfil ribeirinho foram realizadas a fim de incrementar os resultados qualitativos através de suas percepções e relações com o arroio, bem como uma entrevista com o Presidente da Associação de Preservação da Natureza – Vale do Gravataí (APN-VG), uma ONG de reconhecida atuação no Vale do Gravataí desde 1979. Foi verificado que a qualidade da água do arroio Demétrio no ponto de coleta apresenta alguns parâmetros dentro dos limites estabelecidos por legislação específica e outros que em muito comprometem a sua qualidade, fato este que evidencia o quanto uma possível exploração de carvão nesta sub-bacia pode ser determinante para uma piora da qualidade da água deste manancial que é essencial ao município, principalmente para o abastecimento público. Identificou-se, ainda, um completo desconhecimento por parte dos moradores adjacentes ao arroio a respeito da existência de uma jazida de carvão mineral na região bem como de seus impactos ambientais. Para sanar esta questão, sugeriu-se um trabalho de educação ambiental junto às escolas da região a fim de conscientizar a população da existência deste recurso mineral bem como dos impactos ambientais decorrentes de uma possível exploração deste minério.

**Palavras-chave:** Drenagem ácida de mina. Mineração. Recurso hídrico. Qualidade da água.

## ABSTRACT

The existence of a large coal deposit in the Gravataí basin and the absence of a coal enterprise in the region motivated this study, selecting the Demetrio creek sub-basin (SBAD) as the study area, which is the largest tributary of the Gravataí River. This work carried out a brief socio-environmental characterization of the sub-basin, as well as a description of the Morungava-Chico Lomã deposit and all its carboniferous potential. The environmental impacts of coal mining and Acid Mine Drainage (known in Portuguese by the acronym "DAM"), which is the main impact on surface water resources, were presented. A possible damage mitigation technique caused by DAM was also described. The water quality of the Demetrio stream was analyzed at a point located in its middle course, in the District of Morungava, in Gravataí – RS, through laboratory analysis of a water sample of several physical-chemical parameters related to the activity of coal exploration. The results of this single sampling were compared with the water analyzes of two previous studies, in 2012 and 2018, in different points of the stream. Interviews with riverside residents were carried out to increase the qualitative results through their perceptions and relationships with the stream, as well as an interview with the President of the Association for Nature Preservation – Vale do Gravataí (APN-VG), an NGO recognized acting in the Gravataí Valley since 1979. It was verified that the water quality of the Demetrio stream at the collection point has some parameters within the limits established by specific legislation and others that greatly compromise its quality, a fact that shows how much a possible coal exploration in this sub-basin could be determinant for a worsening of the water quality of this source, which is essential for the municipality, mainly for public supply. It was also identified a complete lack of knowledge on the part of the inhabitants adjacent to the stream regarding the existence of a mineral coal deposit in the region, as well as its environmental impacts. To resolve this issue, environmental education work was suggested with schools in the region to make the population aware of the existence of this mineral resource as well as the environmental impacts resulting from possible exploitation of this mineral.

**Keywords:** Acid mine drainage. Mining. Water resource. Water quality.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 -	Classes de enquadramento e respectivos usos e qualidade da água.....	24
Figura 2 -	Classes de enquadramento das águas-doces e usos respectivos.....	24
Figura 3 -	Local de coleta de água do arroio Demétrio. ....	28
Figura 4 -	Mapa da SBAD com destaque para o ponto de coleta de água. ....	29
Figura 5 -	Localização e situação geográfica da bacia do rio Gravataí e da sub-bacia do arroio Demétrio. ....	31
Figura 6 -	Localização geográfica da sub-bacia do arroio Demétrio. ....	32
Figura 7 -	Precipitação média na Bacia do rio Gravataí entre 1977 e 2006. ....	34
Figura 8 -	Tipo de solo na SBAD. ....	36
Figura 9 -	Localização da jazida Morungava-Chico Lomã no Estado do Rio Grande do Sul. ....	40
Figura 10 -	Jazida Morungava-Chico Lomã com destaque para a área de estudo da Sub-bacia do arroio Demétrio. ....	40
Figura 11 -	Perfil litológico da sondagem CBM 001-MO-RS, próxima da área de estudo. A) Perfil esquemático descritivo do poço exploratório CBM 001-MO- -RS; B) Detalhe do intervalo carbonoso; C) Perfil esquemático de detalhe do intervalo carbonoso, indicando os intervalos amostrados. ....	42
Figura 12 -	Localização do Beco Arthur José Soares, com as referidas coordenadas. ....	53
Figura 13 -	Localização dos pontos de coletas de amostras de água no presente estudo, em 2016 e em 2011. ....	56

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Principais características dos rios com e sem influência da mineração de carvão da região sul de Santa Catarina. ....	25
Quadro 2 - Variáveis obtidas em coletas de março e julho de 2011, conforme RESOLUÇÃO CONAMA no 357/2005 .....	26
Quadro 3 - Balanço Hídrico por Unidade de Gestão apresentado pelo Plano de Bacia do rio Gravataí em m <sup>3</sup> /s. ....	38
Quadro 4 - Resultados das análises físico-químicas do ponto de coleta. ....	48
Quadro 5 - Comparação de dados de análises de água do arroio Demétrio em diferentes períodos.....	57

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Parâmetros de cor e turbidez de acordo com as classes da água, definidos pela Resolução CONAMA 357/05. ....	20
------------	---	----

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>11</b>
1.1 OBJETIVOS.....	12
1.2 JUSTIFICATIVA.....	13
<b>2 REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	<b>15</b>
2.1 RECURSOS HÍDRICOS .....	15
2.2 ÁGUAS SUPERFICIAIS E MINERAÇÃO .....	17
2.3 PARÂMETROS DE QUALIDADE DA ÁGUA.....	19
2.4 NORMAS LEGAIS .....	23
<b>3 METODOLOGIA</b> .....	<b>27</b>
<b>4 ÁREA DE ESTUDO: CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E SOCIOECONÔMICAS</b> .....	<b>31</b>
4.1 JAZIDA MORUNGAVA CHICO-LOMÃ.....	39
4.2 CONTEXTO GEOLÓGICO .....	40
<b>5 IMPACTOS AMBIENTAIS DA MINERAÇÃO DE CARVÃO</b> .....	<b>43</b>
5.1 DRENAGEM ÁCIDA DE MINA.....	44
5.2 POSSÍVEL TÉCNICA DE PREVENÇÃO OU DE CONTROLE DA DRENAGEM ÁCIDA DE MINA PARA A SBAD .....	46
<b>6 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>48</b>
6.1 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS DA AMOSTRA DE ÁGUA DO ARROIO DEMÉTRIO.....	48
6.2 ENTREVISTA COM O PRESIDENTE DA ASSOCIAÇÃO DE PRESERVAÇÃO DA NATUREZA – VALE DO GRAVATAÍ.....	50
6.3 ENTREVISTAS COM MORADORES.....	52
6.4 DISCUSSÃO .....	56
<b>7 CONCLUSÃO</b> .....	<b>61</b>
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>64</b>
<b>ANEXO A - LAUDO DO LABORATÓRIO COM OS RESULTADOS DAS ANÁLISES DE ÁGUA</b> .....	<b>70</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Esta pesquisa realizou a partir de um diagnóstico ambiental da área onde se localiza a jazida Morungava – Chico Lomã um possível prognóstico ambiental sobre as águas superficiais que seriam decorrentes da extração de carvão mineral na região da sub-bacia do arroio Demétrio (SBAD).

A lavra de carvão no Brasil vem sendo desenvolvida essencialmente nos Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina, responsáveis pela maior parte da produção e detentores de 99,4% das reservas nacionais de carvão. O carvão ocorre associado a folhelhos, siltitos e arenitos da Formação Rio Bonito de idade Permiana. Entretanto um aumento da exploração poderá resultar em severas consequências ambientais, resultantes do aumento da exploração do carvão sem ampla discussão e tecnologia moderna. A sustentabilidade da região dependerá fortemente dos caminhos escolhidos.

Assim, propôs-se um estudo de caráter interdisciplinar, que pretende, principalmente, focar nos possíveis impactos ambientais derivados da exploração do carvão de forma que, os seus resultados contribuam para minimizar as possíveis consequências negativas dessa atividade mineradora sobre os recursos hídricos da SBAD.

O presente estudo conta com uma caracterização socioambiental da sub-bacia do arroio Demétrio, com destaque para a área que compreende a jazida Morungava – Chico Lomã, tais como os recursos hídricos superficiais existentes bem como seu potencial carbonífero, informações demográficas da área e da economia local.

Importante ressaltar que a jazida objeto desta pesquisa não conta atualmente com atividade de mineração. Assim, serão pesquisados dados a respeito do tema em estudos desenvolvidos na Bacia Carbonífera Catarinense (BCC), onde há vários empreendimentos neste ramo e também da bacia hidrográfica do arroio do Conde, na região do Baixo Jacuí - RS. Os diversos aspectos físicos e socioeconômicos dessas áreas mineradoras servirão de “base” para o tratamento da situação atual e futura da SBAD.

De acordo com Machado, Peruffo e Lima (1984) e Barbosa, Alcover Neto e Sobral (2002), os impactos ambientais negativos provocados pelas atividades de mineração de carvão na BCC são alarmantes e remontam a décadas passadas. À

medida que jazidas de carvão eram exauridas, as carboníferas se deslocavam para novas reservas deixando para trás grandes depósitos de rejeito e pilhas de estéril ricos em poluentes.

Um dos impactos mais significativos das atividades de beneficiamento e rebeneficiamento da mineração, de acordo com Alexandre e Krebs (1995 *apud* CETEM, 2001), é a contaminação dos recursos hídricos a partir da geração da drenagem ácida de mina (DAM). Os impactos ocasionados pela DAM podem atingir corpos hídricos subterrâneos e superficiais afastados do empreendimento, uma vez que os mesmos não se limitam somente à área minerada. Além disso, mesmo após o esgotamento do depósito mineral, ocorrem durante anos reações químicas envolvidas no processo (CETEM, 2001).

Salienta-se que o arroio Demétrio é o principal afluente do rio Gravataí pela margem direita. Dessa forma, a sub-bacia em estudo, embora não constitua área territorial significativa (possui cerca de 252 km<sup>2</sup>), se comparada a outras bacias, como por exemplo a do rio dos Sinos e do Caí (3.800 km<sup>2</sup> e 4.800 km<sup>2</sup>, respectivamente), apresenta-se relevante no contexto de planejamento ambiental do Estado.

## 1.1 OBJETIVOS

Este trabalho tem como objetivo geral demonstrar quais os potenciais impactos ambientais negativos que podem degradar os recursos hídricos superficiais da SBAD a partir de uma possível implantação de atividade de mineração de carvão mineral na área da jazida Morungava – Chico Lomã, bem como apontar algumas soluções para mitigá-los.

Para o alcance do objetivo principal do estudo, listam-se os objetivos específicos, a seguir:

- a) caracterizar do ponto de vista socioambiental, a sub-bacia do arroio Demétrio, com ênfase nos recursos hídricos superficiais existentes;
- b) localizar e caracterizar a jazida Morungava – Chico Lomã, além de compreender o seu potencial carbonífero;
- c) apresentar potenciais impactos ambientais ocorridos em empreendimentos carboníferos existentes e analisar o grau de

degradação que eles podem ocasionar nas águas superficiais da sub-bacia do arroio Demétrio em caso de se concretizar a exploração do minério;

- d) analisar a qualidade da água do arroio Demétrio a partir de parâmetros de qualidade pertinentes às atividades mineradoras carboníferas;
- e) verificar, brevemente, a percepção de alguns moradores e entidade ambientalista em relação à qualidade ambiental da SBAD.

## 1.2 JUSTIFICATIVA

A mineração de carvão é uma importante atividade econômica da região sul do estado de Santa Catarina e, também, de certas regiões do Rio Grande do Sul. No entanto, esse tipo de atividade tem gerado sérios problemas ambientais em virtude do mau gerenciamento de seus rejeitos, que podem contaminar o solo e meio hídrico local (CAMPOS; ALMEIDA; SOUZA, 2003). Mesmo após o término das operações de extração e beneficiamento do carvão, a geração de poluentes continua ativa, sendo extremamente danosa ao meio ambiente por décadas, e, em alguns casos, centenas de anos (ALEXANDRE, 1996).

Na área onde se localiza a sub-bacia do arroio Demétrio, existe uma grande jazida carbonífera denominada Morungava - Chico Lomã, mais especificamente o denominado bloco norte, o qual apresenta um grande potencial de extração de carvão de média e boa qualidade para alguns ramos da economia, entre eles a siderurgia.

A SBAD, na área onde está localizada a jazida carbonífera, apresenta, de forma geral, boa conservação ambiental, incluindo suas águas superficiais, o que deverá ser demonstrado neste estudo através do resultado de amostra de água retirada do curso médio do arroio, no distrito de Morungava do município de Gravataí, junto a uma das perfurações feitas na década de 1980 para retirada de amostra de carvão realizada pela CPRM.

Uma possível instalação de atividade mineradora nesta área poderia comprometer em muito a qualidade das águas superficiais do arroio, tornando o tratamento de água para a população mais custoso, caso ocorra a extração de forma insustentável.

Tendo em vista que há um real interesse na exploração deste recurso, se faz necessária a realização de diversos estudos que apurem os mais diversos impactos que esta atividade econômica poderá impor nesta região.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

Neste capítulo, apresenta-se o referencial teórico para o trabalho, abordando-se o quanto os recursos hídricos são indispensáveis para a existência de vida bem como a relação das águas superficiais com a mineração, demonstrando o quanto esta atividade causa a piora na qualidade da água e que a Drenagem Ácida de Mina é o principal impacto ambiental sobre estas águas.

Também são especificados os parâmetros físico-químicos que foram analisados em amostra de água coletada do arroio Demétrio bem como a relação destes com a mineração de carvão e por fim são apresentadas normas legais que estabelecem as classes de enquadramento e usos das águas e os valores de referência para cada uma destas classes.

### 2.1 RECURSOS HÍDRICOS

De acordo com Braga *et al.* (2005), a água encontra-se disponível em várias formas, principalmente no estado líquido, sendo uma das substâncias mais comuns existentes na natureza, correspondendo a aproximadamente 70% da superfície do planeta e constituindo-se um recurso natural renovável através do ciclo hidrológico. A disponibilidade da água se faz indispensável para a sobrevivência dos organismos e como fator essencial à manutenção dos ecossistemas.

Os recursos hídricos devem apresentar propriedades físicas e químicas adequadas à sustentabilidade dos organismos, contendo substâncias essenciais à vida, além de isenção de outras substâncias danosas capazes de produzir efeitos deletérios aos organismos que compõem as cadeias alimentares (BRAGA *et al.*, 2005).

Entretanto, o homem não está se preocupando com a preservação dos ciclos naturais dos recursos, se apropriando dos mesmos como se a renovação da água fosse feita todos os dias sem prejuízos ao meio ambiente. A partir do comprometimento da qualidade da água, de acordo com o mesmo autor, limitou-se a sua disponibilidade (MACÊDO, 2004).

Atualmente, a poluição das águas tem despertado preocupação em nível mundial devido ao aporte de poluentes lançados diariamente nos mais diferentes corpos hídricos. O território brasileiro contém cerca de 12% de toda a água doce do

planeta, totalizando 200 mil microbacias espalhadas em 12 regiões hidrográficas (BRASIL, 2021).

Apesar de possuir uma grande quantidade de água doce, boa parte encontra-se poluída e devido a isso, a gestão adequada dos recursos hídricos está tornando-se uma necessidade em função do aumento da população e da escassez de água (NAIME; FAGUNDES, 2005). A água potável, limpa, segura e adequada é vital para muitos organismos vivos e para o funcionamento dos ecossistemas, das comunidades e da economia, mas a qualidade da água em todo o mundo é cada vez mais ameaçada à medida que as populações crescem, as atividades agrícolas e industriais se expandem e as mudanças climáticas ameaçam alterar o ciclo hidrológico global (ONU, 2010).

A integridade hidrológica de uma região decorre de mecanismos naturais de controle, como a estreita relação existente entre a cobertura vegetal e a água, especialmente nas regiões das nascentes dos rios. Essa relação de equilíbrio, entretanto, vem sendo constantemente alterada pelo homem, ao transformar a paisagem através da expansão da agricultura e da pecuária, da construção de obras de infraestrutura, como a abertura de estradas e todo o processo decorrente da urbanização (BRASIL, 2012).

Um dos principais problemas é a crescente contaminação da água. Ela vem sendo rapidamente poluída, principalmente nas zonas litorâneas e nas grandes cidades. A água é usada para o despejo de todo tipo de poluentes e, devido a isso, fica contaminada com numerosas substâncias, passando a ser denominada de água residual. Se esta água residual for para um rio ou para o mar, as substâncias nocivas que transporta irão se acumulando e aumentando assim a contaminação geral das águas, o que traz graves riscos para a sobrevivência dos seres vivos (BRANCO, 2021). A cada dia, milhões de toneladas de esgoto tratado inadequadamente, resíduos agrícolas e industriais são despejados nas águas de todo o mundo. Todos os anos morrem mais pessoas em decorrência da ingestão de água contaminada do que de todas as formas de violência, incluindo a guerra (ONU, 2010).

A compreensão dos recursos hídricos é o principal fator de gerência para a melhoria da qualidade ambiental. O estudo da qualidade da água é fundamental, tanto para a caracterização das consequências de uma determinada atividade poluidora, quanto para estabelecer os meios de utilização da água de forma

satisfatória (SPERLING, 2005). O desenvolvimento industrial e o crescimento desordenado da população humana atuam de forma prejudicial ao equilíbrio do meio ambiente, principalmente pela contaminação dos recursos hídricos por efluentes urbanos, industriais e agrícolas. Conseqüentemente, os seres vivos são afetados por perturbações diretas e indiretas, causadas por substâncias nocivas presentes no meio ambiente (FERREIRA *et al.*, 2012).

Há uma necessidade urgente da comunidade global, dos setores públicos e privados, no sentido de união para assumir o desafio de proteger e melhorar a qualidade da água nos nossos rios, lagos, aquíferos e torneiras (ONU, 2010).

A qualidade da água é tão importante quanto à quantidade, quando se trata de atender às necessidades básicas dos seres humanos e do meio ambiente. Entretanto, apesar das duas questões estarem intimamente interligadas, recentemente a questão da água recebeu bem menos investimento, apoio científico e atenção do público que a quantidade volumétrica (BRASIL, 2013).

## 2.2 ÁGUAS SUPERFICIAIS E MINERAÇÃO

Em cada região do país são característicos e variados os impactos sobre os recursos hídricos, onde a incorreta disposição dos resíduos, tanto sólidos quanto líquidos, é um dos maiores problemas. Isto significa que os resíduos não tratados atingem os mananciais, contaminando-os. Ademais, há ainda o problema do consumo excessivo de água para as mais diversas atividades econômicas (MACÊDO, 2004).

A atividade de mineração é considerada uma das fontes responsáveis pela poluição das águas, através da existência de elementos tóxicos e da disposição de materiais inertes que sobram da atividade (CETESB, 1988 *apud* MACÊDO, 2002).

Em determinadas regiões do estado do Rio Grande do Sul, observa-se a existência de quantidades significativas de rejeitos e cinzas de carvão depositados de forma inadequada, que tem provocado um comprometimento dos recursos hídricos nas regiões de Candiota (MACHADO *et al.*, 1984; FIEDLER; SOLARI, 1988) e no Baixo Jacuí (TEIXEIRA; SANCHEZ, 1998), com altos teores de sólidos

suspensos, pH ácido e metais dissolvidos provenientes dos efluentes de drenagem de mina e do beneficiamento.

Na região de Candiota – com 934 km<sup>2</sup> e 8.771 habitantes (IBGE, 2010) – no sudoeste do Rio Grande do Sul, onde se localiza a maior reserva carbonífera brasileira, com aproximadamente 12 bilhões de toneladas de carvão (BINOTTO, 1997 *apud* STRECK *et al.*, 2001), o monitoramento das águas superficiais da bacia do Arroio Candiota comprovou alterações na qualidade dos cursos d'água que recebiam as águas de drenagem das minas de carvão ativas ou desativadas. Além disso, atestou que o efeito poluidor da indústria minerária do carvão não cessa com o término das atividades de mineração. As áreas mineradas continuam contribuindo para a poluição do solo, das águas e do ar por um longo período (STRECK *et al.*, 2001).

A DAM, quando responsável pela poluição hídrica, altera os níveis de pH das águas e libera metais pesados que possuem um elevado potencial de toxicidade (BELL; BULLOCK, 1996). Estes metais podem ser perigosos para populações animais e vegetais locais, pois podem se acumular nos sedimentos de rios (NIETO *et al.*, 2007), serem absorvidos diretamente ou indiretamente através do processo de biomagnificação (CARDWELL; HAWKER; GREENWAY, 2002) e comprometer a qualidade de vida de populações que vivem próximas a um corpo d'água contaminado (ALBERING *et al.*, 1999).

O potencial tóxico da DAM já foi descrito por alguns trabalhos (BENASSI, 2004; BENASSI *et al.*, 2006; GEREMIAS *et al.*, 2006; GERHARDT *et al.*, 2004). Também foi demonstrado que inundações em ambientes geradores de DAM, podem impactar outros ambientes aquáticos distantes até 25km do centro de inundação, se estes estiverem a sua jusante (LIN *et al.*, 2007). Desta maneira a contaminação de ambientes aquáticos por DAM se apresenta como um problema ambiental de grande magnitude com impactos sobre áreas adjacentes e até mesmo distantes. Além disto, a remediação da contaminação ambiental por DAM é de difícil resolução (BANKS; BANKS, 2001), uma vez que muitos métodos para seu tratamento possuem custos elevados ou produzem materiais residuais (JOHNSON; HALLBERG, 2005; SHEORAN; SHEORAN, 2006).

Diversos autores consideram a drenagem ácida de mina (DAM) um dos principais impactos da mineração (ALEXANDRE; KREBS, 1995 *apud* CETEM, 2001; RUBIO; OLIVEIRA; SILVA, 2010; TRINDADE; SOARES, 2004; BORMA; SOARES,

2002), a qual é geralmente proveniente da poluição decorrente da percolação da água de chuva através de rejeitos gerados nas atividades de lavra e beneficiamento, alcançando os corpos hídricos superficiais e/ou subterrâneos (ALEXANDRE; KREBS, 1995 *apud* CETEM, 2001).

Na região carbonífera de Santa Catarina, a poluição hídrica causada pela DAM é provavelmente um dos impactos mais significativos das operações de mineração e beneficiamento de carvão (ALEXANDRE; KREBS, 1995).

### 2.3 PARÂMETROS DE QUALIDADE DA ÁGUA

Os parâmetros selecionados no presente trabalho associam-se com a atividade mineradora, ou seja, são os mais importantes de serem analisados quando se trabalha com cursos fluviais que recebem os efluentes da mineração. Segue a caracterização de cada um deles bem como a sua relevância para este estudo.

#### **Cor e Turbidez**

Segundo Roque e Piveli (1996), a cor da água está associada ao grau de redução de intensidade que a luz sofre ao atravessá-la (e esta redução dá-se por absorção de parte da radiação eletromagnética), devido à presença de sólidos dissolvidos, principalmente material em estado coloidal orgânico e inorgânico. Dentre os coloides orgânicos pode -se mencionar os ácidos húmico e fúlvico, substâncias naturais resultantes da decomposição parcial de compostos orgânicos presentes em folhas, dentre outros substratos. Também os esgotos sanitários se caracterizam por apresentarem predominantemente matéria em estado coloidal, além de diversos efluentes industriais contendo taninos (efluentes de curtumes, por exemplo), anilinas (efluentes de indústrias têxteis, indústrias de pigmentos, etc.), lignina e celulose (efluentes de indústria de celulose e papel, da madeira, etc.).

Há também compostos inorgânicos capazes de possuir as propriedades e provocar os efeitos de matéria em estado coloidal. Os principais são óxidos de ferro e manganês, que são abundantes em diversos tipos de solo. Alguns outros metais presentes em efluentes industriais conferem-lhes cor, mas, em geral, íons dissolvidos pouco ou quase nada interferem na passagem da luz.

A turbidez indica o grau de atenuação que um feixe de luz sofre ao atravessar a água. Esta atenuação ocorre pela absorção e espalhamento da luz causada pelos sólidos em suspensão (silte, areia, argila, algas, detritos, etc.).

A principal fonte de turbidez é a erosão dos solos, quando na época das chuvas as águas pluviais trazem uma quantidade significativa de material sólido para os corpos d'água.

Atividades de mineração, assim como o lançamento de esgotos e de efluentes industriais, também são fontes importantes que causam uma elevação da turbidez das águas.

O aumento da turbidez faz com que uma quantidade maior de produtos químicos (ex: coagulantes) sejam utilizados nas estações de tratamento de águas, aumentando os custos de tratamento. Além disso, a alta turbidez também afeta a preservação dos organismos aquáticos, o uso industrial e as atividades de recreação (PIVELI, 1996).

Os padrões de qualidade da água doce para consumo humano, relativos aos parâmetros cor e turbidez apresentam-se assim distribuídos:

Tabela 1 - Parâmetros de cor e turbidez de acordo com as classes da água, definidos pela Resolução CONAMA 357/05.

CLASSE	COR	TURBIDEZ
I	Nível de cor natural do corpo de água em mgPt/L	Até 40 UNT
II	Até 75 mgPt/L	Até 100 UNT
III	Até 75 mgPt/L	Até 100 UNT

Fonte: Resolução CONAMA 357/05.

## pH

O potencial hidrogeniônico é medido em uma escala de valores entre 0 e 14. Grande parte dos organismos, a longo prazo, são considerados compatíveis com valores de pH entre 6 e 9; e são prejudicados ou mortos com pH abaixo de 5,5. Valores de pH muito altos ou muito baixos acarretam, respectivamente, em doenças aos peixes.

O pH pode sofrer um aumento gradual em corpos hídricos que recebem contribuição de DAM em razão da dissolução de minerais alcalinos, como silicatos e carbonatos. Este aumento do pH pode acontecer de maneira imediata através da

mistura das águas que recebem as drenagens e acarreta na sedimentação dos metais ligada à precipitação dos hidróxidos de ferro.

### **Manganês Total**

A lixiviação de minérios e a poluição industrial, conforme Alexandre e Krebs (1995), são os dois processos que originam o manganês. Os cursos d'água impactados pela atividade de mineração geralmente apresentam alterações em relação a este parâmetro, uma vez que nódulos de óxidos de ferro e manganês ocorrem frequentemente junto às camadas de carvão.

A solubilização desse metal total ou parcial deve-se à alteração no ambiente geoquímico e deriva do aumento ou redução do potencial de oxirredução e redução do pH em função do aporte da carga ácida.

### **Ferro Total**

O ferro é um metal que confere odor e cor amarelo avermelhada aos cursos hídricos que o recebem, além de propiciar o desenvolvimento de ferro-bactérias (ALEXANDRE; KREBS, 1995). De acordo com Ortiz e Teixeira (2002), o mesmo é considerado uma consequência direta da dissolução da pirita, apresentando altas concentrações de ferro e enxofre.

Assim como o manganês, a solubilização do ferro total ou parcial deve-se à alteração no ambiente geoquímico e deriva do aumento ou redução do potencial de oxirredução e redução do pH em função do aporte da carga ácida.

No ponto de descarga das drenagens de mina há um aumento significativo da concentração de ferro nos corpos hídricos. Entretanto, a jusante destes locais, este valor diminui ligeiramente até níveis basais.

### **Alumínio Total**

O alumínio que se origina na bacia carbonífera está relacionado com a mineralogia das rochas drenadas através dos corpos hídricos das bacias hidrográficas.

Assim, como o ferro e o manganês, a solubilização total ou parcial do alumínio deve-se à alteração no ambiente geoquímico e resulta no aumento ou redução do potencial de oxirredução e redução do pH em função do aporte da carga ácida.

### **Oxigênio Dissolvido**

Diversos organismos aquáticos necessitam de oxigênio para realizarem os processos metabólicos de bactérias aeróbicas, assim como outros microrganismos que utilizam o oxigênio como aceptor de elétrons para degradar os poluentes nos sistemas aquáticos.

Por outro lado, o oxigênio é considerado um elemento bastante agressivo em função de sua afinidade com grande parte dos demais elementos a partir do processo de oxidação, gerando óxidos.

A concentração igual ou superior a 5mg/L de oxigênio nas águas, de acordo com Alexandre e Krebs (1995), é considerada satisfatória de desejável.

### **Acidez Total**

A capacidade de uma água em neutralizar álcalis é denominada de acidez. A mesma está relacionada ao pH e não existe padrão de referência do ponto de vista de saúde pública e sanitário (ALEXANDRE; KREBS, 1995).

Os corpos hídricos que drenam áreas com presença de rochas estéreis, rejeitos e bocas de minas com DAM apresentam acidez. Assim, considera-se esse parâmetro fundamental monitoramento das áreas impactadas pela mineração de carvão.

A partir da geração de ácido sulfúrico, tem-se o aumento da acidez nas águas superficiais. Com esse processo, a maior parte dos metais liberados pela oxidação da pirita se mantém dissolvida na água, o que prejudica a vida aquática e o uso da água para abastecimento público.

### **Condutividade**

A condutividade corresponde à existência de substâncias dissolvidas que se dissociam em cátions e ânions (MACÊDO, 2002).

Este parâmetro, de acordo com Ortiz e Teixeira (2002), indica indiretamente o aumento do conteúdo de espécies dissolvidas na água a partir de uma maior interação água-água-sólido proveniente do aumento dos íons H<sup>+</sup> causado pelos processos de oxidação e lixiviação da pirita.

A condutividade, conforme mesmo autor, correlaciona-se com as concentrações de sulfato nas águas em geral em áreas mineradoras. Além disso, a

diluição não causa efeitos tão imediatos sobre a mesma e é um dado que pode ser obtido facilmente com pouca oneração.

### **Sulfato**

O sulfato pode ocorrer em concentrações variadas na água e está largamente distribuído na natureza. As altas concentrações de sulfatos, provenientes da DAM, podem acarretar na geração de ácido sulfúrico e diminuição do pH nos cursos hídricos (ALEXANDRE; KREBS, 1995).

Os fertilizantes utilizados em áreas rurais e que possuem em sua formulação o enxofre podem contribuir com o sulfato nos corpos d'água, assim como a lixiviação que ocorre nestas áreas por meio das chuvas. Além disso, há o ciclo do enxofre originado da matéria orgânica, que também contribui com a presença de sulfato.

Os metais, conforme Ortiz e Teixeira (2002) podem constituir complexos com íons orgânicos, como os nitratos e sulfatos, influenciando, assim, na maneira dos contaminantes se transportarem para o meio hídrico.

### **Alcalinidade**

De acordo com Alexandre (2011), este parâmetro mede a capacidade da água em neutralizar os ácidos, ou seja, mede a quantidade de íons que irão reagir com os íons de hidrogênio, neutralizando-os.

As camadas sedimentares que se associam aos extratos carboníferos segundo Ortiz e Teixeira (2002), geralmente apresentam carbonatos ou outros minerais, tais como os silicatos, que se dissolvem nas águas impactadas pela DAM e que apresentam uma grande quantidade de cátions alcalinos, tais como cálcio (Ca) e magnésio (Mg).

## **2.4 NORMAS LEGAIS**

No Brasil, as águas são classificadas em classes de acordo com seus usos pretendidos. Para isso, deve ser observada a sua qualidade para o fim requerido, a qual possui condições e padrões estabelecidos. A Resolução Conama n. 357, de 17 de março de 2005, alterada pelas resoluções CONAMA N° 393/2007, N° 397/2008, N° 410/2009 e N° 430/2011, determina em treze classes de qualidade para a classificação das águas de acordo com seus usos, distribuídas em três grupos:

salinas, salobras e doces. Ainda, dispõe sobre as diretrizes ambientais para o enquadramento das águas e define que, enquanto o mesmo não for efetivado por parte dos estados, deve-se considerar classe 2 as águas doces e classe 1 as salobras e salinas (CONAMA, 2005). As figuras 1 e 2 ilustram, respectivamente, as classes existentes para enquadramento das águas bem como os usos previstos para cada classe em águas doces.

Figura 1 - Classes de enquadramento e respectivos usos e qualidade da água.



Fonte: Portal da qualidade das águas.  
Disponível em: <http://pnqa.ana.gov.br/enquadramento-bases-conceituais.aspx>. 2021.

Figura 2 - Classes de enquadramento das águas-doces e usos respectivos.

USOS DAS ÁGUAS DOCES	CLASSES DE ENQUADRAMENTO				
	ESPECIAL	1	2	3	4
Preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas 	Classe mandatória em Unidades de Conservação de Proteção Integral				
Proteção das comunidades aquáticas 		Classe mandatória em Terras Indígenas			
Recreação de contato primário 					
Aqüicultura 					
Abastecimento para consumo humano 	Após desinfecção	Após tratamento simplificado	Após tratamento convencional	Após tratamento convencional ou avançado	
Recreação de contato secundário 					
Pesca 					
Irrigação 		Hortalças consumidas cruas e frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película	Hortalças, frutíferas, parques, jardins, campos de esporte e lazer,	Culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras	
Dessedentação de animais 					
Navegação 					
Harmonia paisagística 					

Observação: As águas de melhor qualidade podem ser aproveitadas em uso menos exigente, desde que este não prejudique a qualidade da água.

Fonte: Portal da qualidade das águas.  
Disponível em: <http://pnqa.ana.gov.br/enquadramento-bases-conceituais.aspx>. 2021.

As condições e padrões de lançamento de efluentes em corpos hídricos receptores estão descritos na Resolução CONAMA n. 430, de 13 de maio de 2011, a qual complementa e altera a Resolução n. 357/2005. Essa resolução determina que os efluentes não podem ser lançados com valores em desacordo com aqueles estabelecidos pela resolução. Além disso, define que deverá ser realizado pelos responsáveis pela fonte de poluição um controle e acompanhamento periódico, através de um automonitoramento, dos efluentes lançados nos cursos receptores (CONAMA, 2011).

Alexandre (1999) verificou algumas características de rios influenciados e não influenciados pela atividade de mineração e comparou-os com os padrões de qualidade da época. O quadro 01 demonstra essas características em relação à atual Resolução, CONAMA n. 357/2005.

Quadro 1 - Principais características dos rios com e sem influência da mineração de carvão da região sul de Santa Catarina.

Parâmetro	Rio sem influência da Mineração de Carvão	Rio com influência da Mineração de Carvão	Resolução CONAMA 20/86	Resolução CONAMA 357/2005
pH	6,5 a 7,4	2,0 a 4,0	6,0 a 9,0	6,0 a 9,0
Ferro total (mg/L)	Menor que 4,0	10 – 100 Rio Sangão = 190	0,3 (1)	0,3 (1)
Sulfatos (mg/L)	8 a 25	100 – 1000 Rio Sangão = 2000	250	250
Alumínio (mg/L)	0,2 a 0,5	10 – 100 Rio Sangão = 1000	0,1	0,1 (1) 0,2 (2)
Chumbo (mg/L)	Nd (3)	0,02 – 0,2 Rio Sangão = 2	0,03 (1) 0,05 (2)	0,01 (1) 0,033 (2)
Zinco (mg/L)	Nd	1 – 5 Rio Sangão = 10	0,18 (1) 5 (2)	0,18 (1) 5 (2)
Manganês (mg/L)	Nd	0,5 – 10 Rio Sangão = 15	0,1 (1) 0,5 (2)	0,1 (1) 0,5 (2)

Fonte: Adaptado de Alexandre, 1999.

(1) Padrões para águas de classe 1 e 2.

(2) Padrões para águas de classe 3.

(3) Não detectado.

No Rio Grande do Sul, foram realizados pela Bourscheid Engenharia e Meio Ambiente S. A. *et al.* (2012) coletas de amostras de água no arroio Demétrio, próximo ao seu encontro com o rio Gravataí, nos meses de março e junho de 2011. Naquela ocasião, o arroio foi enquadrado, conforme os limites estabelecidos pela Resolução CONAMA n. 357/2005, como Classe 4 para o parâmetro cor, tanto no

verão quanto no inverno e Classe 3 no verão para as variáveis: sulfeto, manganês, fósforo total e ferro dissolvido; e no inverno apenas o sulfeto foi enquadrado como Classe 3. Os demais elementos analisados ficaram dentro dos limites estipulados para Classe 1 (Quadro 2).

Quadro 2 - Variáveis obtidas em coletas de março e julho de 2011, conforme RESOLUÇÃO CONAMA

Variáveis	Unidade	LQ	Resultados analíticos	Resultados analíticos	VMP CONAMA	VMP CONAMA
			Verão	Inverno	357 ART 14	357 ART 15
pH (a 20°C)	-----	0-14	6,7	7,3	6 – 9	6 – 9
Cor	Pt/Co	5	100	230	Natural	75
Turbidez	UNT	0,1	15	27	40	100
Alumínio Dissolvido	mg/L	0,0001	0,096	0,094	0,1	0,1
Manganês	mg/L	0,0005	0,413	0,0329	0,1	0,1
Ferro Dissolvido	mg/L	0,002	2,8	0,0873	0,3	0,3

no 357/2005

Fonte: Alterado de Bourscheid Engenharia e Meio Ambiente S. A. *et al.* (2012)

Legenda:

- Classe 1
- Classe 3

### 3 METODOLOGIA

De acordo com os objetivos estabelecidos para este trabalho, foi realizada pesquisa bibliográfica sobre empreendimentos de mineração de carvão já estabelecidos a fim de selecionar e descrever quais são os impactos ambientais sobre os recursos hídricos superficiais gerados a partir desta atividade econômica, conhecer a problemática gerada, conflitos, formas de mitigação para ter como base geradora de um prognóstico do que pode vir a ocorrer em um cenário de exploração de carvão mineral na sub-bacia do Arroio Demétrio.

A pesquisa bibliográfica também foi empregada para a caracterização socioambiental da SBAD bem como à descrição e caracterização completa da jazida carbonífera Morungava – Chico Lomã.

Foi selecionado um ponto para coleta de amostra de água do arroio Demétrio próximo do local onde foi realizada uma perfuração e retirada de amostragem de carvão, denominado CBM 001-MO-RS (Figura 7) para análise quantitativa de sua qualidade.

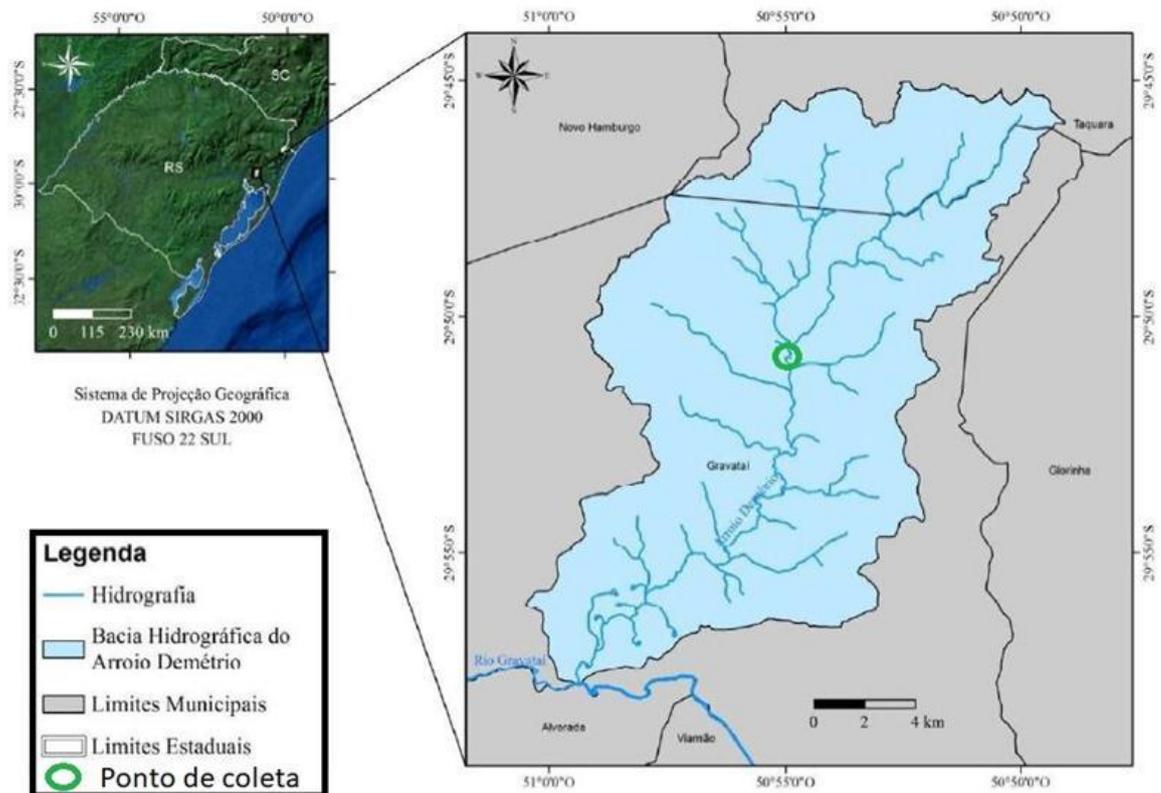
Para avaliar a qualidade da água do arroio Demétrio foi realizada amostragem no referido curso hídrico no dia 12 de setembro de 2021, no turno da manhã (Figura 3). O ponto de coleta da amostra de água situa-se no curso médio, no Distrito de Morungava, na latitude 29° 51' 49" S e longitude 50° 54' 42" O. Este ponto está inserido na área da jazida Morungava-Chico Lomã, onde foi feito, também, um levantamento fotográfico. A análise laboratorial da amostra coletada foi realizada no laboratório Instituto de Qualidade Ambiental (IQA) de São Leopoldo. Os parâmetros analisados e os respectivos métodos de análises baseados nos procedimentos do Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (SMWW) foram: pH (SMWW 4500-H+ B.), manganês total (SMWW 3125 B.), ferro total (SMWW 3500-Fe B.), oxigênio dissolvido (SMWW 1500 O G.), acidez total (IT129.), alumínio total (SMWW 3500 Al B.), condutividade (SMWW 2510 B – IT106), sulfatos (SMWW 4500-SO4 E.), alcalinidade total (SMWW 2320 B), cor (SMWW 2120 C) e turbidez (SMWW 2130 B).

Figura 3 - Local de coleta de água do arroio Demétrio.



Fonte: Foto do autor (2021).

Figura 4 - Mapa da SBAD com destaque para o ponto de coleta de água.



Fonte: Adaptado de Quevedo (2017)

A água proveniente da coleta foi armazenada em frasco de vidro de 1.000 ml (1 L) e 500 ml (0,5 L), observando-se as preservações específicas para cada tipo de análise, conforme segue: (1) o frasco de vidro (devidamente higienizado) foi submerso nas águas do local de coleta, para uma lavagem prévia do mesmo com a água do ponto a ser coletado; (2) após este procedimento, os recipientes foram, novamente, submersos nas águas dos respectivos pontos para a coleta e imediatamente lacrados e refrigerados a  $4^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ , para o transporte, mantendo-os sob refrigeração e protegidos da luz até o momento dos testes físico-químicos e biológicos. A amostra de água para as análises de metais pesados foram coletas em recipientes plásticos de 500 ml (0,5 L) fornecidos pelo Laboratório IQA. Após a coleta, as amostras também foram vedadas e acondicionadas em recipiente refrigerado a  $4^{\circ}\text{C} + 2^{\circ}\text{C}$  e protegidas da luz para a entrega ao laboratório.

O parâmetro temperatura foi determinado *in loco* com o auxílio de um termômetro.

Tendo a Drenagem Ácida de Mina apontada como principal impacto ambiental da mineração de carvão sobre as águas superficiais, foi feita nova pesquisa

bibliográfica a respeito deste impacto em específico bem como as formas de mitigação do mesmo de acordo com as características climáticas que foram apontadas na área de estudo.

Por ter sido somente uma amostra de água analisada isoladamente em laboratório, se fez necessária nova pesquisa bibliográfica a respeito de análises de água anteriores do arroio Demétrio, onde então foram encontrados dois estudos, sendo um da (BOURSCHEID, 2012) e (MARTINS, 2018), os quais muito contribuíram para enriquecer esta análise comparativa, já que foram analisados diversos parâmetros em comum.

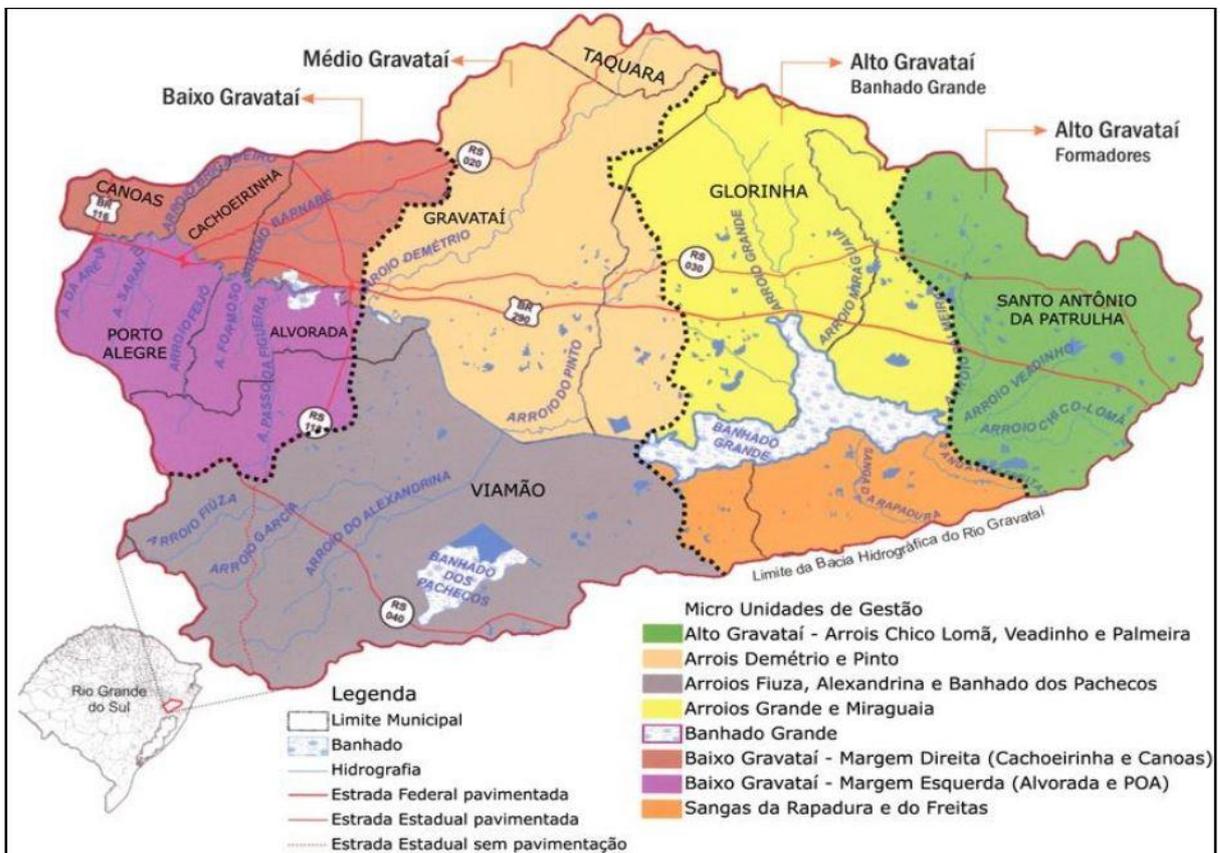
Para não ficar somente no campo quantitativo, foram buscadas informações qualitativas, através de uma entrevista com o presidente da Associação de Preservação da Natureza – Vale do Gravataí, ONG com atuação ativa na região desde 1979, a fim de expor e registrar a visão desta autoridade a respeito de uma possível exploração de carvão mineral na sub-bacia do arroio Demétrio.

Igualmente, recorreu-se a outra entrevista com dois moradores ribeirinhos selecionados de uma comunidade com tal perfil existente no distrito de Morungava, onde pretende-se compreender como é a relação desses indivíduos com o arroio no seu dia a dia e o que pensam a respeito de uma possível extração de carvão mineral. Importante ressaltar que em um processo oficial de implantação desta atividade econômica, audiências públicas serão realizadas para ouvir e possibilitar a manifestação da comunidade interessada.

#### 4 ÁREA DE ESTUDO: CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E SOCIOECONÔMICAS

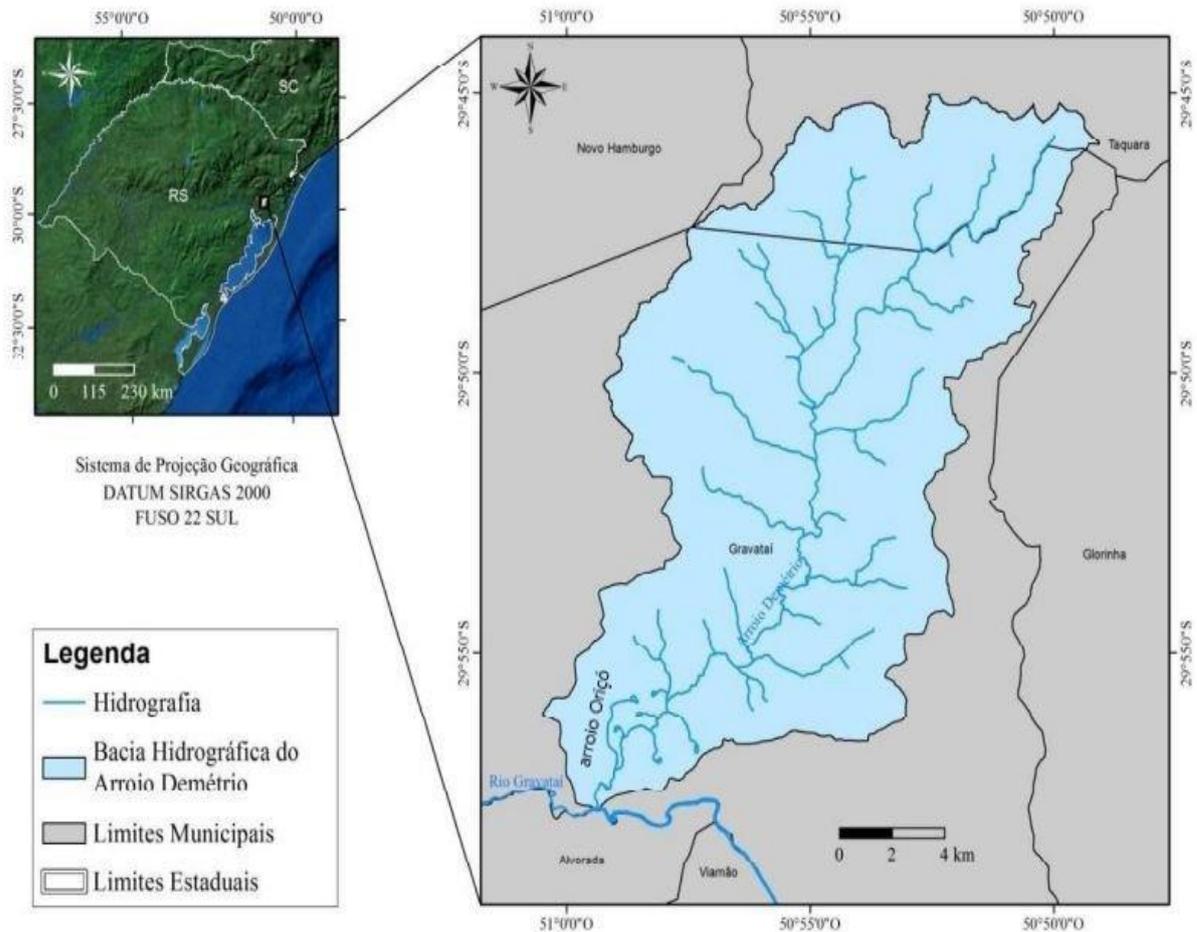
A área do presente estudo corresponde a sub-bacia hidrográfica do arroio Demétrio (SBAD), que faz parte da bacia hidrográfica do rio Gravataí, abrangendo 12,51% da sua área total (GRAVATAÍ, 2007). A sub-bacia está inserida, quase em sua totalidade, no município de Gravataí (83% da área da bacia), sendo a porção norte pertencente ao município de Taquara (17%). Ao longo de seu curso, o arroio Demétrio percorre áreas rurais e urbanas do município de Gravataí, desaguando diretamente no rio Gravataí, em sua margem direita (Figuras 5 e 6).

Figura 5 - Localização e situação geográfica da bacia do rio Gravataí e da sub-bacia do arroio Demétrio.



Fonte: Comitê Gravatahy, 2021.

Figura 6 - Localização geográfica da sub-bacia do arroio Demétrio.



Fonte: Adaptado de Quevedo (2017).

Considerando-se uma área total da sub-bacia do arroio Demétrio de aproximadamente 252,0 km<sup>2</sup>, a área rural compreende a 207,0 km<sup>2</sup> e a área urbana a 45,0 km<sup>2</sup>, correspondendo a 82% e 18%, respectivamente.

O arroio Demétrio é um dos principais afluentes da margem direita do rio Gravataí, pertencendo à região hidrográfica do Médio Gravataí e tendo sua nascente no município de Taquara e sua foz no município de Gravataí. Conforme a Resolução 113/2012 do Conselho de Recursos Hídricos do Rio Grande do Sul - CRH/RS (RIO GRANDE DO SUL, 2012) o arroio Demétrio está localizado em um ponto divisor de qualidade da água do rio Gravataí, onde é considerado Classe 3 entre o Banhado Grande e a foz do arroio Demétrio e Classe 4 entre a foz do arroio Demétrio e a foz do rio Gravataí. Isto denota que a qualidade da água do rio Gravataí não é nada satisfatória.

As nascentes do arroio Demétrio encontram-se na região dos Patamares da Serra Geral, com cerca de 250 m de altitude, e a sua foz no rio Gravataí, situa-se em

uma altitude de aproximadamente 5m. Esta amplitude altimétrica evidencia uma importante característica no que se refere à drenagem das águas da SBAD. Quando ocorrem precipitações elevadas, as águas do arroio podem adquirir grande velocidade de escoamento, agravando os efeitos das inundações ao longo do curso principal e de seus afluentes.

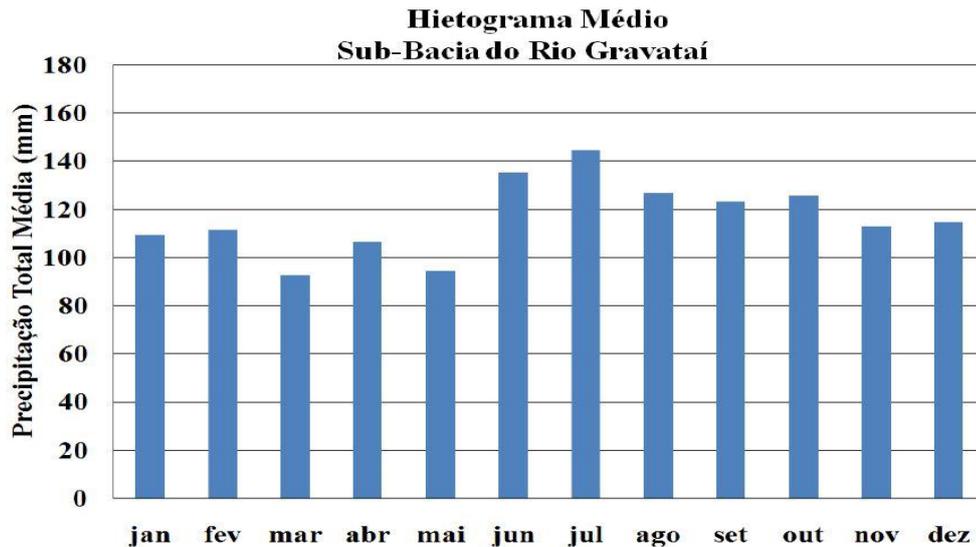
A área da SBAD caracteriza-se por clima subtropical e tem chuvas em todos os meses, totalizando aproximadamente a média de 1200 mm anuais (Figura 7).

A temperatura média do mês mais quente é superior a 22°C e, a do mês mais frio varia entre 3°C e 18°C. Os fatores climáticos registrados por longos períodos em pontos extremos da bacia, mostram somente pequenas diferenças entre si, permitindo considerar a sub-bacia como unidade climática homogênea.

Buriol *et al.* (1977) concluiu que a distribuição de chuvas no Rio Grande do Sul é praticamente homogênea ao longo do ano, havendo pouca distinção entre período seco e úmido. A determinação do ano hidrológico pela precipitação baseia-se na distinção entre estes períodos: o ano começa no início do período chuvoso, terminando no final do período seco, contabilizando um período fixo de 12 meses. Sendo o Rio Grande do Sul uma região com sazonalidade não tão evidente, ocorrem dificuldades na determinação do ano hidrológico pela precipitação e, conseqüentemente, na diferenciação de um período com maior disponibilidade hídrica.

A dinâmica fluvial e o ciclo hidrológico são influenciados pelo clima e seus elementos. Por isso, deve-se levar em consideração este fator no momento do estudo do diagnóstico ambiental de uma área e seu monitoramento. Desta maneira, este dado pode servir de subsídio para interpretar a relação entre os aspectos qualitativos da água e a quantidade de chuvas ou também determinar relações entre o meio biótico de uma área e as chuvas.

Figura 7 - Precipitação média na Bacia do rio Gravataí entre 1977 e 2006.



Fonte: Atlas Pluviométrico do Brasil (Pinto *et al.*, 2011).

Quanto a geologia, na área da SBAD estão presentes as seguintes formações geológicas (GRAVATAÍ, 2007):

- a) formação Serra Geral: de idade Jurássico Superior. O limite norte da SBAD pela Formação Serra Geral em paralelismo à Formação Botucatu, com altitudes de até 350m. Ocorrem derrames, soleiras e diques, tanto em massas contínuas, como em corpos isolados como testemunhos de erosão. São rochas com texturas finas e afaníticas, raramente pórfiras, constituídas por plagioclásios e piroxênios;
- b) formação Botucatu: são evidenciados 2 horizontes: basal constituído de arenitos muito finos e sílticos com feições morfológicas próprias tais como coxilhões maiores; horizonte superior de maior uniformidade litológica predominando arenitos finos e médios e elevado grau de diagênese devido às ferrificações e silicificações;
- c) formação Rio do Rastro: Constitui-se de arenitos avermelhados depositados em ambiente continental e sob condições climáticas oxidantes;
- d) formação Estrada Nova: os sedimentos desta formação ocorrem no curso médio da SBAD. Predominam folhelhos argilosos com

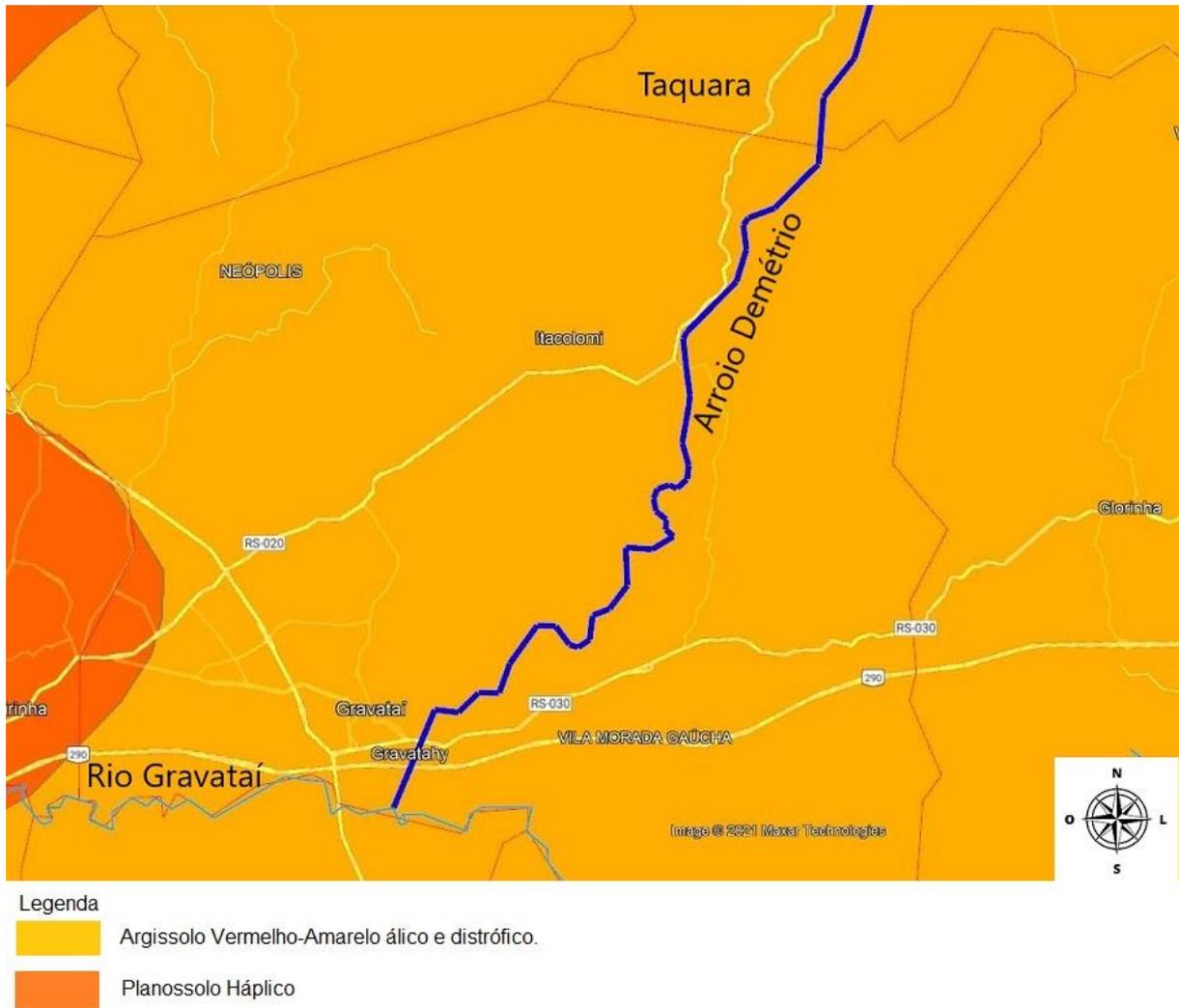
- intercalações de arenitos finos na base, gradando ao topo para arenitos finos e siltitos;
- e) formação Irati: constituída por espesso pacote de folhelhos alternados com camadas, bancos e lentes de calcários. O ambiente de deposição é não marinho de águas rasas a moderadamente profundas com má circulação de fundo;
  - f) formação Palermo: é constituída por arenitos conglomeráticos e siltitos arenosos silicificados;
  - g) formação Rio Bonito: de idade Permiana ocorre na região centro-oeste da bacia. A fácies fluvial é constituída por conglomerados, arenitos finos e médios com intercalações de siltitos e argilitos. As fácies lagunares, paludal e de transição são representadas por siltitos e argilitos com intercalações de arenitos finos e siltitos carbonosos.

Conforme o Mapa Exploratório de Solos do Rio Grande do Sul (IBGE, 2002) o solo predominante na SBAD é o Argissolo Vermelho-Amarelo Álico e distrófico que apresenta em geral baixa fertilidade; (Figura 8). Teores muito elevados de alumínio no solo afetam significativamente o desenvolvimento de raízes. (AGEITEC, 2017).

Estes solos têm como característica principal a presença de um horizonte B textural (Bt). Esse horizonte B textural é formado pela movimentação de argila dos horizontes superiores para os inferiores. Como consequência, os horizontes acima do Bt ficam com teores menores de argila e maiores de areia. São de profundidade variável, desde forte a imperfeitamente drenados, de cores avermelhadas ou amareladas, e mais raramente, brunadas ou acinzentadas. A textura varia de arenosa a argilosa no horizonte A e de média a muito argilosa no horizonte Bt, sempre havendo aumento de argila daquela para este.

Este tipo de solo, raramente, apresenta problemas de excesso de água e possui drenagem considerada boa. Aqueles que geralmente possuem horizonte A arenoso sobre horizonte B de textura média se encaixam na definição agora exposta. De forma oposta, aqueles com horizonte B muito argiloso, porém com horizonte A de textura média a arenosa, geralmente, deve apresentar os problemas de drenagem (AGEITEC, 2017).

Figura 8 – Tipo de solo na SBAD.



Fonte: Adaptado de IBGE - EMBRAPA - Mapa de Solos do Brasil. Escala 1:5.000.000

O uso do solo é predominantemente agropecuário, apresentando uma vegetação composta, em sua maioria, por campos e floresta estacional semidecídua. A área urbanizada é mais densa ao sul da sub-bacia, devido à proximidade com o centro urbano do município de Gravataí e ao acesso às principais estradas da região, a BR-290, RS-030 e RS-020, que dão acesso à capital, às áreas litorâneas e ao planalto do estado.

Em termos econômicos, a SBAD está fortemente atrelada à economia do município de Gravataí, que até a década de 1960, caracterizava-se como predominantemente agrícola, além de cumprir a função de cidade dormitório em relação à capital do estado. Na década de 1970, por intermédio da Lei Complementar Federal N° 14, de 8 de junho de 1973, passa a pertencer à Região Metropolitana de Porto Alegre, tendo suas características de cobertura e uso solo

modificadas, assim como sua economia (FERNANDES, 2011). Segundo Fernandes (2008), a política de implantação dos distritos industriais que empregaram um grande contingente populacional alavancou o desenvolvimento urbano destes municípios. Assim, na década de 1970 a população urbana de Gravataí superou a sua população rural.

A evolução urbana na SBAD se deu principalmente com a instalação do Complexo Industrial da General Motors no ano de 2000, que atraiu populações de outras cidades pela possibilidade de trabalho.

Em termos demográficos, a sub-bacia possui cerca de 102.000 habitantes e estimativas prenunciam que dentro de um período de tempo de 20 anos, a população irá superar os 180.000 habitantes, divididas entre os municípios de Taquara e Gravataí (DE LUCA *et al.*, 2005).

Atualmente, os principais usos da água da SBAD são: o abastecimento público, realizado através de poços e captação superficial; a criação de animais, extensiva e confinada; a irrigação de culturas temporárias e, por fim, o abastecimento industrial. Além disso, há na sub-bacia um balneário, o qual pertence ao município de Gravataí, que serve de fonte de lazer adicional para cerca de 5000 moradores de baixa renda nas proximidades do arroio, durante os meses de verão.

O rebanho efetivo atual é de cerca de 1300 animais de pequeno porte e de cerca de 4000 animais de grande porte (DE LUCA *et al.*, 2005).

A produção atual de resíduos sólidos domésticos é da ordem de 25104 t/ano (DE LUCA *et al.*, 2005).

Quanto as fontes potencialmente poluidoras da sub-bacia do arroio Demétrio, as quais estão localizadas exclusivamente no município de Gravataí, destacam-se: loteamentos residenciais, central de resíduos sólidos industriais classe II, central de recuperação de embalagens metálicas, indústria de desinfetantes e alvejantes, indústria de recuperação de óleos, indústria de pneus, indústria de ceras, indústria automobilística e indústria de chapas de madeira (DE LUCA *et al.*, 2005).

A respeito de fontes difusas, não existe tratamento da drenagem pluvial urbana ou rural ao longo de sua extensão. Em consequência deste fato, os efluentes gerados pela criação de animais em pecuária intensiva ou extensiva, são potenciais geradores de microrganismos patogênicos, como giárdia, criptosporidium e coliformes (DE LUCA *et al.*, 2005).

O principal tributário na área de influência é o arroio Oriçó, localizado à margem direita do arroio Demétrio (Figura 4). Este arroio atravessa a área urbana de Gravataí, nas proximidades do cruzamento deste com a RS-030, a cerca de 2,5 km da foz, recebendo esgotos não tratados e representa o maior aporte de poluição para o arroio Demétrio.

Conforme o estudo encomendado pelo Departamento de Recursos Hídricos da Secretaria de Estado do Meio Ambiente – DRH/SEMA, o arroio Demétrio juntamente com o arroio Pinto corresponde a uma Unidade de Gestão da Bacia Hidrográfica do Rio Gravataí, dentre os estudos realizados foi levantado o balanço hídrico, que consiste na comparação quantitativa entre a disponibilidade e a demanda ou consumo hídricos (BOURSCHEID ENGENHARIA E MEIO AMBIENTE S.A. *et al.*, 2012).

Conforme os dados de Bourscheid Engenharia e Meio Ambiente S.A. *et al.* (2012) a sub-bacia dos arroios Demétrio e Pinto apresentam uma situação hídrica mais confortável em comparação com as demais Unidades de Gestão da Bacia do Rio Gravataí no comparativo entre a disponibilidade hídrica e as demandas e consumos de água, sendo consumo (0,6 m<sup>3</sup>/s) equivalente a 27% da disponibilidade hídrica (2,2 m<sup>3</sup>/s) (Quadro 3).

Quadro 3 - Balanço Hídrico por Unidade de Gestão apresentado pelo Plano de Bacia do rio Gravataí em m<sup>3</sup>/s.

	<b>Q<sub>lp</sub></b>	<b>Q<sub>90</sub></b>	<b>Q<sub>95</sub></b>	<b>DEMANDA</b>	<b>CONSUMO</b>
Arroios Demétrio e Pinto	11,2	2,3	2,2	1,3	0,6

Fonte: Bourscheid Engenharia e Meio Ambiente S.A. *et al.* (2012).

Legenda:

Q<sub>lp</sub>: Vazão de longo período (m<sup>3</sup>/s).

Q<sub>90</sub>: Vazão verificada no rio em 90% do tempo (m<sup>3</sup>/s).

Q<sub>95</sub>: Vazão Verificada no rio em 95% do tempo (m<sup>3</sup>/s).

Segundo Alexandre e Krebs (1995), o conhecimento da vazão no monitoramento da qualidade de um corpo hídrico auxilia na classificação do grau de poluição de acordo com os padrões pré-estabelecidos, correlacionando este grau com a vazão correspondente.

O conhecimento da descarga líquida ou vazão correspondente em cada nível ou cota d'água no ponto em estudo, ou seja, a determinação da relação cota X descarga, é feita através de medições de vazão feitas nos corpos hídricos.

Em um corpo hídrico, a capacidade de diluição da carga poluidora no momento de seu lançamento é diretamente proporcional à vazão deste curso d'água.

#### 4.1 JAZIDA MORUNGAVA CHICO-LOMÃ

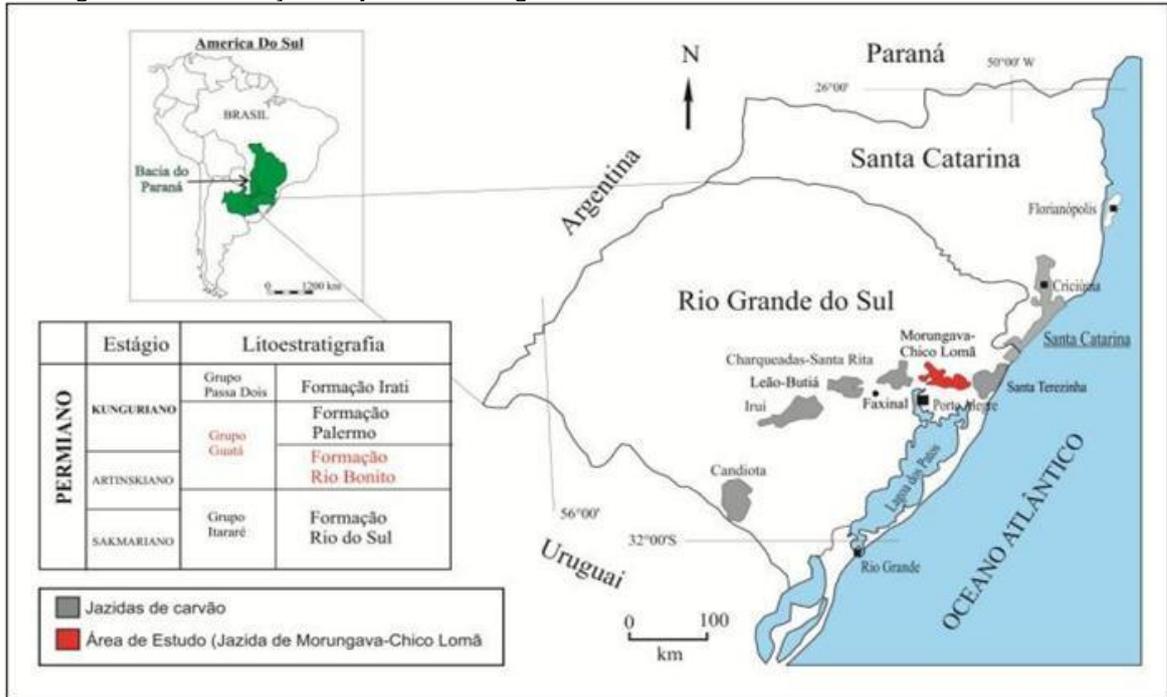
A Jazida Morungava-Chico Lomã está localizada a leste do município de Porto Alegre, capital do estado do Rio Grande do Sul, abrange os municípios de Santo Antônio da Patrulha, Capivari do Sul, Viamão e Gravataí. (Figuras 6 e 7).

As áreas com reservas econômicas de carvão da Jazida de Morungava abrangem uma extensão de aproximadamente 1.200 km<sup>2</sup> (FERREIRA *et al.*, 1978). No Projeto Carvão do Rio Grande do Sul, Ferreira *et al.* (1978) seccionaram a porção principal da jazida em dois blocos: Bloco Norte (dá o nome a Jazida de Morungava) e Bloco Sul (Barro Vermelho) (Figura 7). Existem mais dois blocos considerados isolados por Ferreira *et al.* (1978), denominados Gravataí Leste e Gravataí Oeste, contudo, no trabalho de Zanini e Pimentel (2006), o bloco leste aparece interligado ao corpo principal da jazida (Figura 7). Quanto à cobertura, o bloco norte apresenta até 450 m, enquanto o Bloco Sul apresenta em média 100 m de espessura de cobertura.

Neste trabalho, foi utilizada a delimitação da Jazida de Morungava/Chico Lomã de Zanini e Pimentel (2006), na qual as jazidas de Morungava e Chico Lomã são apresentadas de forma indivisa (Figura 10). Cabe salientar que os limites dessas jazidas, ou mesmo a divisão entre as mesmas, carecem de trabalhos confirmatórios; parte delas é considerada duvidosa ou completamente em aberto.

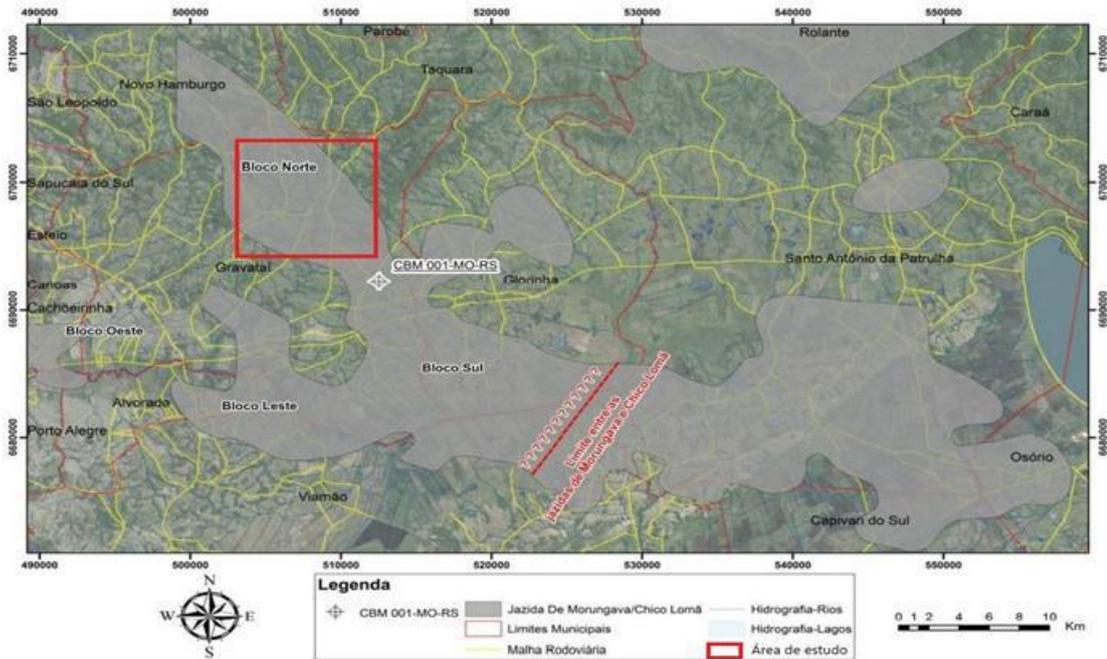
A jazida de Morungava, ou o Bloco Norte é a área de principal interesse para este estudo, pois o arroio Demétrio está localizado sobre a mesma e é desta área onde foi realizada coleta de amostra de água para análise conforme será demonstrado adiante. (Figura 9).

Figura 9 - Localização da jazida Morungava-Chico Lomã no Estado do Rio Grande do Sul.



Fonte: Simão e Kalkreuth (2017)

Figura 10 - Jazida Morungava-Chico Lomã com destaque para a área de estudo da Sub-bacia do arroio Demétrio.



Fonte: Simão e Kalkreuth (2017)

## 4.2 CONTEXTO GEOLÓGICO

A área de estudo encontra-se inserida nos domínios geomorfológicos da Planície Costeira e da Depressão Central do Estado do Rio Grande do Sul

(ABOARRAGE; LOPES, 1986). Os altos do embasamento, representando o domínio do Escudo Sul Rio-grandense, podem ser observados circundados pela Jazida de Morungava, nas proximidades da área urbana de Gravataí, demonstrando o forte controle estrutural da sedimentação gondwânica inferior que preenchia vales e depressões. Observa-se, bem definido, um paleovale denominado de “paleovale de Morungava” por Bossi e Piccoli (1979, 1980).

As camadas de carvão da Jazida de Morungava estão contidas no contexto geológico da borda sul da Bacia do Paraná, que constitui uma grande bacia intracratônica disposta na parte central-leste da Plataforma Sul-Americana.

Com uma área total de 1.500.000 km<sup>2</sup> (MILANI, 2000), a Bacia do Paraná ocupa cerca de 1.000.000 km<sup>2</sup> no território brasileiro (SCHNEIDER *et al.*, 1974), abrangendo partes dos territórios dos estados de Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Goiás, São Paulo, Minas Gerais, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul. O seu registro estratigráfico compreende um pacote sedimentar-magmático com uma espessura total máxima em torno de 7 km em seu depocentro. O conjunto de rochas sedimentares e vulcânicas que constituem a Bacia do Paraná foi originado pela superposição de sequências depositadas em diferentes ambientes (ZALÁN *et al.*, 1990).

O preenchimento sedimentar da bacia foi dividido em seis sequências deposicionais. Os estratos onde o carvão ocorre correspondem à unidade litoestratigráfica denominada de Formação Rio Bonito, do Grupo Guatá (SCHNEIDER *et al.*, 1974), localizada no topo da terceira supersequência, denominada de Gondwana I (Carbonífera/Triássico Inferior), que constitui espessas sequências sedimentares, atingindo 2.800 m no depocentro da bacia (MILANI *et al.*, 2007).

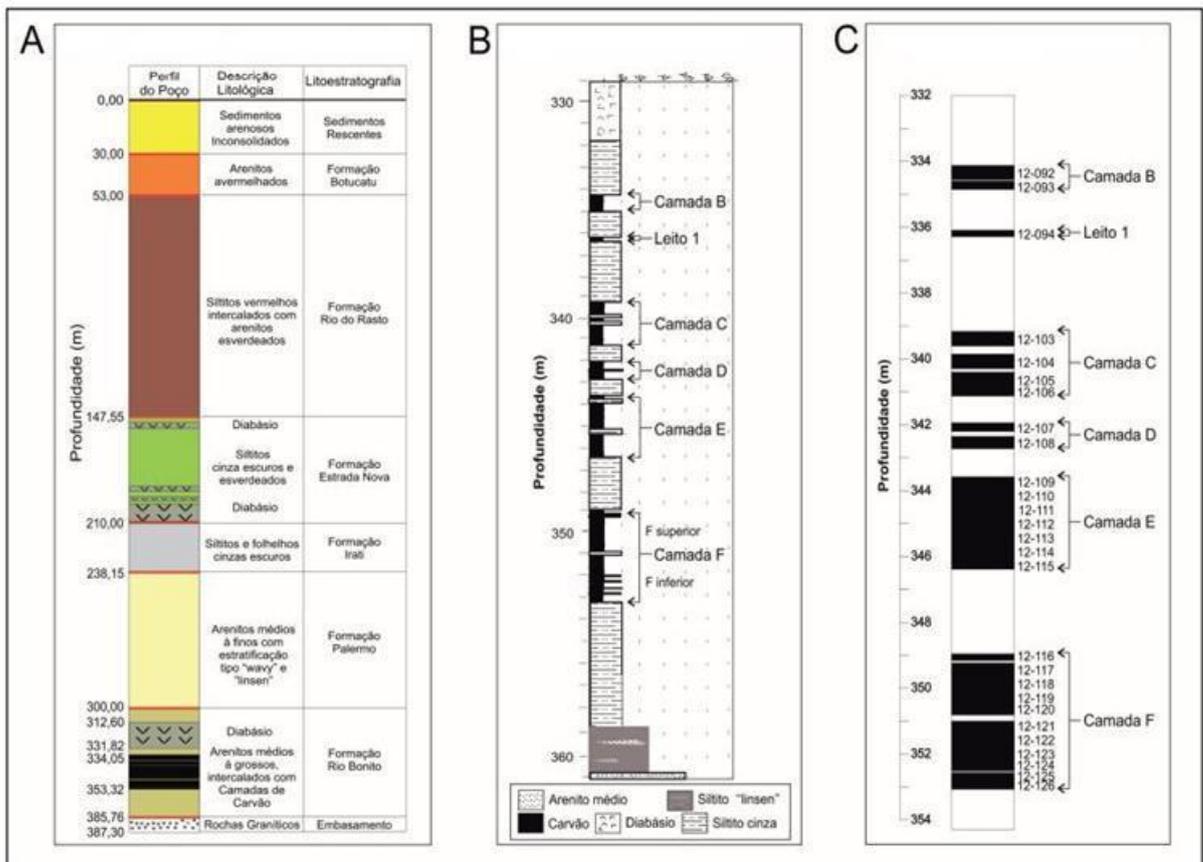
Os sedimentos da Formação Rio Bonito foram depositados no intervalo Sakmariano/Artinskiano (Permiano Inferior). As camadas de carvão têm características que são indicativas de uma origem límnico-telmática, onde o material que deu origem a turfeira é constituído por pteridófitas e plantas herbáceas (e.g. *Glossopteris* e *Gangamopteris*), acumuladas após algum transporte, resultando em camadas de carvão hipoautóctones, ricas em inertinita (CORRÊA DA SILVA, 2004).

Segundo Bortoluzzi *et al.* (1980), compõem a Jazida de Morungava uma série de 7 camadas de carvão e alguns leitos de carvão. As camadas 1 a 6 encontram-se na porção superior da Formação Rio Bonito enquanto a camada 7 está na porção

basal. O pacote carbonoso que contém as camadas 1 a 6 apresenta aproximadamente 21 m de espessura, estando situado a aproximadamente 35 m abaixo do contato entre as formações Palermo e Rio Bonito. Por sua vez o pacote contendo a camada 7 é muitas vezes relacionado às rochas do Grupo Itararé, descontínuo, com espessura centimétrica, podendo ser encontrado intercalado com rochas de granulometria mais grosseira. Na área da Jazida de Morungava, a Formação Rio Bonito, está em muitos casos em contato direto com o embasamento cristalino.

A figura 11 mostra um perfil litológico do carvão presente no Bloco Norte da jazida, ou seja, em caso de uma futura exploração de carvão, este será o minério explorado bem como o gerador de impactos ambientais sobre as águas da SBAD.

Figura 11 - Perfil litológico da sondagem CBM 001-MO-RS, próxima da área de estudo. A) Perfil esquemático descritivo do poço exploratório CBM 001-MO-RS; B) Detalhe do intervalo carbonoso; C) Perfil esquemático de detalhe do intervalo carbonoso, indicando os intervalos amostrados.



Fonte: Simão e Kalkreuth (2017)

## 5 IMPACTOS AMBIENTAIS DA MINERAÇÃO DE CARVÃO

A mineração a céu aberto ou em subsolo são as duas maneiras existentes para o funcionamento da atividade, sendo determinada conforme as condições da jazida. Em ambas as situações existe o risco potencial de ocorrência de impactos negativos sobre o solo e água (ALEXANDRE, 1999). A degradação pode ocorrer também em função da realização incorreta das atividades de beneficiamento, estocagem e transporte.

Neste contexto, os principais problemas ambientais ocorridos nas Bacias Carboníferas de SC e RS foram ocasionados em função da maneira predatória como foram realizadas as operações de extração e beneficiamento do carvão. Os problemas ambientais ainda permanecem, mesmo com os esforços para aprimorar estas atividades, aliado ao tratamento e disposição dos resíduos da mineração por parte das mineradoras.

Os principais prejuízos ambientais trazidos pela mineração, segundo Moriwaki, 2005, são:

- a) a solubilização de diversos metais pesados, como Fe, Cu, pela água subterrânea, contém um elevado teor de acidez que correm diretamente para riachos, rios e campos de cultivo, localizados nas imediações, ocasionando danos ambientais e danos à saúde da população;
- b) rebaixamento da superfície do solo, podendo causar subsidência de instalações localizadas sobre a mina;
- c) esgotamento da água subterrânea das imediações;
- d) poluição sonora;
- e) influência causada por gases e fuligem devida à poeira emitida pela escavação e extração;
- f) outros impactos ambientais como a derrubada de florestas para a operação, para depósitos de rejeitos, etc.

Após o fim das operações de lavra na mina, é gerado um grande passivo ambiental, que necessita ser acompanhado e mitigado. Entre os principais passivos ambientais estão:

- a) os depósitos de rejeito, contendo sulfetos (principalmente pirita);
- b) topografia alterada;
- c) solo estéril;
- d) erosão;
- e) poços de ventilação e bocas de minas abertas, um grande perigo para população.

Conforme demonstrado na figura 8, o carvão na SBAD ocorre somente entre 330 e 355 metros de profundidade, fato indicativo de que a extração deste minério ocorreria através da forma subterrânea.

Durante a lavra do carvão em subsolo podem ocorrer alterações topográficas nas áreas sobre as minas subterrâneas, devido ao afundamento da superfície pelo desmoronamento das galerias. As águas drenadas das minas, por serem sulfurosas, provocam elevação das concentrações de Fe e a queda do pH, nas águas dos corpos hídricos receptores (FERREIRA; BACCI, 1991 citado por VARGAS, 1998). Neste caso, o primeiro corpo hídrico receptor na região seria o arroio Demétrio.

As áreas não cobertas por material estéril e por depósitos de rejeitos também podem ter seu solo contaminado pela mineração de carvão. Esta contaminação pode ocorrer por meio da inundação de áreas não contaminadas com águas de drenagens ácidas.

A exceção da poluição sonora, todos os impactos citados por Moriwaki (2005), seriam impostos na SBAD em caso de extração de carvão e implicariam na redução da qualidade da água do arroio Demétrio, tanto durante as operações de extração como após a mina estar desativada, através dos passivos ambientais.

## 5.1 DRENAGEM ÁCIDA DE MINA

Como visto, os depósitos de rejeitos contêm grande quantidade de pirita e o seu processo de oxidação, que ocorre quando exposta ao ar e à água, tende a produzir  $\text{Fe}^{2+}$  e  $\text{SO}_4^{2-}$ , assim como da existência de outros sulfetos, resulta na geração de um dos principais impactos ambientais da atividade de mineração; a drenagem ácida de mina. Esta produz uma solução rica em sulfatos, ferro, alumínio e metais pesados, como manganês, cádmio, chumbo e, em casos particulares,

urânio e tório; além de possuir um pH inferior a 2,0 sendo considerada muito acidificada (UBALDO; SOUZA, 2008).

A oxidação dos sulfetos metálicos presentes na pirita ocorre a partir da presença de oxigênio atmosférico. A geração de drenagem ácida resulta da presença da água que infiltra e percola através do resíduo. A água é considerada o veículo de transporte das substâncias químicas para fora da área de disposição (UBALDO; SOUZA, 2008).

Este processo acontece em função de três condições: I) processos microbiológicos; II) condições que predominam dentro do depósito ou pilha de resíduos; III) exposição ao oxigênio atmosférico. Ademais, o mesmo ocorre em diversos estágios, sendo alguns simultâneos.

O bissulfeto de ferro ( $\text{FeS}_2$ ) ocorre nos estratos geológicos em duas formas predominantes, marcassita e pirita, que se diferenciam em suas formas cristalográficas, mas possuem composição química igual.

A reação que ocorre a partir da oxidação dos sulfetos e da acidificação das águas que percolam no rejeito é, de início, lenta. Com o pH atingindo, principalmente, valores abaixo de 3,5, pode-se catalisar essa reação com processos microbiológicos. O ciclo dessas reações continua ocorrendo até que se consuma toda pirita acessível aos reagentes da reação. A geração da DAM pode ser reduzida ou eliminada caso alguma dessas reações seja detida ou torne-se lenta.

Os impactos gerados pela drenagem ácida podem atingir cursos hídricos subterrâneos e superficiais afastados do empreendimento, uma vez que os mesmos não se limitam somente a área minerada. Mesmo após o esgotamento do depósito mineral, ocorrem durante anos reações químicas envolvidas no processo. Também há o fato de que o uso da água para fins agrícolas, recreativos e de consumo é inviabilizado pela contaminação. Na SBAD, todos estes usos são atualmente praticados.

Para o gerenciamento da disposição de resíduos da atividade de mineração, assim como a tomada de decisão de alternativas de mitigação e controle, faz-se necessário avaliar o potencial de geração dessa drenagem na etapa de planejamento do empreendimento. Deste modo, as mesmas podem auxiliar as ações de recuperação no caso do encerramento das atividades, além de diminuir os impactos ambientais ao longo da vida útil da mina.

## 5.2 POSSÍVEL TÉCNICA DE PREVENÇÃO OU DE CONTROLE DA DRENAGEM ÁCIDA DE MINA PARA A SBAD

Conforme exposto, a DAM necessita de dois elementos para ser gerada: oxigênio e água. As alternativas existentes para controlar a geração da drenagem ácida visam diminuir o contato desses dois elementos com o material reativo (UBALDO; SOUZA, 2008). Desse modo, as coberturas úmidas, pela condição climática da SBAD, que possui média de 1200 mm anuais de precipitação, seria a ação indicada para ser empregada, de modo a diminuir a produção de acidez em resíduos de mineração.

O aumento do nível d'água dentro das áreas de disposição de resíduos ou a inundação controlada consiste na cobertura úmida. A mesma tem como objetivo diminuir o oxigênio que vai para dentro do material reativo. Desse modo, o processo gerador de acidez é reduzido (UBALDO; SOUZA, 2008). Este método é indicado em locais onde se tem a possibilidade de restabelecer ou elevar o nível do lençol freático, de maneira que irá submergir os rejeitos responsáveis pela geração de acidez (BORMA; SOARES, 2002).

Em termos de eficiência, a cobertura úmida se sobressai uma vez que é feito um bloqueio efetivo da difusão do oxigênio (BORMA *et al.*, 2003).

A prevenção e controle da drenagem ácida, geralmente, abrangem diversos sistemas, como os de drenagem, unidade de tratamento de efluentes e uso de coberturas, consistindo em uma solução integrada para este problema. Assim, a necessidade desse sistema não é eliminada somente com o uso das coberturas úmidas, mesmo diminuindo os custos de sistema de tratamento de efluentes a partir da redução substancial do volume de DAM originado (BORMA; SOARES, 2002). Além disso, segundo mesmo autor, há situações em que a simples coleta e tratamento dos efluentes ácidos podem solucionar os problemas gerados pela drenagem ácida, não havendo, assim, a necessidade de aplicarem-se as coberturas. Por fim, recomenda-se que sejam conferidos os custos e eficiência para alternativas com e sem o uso de coberturas quando for determinar uma técnica de mitigação da drenagem ácida.

Salienta-se que em um empreendimento do ramo na SBAD, seria imprescindível um amplo estudo de impactos ambientais (EIA) para se chegar a uma

melhor conclusão sobre qual o melhor método a ser aplicado a fim de mitigar os impactos causados pela DAM.

## 6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 6.1 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS DA AMOSTRA DE ÁGUA DO ARROIO DEMÉTRIO

O quadro 4 apresenta os resultados da amostra de água coletada no Arroio Demétrio na data 12 de setembro de 2021, no turno da manhã. O ponto de coleta da amostra de água situa-se no curso médio, no Distrito de Morungava, na latitude 29° 51' 49" S e longitude 50° 54' 42" O.

Quadro 4 - Resultados das análises físico-químicas do ponto de coleta.

Parâmetros	Resultados	Resolução CONAMA 357/2005
pH	6,98	6,0 a 9,0
Acidez Total	Nd	-
Sulfato	2,40 mg/L SO <sub>4</sub>	250 mg/L SO <sub>4</sub>
Alumínio Total	0,020 mg/L Al	0,1 mg/L Al
Ferro Total	2,20 mg/L Fe	0,3 mg/L Fe
Manganês	0,259 mg/ Mn/L	0,1 mg/L Mn
Alcalinidade Total	17,3 mgCaCO <sub>3</sub> /L	-
Condutividade	61,8 µS/cm	-
Oxigênio Dissolvido	10,7 mg O <sub>2</sub> /L	Não inferior a 6 mg/L O <sub>2</sub>
Cor	166 mg Pt/L	Até 75 mg Pt/L
Turbidez	14,40 NTU	Até 40 UNT

Fonte: Laboratório IQA (Anexo A).

 Classe 1

 Classe 3

 Baixa alcalinidade

A qualidade da água tratada pela Resolução CONAMA nº 357/2005 (BRASIL, 2005) avalia um conjunto de condições e padrões de qualidade de água necessários ao atendimento dos usos preponderantes, atuais ou futuros. A própria resolução define as formas de controle e monitoramento das águas para categorização de classes e por consequência de usos.

Dos 11 parâmetros analisados, apenas o Ferro Total, o Manganês e a Cor apresentaram classificação para enquadramento na classe 3, que são águas que podem ser destinadas:

- a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional ou avançado;
- b) à irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras;
- c) à pesca amadora;
- d) à recreação de contato secundário;
- e) a dessedentação de animais.

O pH, o Sulfato, o Alumínio Total, o Oxigênio Dissolvido, a Condutividade e a Turbidez apresentaram classificação para enquadramento na classe 1, que são águas que podem ser destinadas:

- a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento simplificado;
- b) à proteção das comunidades aquáticas;
- c) à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA nº 274/2000;
- d) à irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película;
- e) à proteção das comunidades aquáticas em terras Indígenas.

Sobre a alcalinidade, caso um ambiente aquático apresente abundância de material tampão (alta alcalinidade), este é mais estável e resistente às variações de pH. Enquanto águas de baixa alcalinidade (< 24 mg/L como CaCO<sub>3</sub>) apresentam baixa capacidade de tamponamento e, assim, são suscetíveis às mudanças de pH (CHAPMAM; KIMSTACK, 1992). Neste caso, o valor de alcalinidade no ponto amostrado, de 17,3 mgCaCO<sub>3</sub>/L indica claramente que o arroio Demétrio é altamente suscetível a mudança de pH em caso de exploração de carvão na região.

## 6.2 ENTREVISTA COM O PRESIDENTE DA ASSOCIAÇÃO DE PRESERVAÇÃO DA NATUREZA – VALE DO GRAVATAÍ

A Associação de Preservação da Natureza – Vale do Gravataí (APN-VG), fundada em 1979, com sede em Gravataí, tem grande atuação e reconhecimento da população no que diz respeito à defesa do rio Gravataí. A entidade atua denunciando irregularidades ambientais aos órgãos competentes, realizando ações de educação ambiental em empresas e escolas nesses vários anos de existência. Por isso considera-se de grande importância averiguar a posição desta entidade a respeito do tema aqui trabalhado na pessoa de seu atual presidente, que já ocupou o cargo de Secretário de Meio Ambiente de Gravataí e, também de Presidente da Fundação Municipal de Meio Ambiente de Gravataí – RS.

A entrevista foi realizada, com o auxílio de um gravador de voz e transcrita com as alterações no sentido de dar concordância verbal às falas.

Qual a posição da APN-VG a respeito do uso de carvão mineral como matriz energética no século XXI?

Olha, já há muitos anos, não é coisa de agora, vem lá da época da fundação da APN-VG, em 1979, nós sempre fomos contra a utilização do carvão, porque o nosso carvão especificamente não é de alta qualidade, ou seja, coqueificável, não dá pra utilizar na fabricação de aço, não existe este carvão aqui, é um carvão de baixa qualidade e um carvão que causa grande poluição ambiental por ter esta característica. A exploração de carvão seria um problema muito sério, pois contamina toda a área onde é retirado e ainda mais quando retirado a céu aberto como se pretendia explorar em uma área da bacia do Gravataí. Hoje, com as mudanças climáticas, onde o mundo inteiro está pedindo que não se utilize mais carvão, imagine como nós agora vamos nessa altura das discussões pegar e admitir que se retire carvão da bacia do Gravataí, ou na várzea do rio Gravataí ou no subsolo do Banhado Grande. Retirar este carvão significa em princípio acabar com o rio Gravataí (informação verbal).

Tens conhecimento que a jazida Morungava – Chico Lomã abrange também toda a sub-bacia do arroio Demétrio?

Sim, temos conhecimento de toda a área que a jazida ocupa na bacia do Gravataí (informação verbal).

Qual é a importância da sub-bacia do arroio Demétrio para o município de Gravataí?

O arroio Demétrio é o principal afluente do rio Gravataí. Só para ter uma ideia, ele é formado pelo Aquífero Guarani, que é um aquífero que começa lá no Mato Grosso e vem até aqui. Todos os arroios que nascem aqui, como o Miraguaia, o Passo Grande e tantos outros que nascem aqui em Gravataí, Glorinha, Santo Antônio, Taquara, quase todos eles correm para o Banhado Grande então o arroio Demétrio é o maior deles, nasce lá em Taquara e ele recebe todos os afloramentos do aquífero Guarani. É uma água de muito boa qualidade. O arroio Demétrio, muitas vezes durante o verão é o principal abastecedor de água do rio Gravataí. Se não fosse o arroio Demétrio, Gravataí teria sérios problemas de abastecimento de água, principalmente nos anos de seca, como foi em 2004 e 2005. Eu diria que o arroio Demétrio é uma joia preciosa que nós temos (informação verbal).

Conhece alguma empresa que tenha ou já tenha tido interesse em explorar carvão da jazida?

Houve várias empresas que tiveram interesse. Não me recordo agora o nome destas empresas. A última grande tentativa, talvez a maior de todas, foi uma empresa que queria extrair carvão entre Alvorada e Viamão, nos fundos da antiga Ferramentas Gerais até a Lagoa da Anastácia, queriam tirar carvão a céu aberto. Houve um grande debate, o Comitê Gravataí se engajou ativamente nesta questão, ocorreram reuniões nas Câmaras de Vereadores de Alvorada, de Viamão, de Gravataí e o que impediu isto de acontecer foi termos a APA do Banhado Grande e também o Refúgio de Vida Silvestre do Banhado dos Pachecos, lá em Viamão. Porque o carvão teria que estar a uma distância tal destas reservas e ele não estava a esta distância, inclusive grande parte está dentro destas áreas de preservação. Então este foi o ponto em que conseguimos impedir essa exploração de carvão (informação verbal).

Qual é a posição da APN-VG sobre uma possível exploração de carvão na sub-bacia do arroio Demétrio?

Se em 1979 já éramos contra, hoje com toda esta discussão do clima, onde foi pedido até para países como a China, que tem como sua base energética o carvão, e isso que o carvão deles não é de tão baixa qualidade como o nosso aqui, mas assim mesmo o carvão produz na sua queima uma grande quantidade de carbono e este é um dos principais elementos do aquecimento global e das mudanças climáticas. Então diante de um momento como este a gente admitir que se explore carvão aqui, seria um verdadeiro ecocídio, pois iria piorar a qualidade das águas do arroio que é o principal afluente do rio Gravataí e a queima desse material é algo que já está condenado praticamente no mundo inteiro (informação verbal).

Tem conhecimento se o município de Gravataí possui alguma legislação específica ou plano de manejo para exploração de carvão?

Não há legislação específica. O que há é um zoneamento e o Código Municipal de Meio Ambiente de Gravataí que cita a proteção do arroio Demétrio. Há uma discussão no Comitê Gravataí e na SEMA (Secretaria Estadual de Meio Ambiente) para que seja instaurada uma Reserva de Proteção à Vida Silvestre nesta sub-bacia (informação verbal).

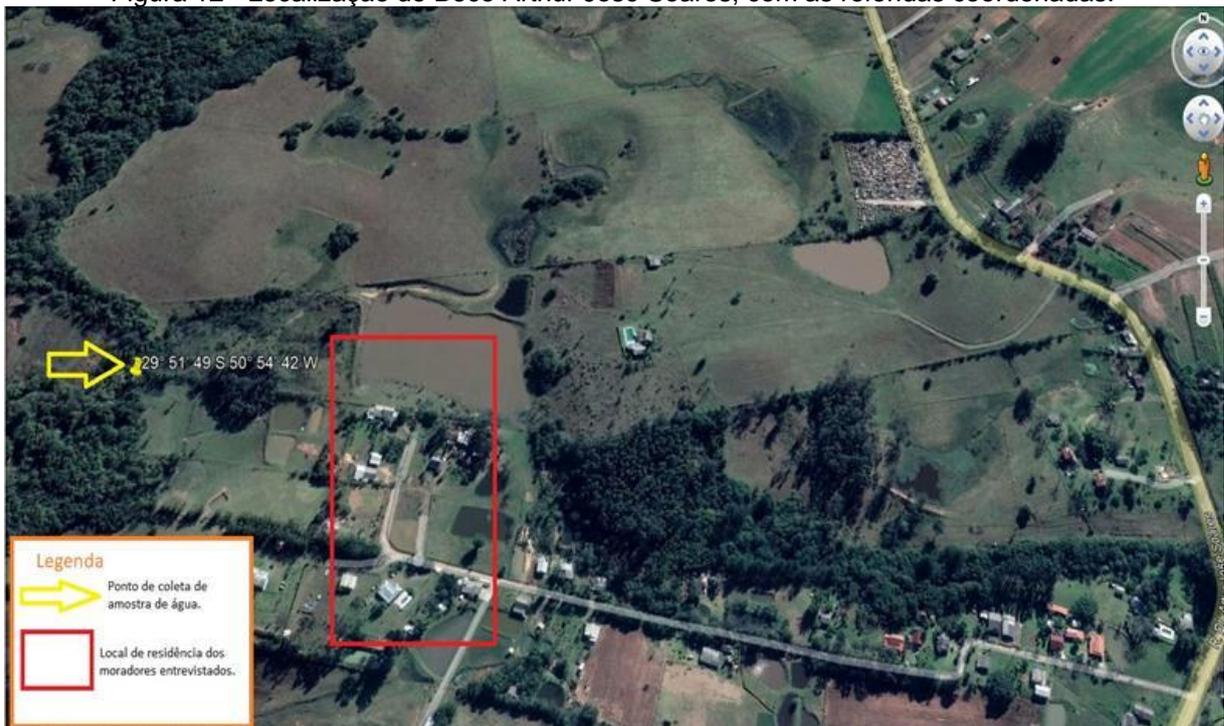
O fato da sub-bacia do arroio Demétrio estar fora da APA pode ser um facilitador de explorar carvão na região?

É certo que se a sub-bacia estivesse dentro da APA teria mais esta proteção. Mas eu creio que pelas leis existentes do Código Municipal do Meio Ambiente e na lei orgânica do município já há uma proteção, já são mecanismos de proteção. Mas sabemos que quando há um grande empreendimento que vem com este desejo as dificuldades são enormes para impedir este tipo de atividade. Grandes mobilizações devem ser feitas com a população e a APN-VG. O que nos dá uma certa tranquilidade é todo o debate mundial a respeito do tema e as fontes de energias limpas que existem, como a solar e a eólica (informação verbal).

### 6.3 ENTREVISTAS COM MORADORES

Foram entrevistados dois moradores ribeirinhos selecionados que moram no Beco Arthur José Soares, no Distrito de Morungava (Figura 12), próximos do ponto onde foi coletada amostra de água para análise que compõe este trabalho.

Figura 12 - Localização do Beco Arthur José Soares, com as referidas coordenadas.



Fonte: Google Earth.

Assim como na entrevista anterior, recorreu-se a um gravador de voz e as conversas estão transcritas com algumas alterações no sentido de dar concordância verbal às falas, as quais estão entre aspas.

### **Entrevista 1: Data: 07/11/2021**

Entrevistado: Moradora A

Idade: 66 anos

Formação: 4º ano do Ensino Fundamental.

Tempo de residência no local? Comprou a moradia em 1997 e se instalou nela em 1998, portanto, há 23 anos mora ali.

Qual a importância do arroio Demétrio no seu dia a dia, como é esta relação?

No começo, quando eu vim morar aqui, eu lavava minha roupa no arroio, pois quando comprei a área não existia outras moradias aqui no entorno. À medida que o tempo foi passando, foi aumentando as moradias, a população foi crescendo e a água foi ficando poluída com esgotos. Quando vem uma enchente, vem muita coisa. Há na proximidade um açude de um vizinho meu, onde se verifica, após uma enchente, coisas como garrafas pets, chinelo velho, brinquedos, tubos de remédios para gado. E quando este açude transborda, esta água vai direto para o arroio. Quando passo

pelas pontes do Parque dos Anjos vejo embaixo muitas sacolas plásticas penduradas, pois é um dos lugares onde vem parar toda essa sujeira (informação verbal).

Então você percebeu uma piora na qualidade da água do arroio durante este tempo?

Sim, claramente. Há muito esgoto jogado pela população de Morungava que está mais acima deste ponto. Vejo muita gente jogando lixo dentro do arroio. E é certo que isto em algum lugar vai parar. Cada um tem um jeito de pensar, mas eu acho muito errado as pessoas jogarem lixo dentro do arroio (informação verbal).

Descreva, objetivamente, quais os usos que já fez ou ainda faz do arroio:

Lavei roupas por alguns anos, pescava lambaris com meu neto, tomava banho. Há um ponto do arroio muito bonito junto ao meu vizinho, que estamos pensando em limpar para tomar banho com os netos no próximo verão. Vamos ver, caso não dê alergias nas crianças, podemos seguir fazendo este uso (informação verbal).

Tens conhecimento da existência de uma jazida de carvão mineral nesta região?

Carvão existia, há muitos anos atrás diziam que existia os carvoeiros, que cortavam as tais de vassouras para fazer o carvão (informação verbal).

Este seria o carvão vegetal. Me refiro ao mineral, no subsolo, em jazida.

Não, nunca ouvi falar e ninguém me comentou que tem este carvão aqui (informação verbal).

Na década de 1980, foram realizadas perfurações aqui nesta região para retirar e analisar amostras de carvão. Você conhece ou tem noção dos impactos ambientais causados pela extração de carvão mineral?

Não tenho lembrado sobre isso, não tenho este conhecimento (informação verbal).

Seria a favor de um empreendimento de exploração de carvão aqui na região? Porquê?

Se não estragasse o meio ambiente sim. Se é um benefício para outras pessoas, não teria porque ser contra. Tem tantas coisas para serem exploradas afinal. Toda a mata nativa que havia aqui junto ao arroio quando comprei aqui está ali até hoje, nada foi tirado (informação verbal).

**Entrevista 2: Data: 07/11/2021**

Entrevistado: Moradora B

Idade: 42 anos

Formação: Ensino Médio completo.

Tempo de residência no local: 2 anos

Qual a importância do arroio em seu dia a dia, quais as utilidades para você?

Moro aqui, mas trabalho fora, então não tenho uma relação direta com o arroio, mas vejo que para alguns vizinhos meus, é bem importante, pois tomam banho ou os animais que possuem matam sua sede com a água do arroio (informação verbal).

Tens conhecimento da existência de uma jazida de carvão mineral aqui nesta região?

Não, nunca ouvi falar sobre isto (informação verbal).

Seria a favor de um empreendimento de exploração de carvão aqui na região? Porquê?

Sim, porque traria muitos empregos para o pessoal daqui (informação verbal).

Na década de 1980, foram realizadas perfurações aqui nesta região para retirar e analisar amostras de carvão. Você conhece ou tem noção dos impactos ambientais causados pela extração de carvão mineral?

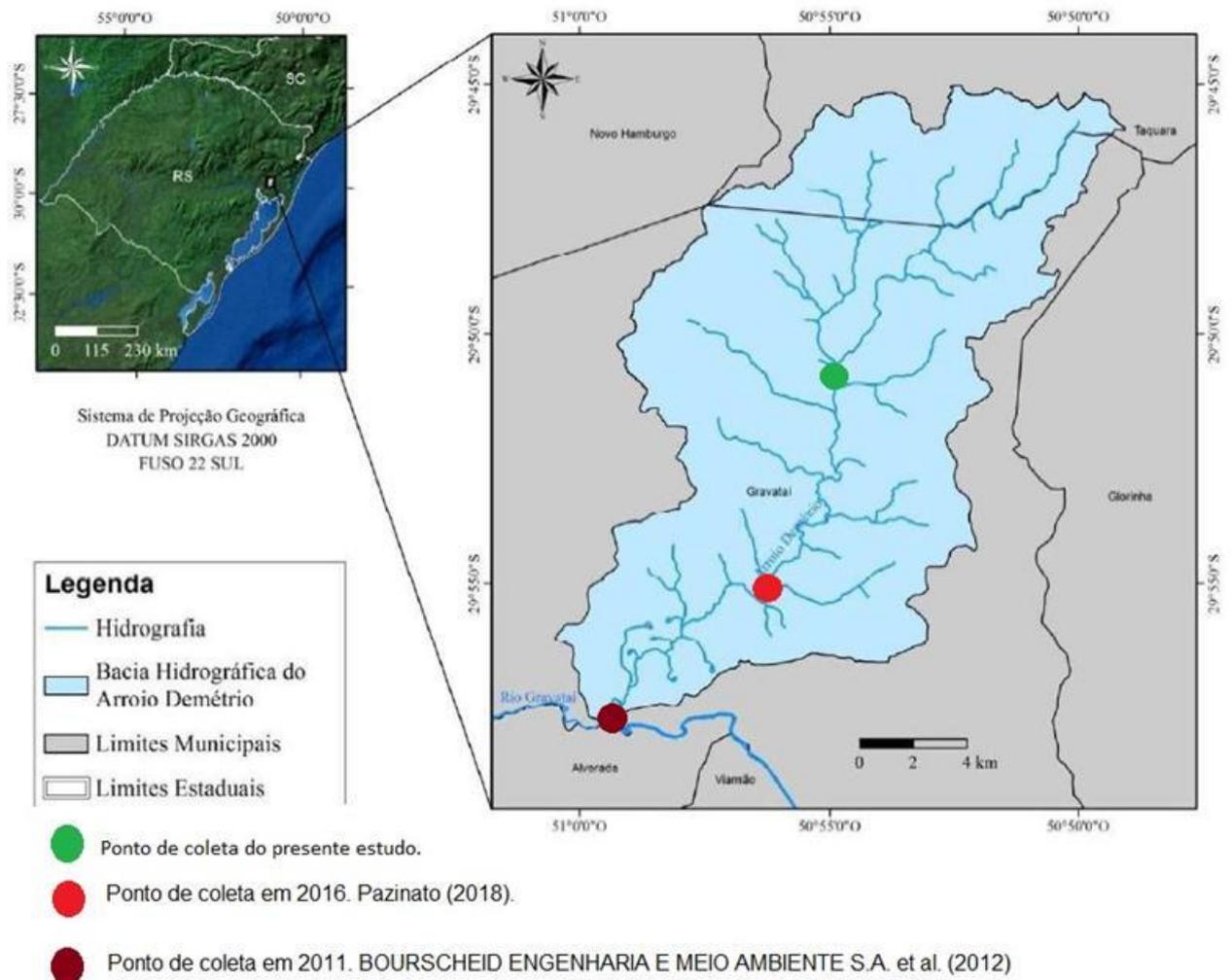
Desconheço os impactos ambientais causados por esta atividade (informação verbal).

## 6.4 DISCUSSÃO

Em estudos anteriores realizados para o Plano de Bacia do Rio Gravataí, nos meses de março e julho de 2011, foram realizadas duas coletas de amostras de água no arroio Demétrio, próximo à foz do rio Gravataí para o seu enquadramento de classe (Quadro 2).

Martins (2018), avaliou a qualidade ambiental do arroio Demétrio através de análises físico-químicas, microbiológicas e toxicológicas de amostras de água em 2018. Portanto, é relevante comparar os dados desse estudo com os de Bourscheid Engenharia e Meio Ambiente S. A. *et al.* (2012) e com os do presente estudo. (Figura 13).

Figura 13 - Localização dos pontos de coletas de amostras de água no presente estudo, em 2016 e em 2011.



Fonte: Adaptado de Quevedo (2017)

Quadro 5 - Comparação de dados de análises de água do arroio Demétrio em diferentes períodos.

Parâmetro	Dados de 2021 (Presente estudo)	Dados de 2018 Martins (2018)	Dados de 2012 BOURSCHEID ENGENHARIA E MEIO AMBIENTE S.A. <i>et al.</i> (2012)	Resolução CONAMA 357/2005
pH	6,98	6,70	Verão: 6,7 Inverno: 7,3	6,0 a 9,0
Alumínio Total	0,020 mg/L Al	0,089 mg/L Al	Verão: 0,096 mg/L Inverno: 0,094 mg/L	0,1 mg/L Al
Ferro Total	2,20 mg/L Fe	0,445 mg/L Fe	Verão: 2,80 mg/L Inverno: 0,0873 mg/L	0,3 mg/L Fe
Sulfato	2,40 mg/L SO <sub>4</sub>	3,445 mg/L SO <sub>4</sub>	Não analisado.	250mg/L SO <sub>4</sub>
Manganês	0,259 mg/ Mn/L	0,172 mg/ Mn/L	Verão: 0,413 mg/L Inverno: 0,0329 mg/L	0,1 mg/L Mn
Cor	166 mg Pt/L	178,61 mg Pt/L	Verão: 100 Pt/L Inverno: 230 Pt/L	Até 75 mg Pt/L
Turbidez	14,40 NTU	6,14 NTU	Verão: 15 UNT Inverno: 27 UNT	Até 40 UNT

Legenda:

- Classe 1
- Classe 3 - 4

Salienta-se que os três pontos mencionados estão em localizações distintas, sendo o ponto do presente estudo no curso médio do arroio Demétrio, os dados de 2016 coletados em um ponto também do curso médio, mas mais próximo da foz e os dados de 2011 coletados junto a foz do arroio Demétrio, em seu curso inferior, fato este que enriquece a comparação, já que irá esclarecer se a qualidade das águas do arroio Demétrio apresenta piora na qualidade à medida que seu curso se aproxima da foz.

Os resultados do quadro 5 indicam que nos três estudos, o arroio Demétrio apresentou o pH com valores que podem ser enquadrados como classe 1, ou seja, classe de uso da água para fins mais nobres tais como o abastecimento humano e recreação de contato primário.

O Alumínio Total apresentou nos três pontos de coletas e nos respectivos períodos valores que enquadram o arroio Demétrio como classe 1, ou seja, classe de uso da água para fins mais nobres tais como o abastecimento humano e recreação de contato primário. Observa-se que, quanto mais junto a jusante, os valores deste parâmetro vão aumentando, sendo que na foz os valores estão muito próximos de atingir o limite estabelecido pela Resolução CONAMA 357/2005 para classe 1.

O Ferro Total apresentou nos três pontos de coletas valores que enquadram o arroio Demétrio na classe 3, ou seja, classe de uso da água para fins menos nobres (menos exigentes em termos de qualidade, como ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional ou avançado e a pesca amadora). Somente no inverno de 2011 registrou-se valor de Ferro Total de classe 1, ponto este na foz do arroio Demétrio.

Estas altas concentrações de ferro podem ser atribuídas aos tipos de solos em que o arroio Demétrio se encontra, que conforme a Agência Embrapa de Informação Tecnológica - AGEITEC (2017) possui Argissolo de cor vermelho-amarelada devido à presença dos óxidos de ferro, hematita e goetita, podendo o óxido de ferro ser a explicação para os altos níveis de ferro dissolvidos encontrados na água.

O Sulfato apresentou valores que enquadram o arroio Demétrio em classe 1, observando-se que há um ligeiro aumento do valor em direção ao curso mais inferior do arroio. Não houve a análise deste parâmetro na coleta de 2011.

O Manganês apresentou valores nos três pontos que enquadram o arroio Demétrio em classe 3, ou seja, classe de uso da água para fins menos nobres (menos exigentes em termos de qualidade, como ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional ou avançado e a pesca amadora). Somente no inverno de 2011 registrou-se valor de Ferro Total de classe 1, ponto este que se localiza na foz do arroio Demétrio.

Os resultados encontrados apontaram a presença de metais pesados nas águas do arroio Demétrio acima dos padrões aceitáveis pela Resolução CONAMA nº 357/2005, sendo eles o ferro (Fe) e o manganês (Mn). A presença destes metais pode estar associada a várias condições, desde fatores naturais vinculados ao tipo de solo até poluentes agrícolas, domésticos e industriais. Independente da forma de contaminação destes metais na água, a forma dissolvida tende a apresentar maior risco aos organismos. Espericueta *et al.* (2003) fez um estudo de toxicidade com larvas de camarões (*Litopenaeus vannamei*) nos quais estes foram submetidos aos metais cobre, zinco, ferro e manganês e concluíram que os metais na fase dissolvida apresentam maior toxicidade aos organismos, pois são absorvidos com maior facilidade do que em frações de partículas. Ribeiro *et al.* (2012) fez um levantamento dos poluentes que interferiam na qualidade da água do rio São Francisco no estado de Minas Gerais e vinculou os elementos encontrados ao tipo de contaminante:

ferro, alumínio e manganês estavam relacionados a poluição doméstica; cobre, cádmio e níquel foram originários de poluição urbano-industrial; na área industrial foram encontrados associados ao lançamento de efluentes líquidos os metais alumínio, ferro, bário, chumbo e cromo com um pico de zinco em suspensão; e a presença de cobre e cádmio estava vinculada a uso agrícola.

O manganês, que apresentou um valor acima do limite estabelecido na resolução, pode estar vinculado às atividades das pequenas propriedades agrícolas e áreas de silvicultura. Conforme Menezes *et al.* (2009), este se encontra em resíduos de fertilizantes e fungicidas, como o Mancozeb e o Manzate 800 (nomes comerciais), o que pode justificar as grandes concentrações nas águas superficiais deste estudo.

Na pesquisa desenvolvida pela Fundação de Economia e Estatística - FEE (2012), entre os anos de 2006 e 2009, na qual considerou as classificações do potencial poluidor das indústrias (alto, médio ou baixo), o Índice de Dependência das Atividades Potencialmente Poluidoras da Indústria (Indapp-I) e o Índice de Potencial Poluidor da Indústria (Inpp-I), dos municípios do Rio Grande do Sul em relação aos riscos ambientais, obteve resultados que colocaram o município de Gravataí em 4º colocado no *ranking* de relações entre produção industrial e riscos ambientais. Tal informação destaca o possível risco de os corpos hídricos serem atingidos por contaminantes industriais, dentre eles, os metais pesados como o manganês, o qual foi encontrado neste estudo e que baixa a qualidade da água do arroio Demétrio.

No arroio Demétrio, apenas a Cor atingiu valores enquadrados na Classe 4. Os levantamentos apontaram que independente da época do ano a alteração da Cor reduz a qualidade do arroio Demétrio enquadrando-o como Classe 4, ou seja, a menos nobre classificação de um curso hídrico (menos exigente em termos de qualidade, como harmonia paisagística e transporte fluvial).

De acordo com a FUNASA (2013), a cor da água é proveniente da matéria orgânica, substâncias húmicas, taninos, resíduos industriais fortemente coloridos e também dos metais como ferro e manganês e o que corrobora a correlação do aumento do ferro e da cor.

A Turbidez apresentou valores que enquadram o arroio Demétrio em classe 1, observando-se que há um ligeiro aumento do valor em sua foz.

As entrevistas realizadas com os moradores ribeirinhos evidenciam a importância do arroio Demétrio em suas vidas, pois vários usos foram relatados, tais

como a dessedentação de animais e a balneabilidade. Também ficou claro que percebem a piora da qualidade da água com o passar do tempo, devido ao aumento da população e, conseqüentemente, do esgoto cloacal lançado sem nenhum tipo de tratamento além da atitude de certos moradores próximos ao arroio que jogam detritos dentro do seu leito. Outro ponto de destaque das entrevistas foi a informação referente ao avistamento, após as cheias, de tubos de medicamentos utilizados em animais da atividade pecuária, os quais contribuem para contaminar as águas com metais pesados, cujos valores estão acima do que a Resolução 357/2005 do CONAMA estabelece para a água ser classe 1 ou 2 (as de melhor qualidade e utilizadas para usos mais nobres).

Um dado preocupante revelado pelas entrevistas é que os habitantes próximos ao arroio afirmaram não saber da existência da jazida de carvão na região onde moram. É provável que, uma diminuta parcela da população da SBAD deva saber disso. Ainda mais grave é desconhecerem por completo os impactos ambientais decorrentes da exploração de carvão. Um paradoxo transparece quando demonstram preocupação com a qualidade ambiental, e ao mesmo tempo são favoráveis a implantação de um empreendimento carbonífero caso não afete o ambiente da região.

Já a posição da APNV-VG, através da figura de seu atual Presidente, é de total contrariedade à exploração de carvão na bacia hidrográfica do Gravataí. Argumento reforçado nos dias atuais com o advento das discussões a nível mundial das mudanças climáticas e o quanto a utilização de carvão como matriz energética é reconhecidamente danosa à qualidade ambiental. Reconhece a SBAD como muito importante no contexto da bacia do rio Gravataí por ser o arroio Demétrio, o seu maior afluente, sendo por vezes determinante para a manutenção de um nível mínimo de água no rio Gravataí em períodos de seca severa, garantindo que o abastecimento público de água não entre em colapso. Reforça ainda que as matrizes energéticas limpas, tais como a solar e a eólica devem ter sua utilização mais incentivada e ampliada em detrimento do carvão mineral.

Também destaca que a qualidade do carvão presente na jazida Morungava – Chico Lomã não é de alta qualidade, ou seja, não tem propriedade coqueificável, o que significa que não tem o poder calorífico ideal para uso na siderurgia, por exemplo. Seria um carvão para ser usado no máximo para termoelétricas, tipo de empreendimento que é altamente poluente.

## 7 CONCLUSÃO

Por meio da caracterização socioambiental da SBAD, foi possível demonstrar todo o potencial hídrico do arroio Demétrio e sua grande importância para o município de Gravataí, além de ser um dos principais afluentes do rio Gravataí. A interpretação dos aspectos demográficos e econômicos locais, evidenciou como as atividades econômicas e os usos da água estão intimamente ligados ao arroio.

A partir da compreensão da ainda inexplorada jazida de carvão mineral Morungava-Chico Lomã e o quanto ela está presente na SBAD, de suas camadas, bem como a profundidade em que se encontra o carvão, informação esta que indica que a exploração deste minério deva ocorrer em forma de minas subterrâneas.

Após a apuração desses dados, examinaram-se os diversos impactos ambientais decorrentes da extração de carvão, com ênfase nos recursos hídricos superficiais. Verificou-se o quanto os corpos hídricos superficiais da Bacia Carbonífera de Santa Catarina tiveram expressiva deterioração na qualidade de suas águas em diversos parâmetros de qualidade ligados à exploração de carvão, tendo como principal causa desse impacto a Drenagem Ácida de Mina, que foi detalhada e permitiu entender o processo de sua ocorrência e as implicações negativas à qualidade da água.

Sabendo-se que o carvão na SBAD se situa a mais de 300 m de profundidade, o indicativo de uma possível exploração deste recurso seria por via subterrânea e, desta forma, haveria grande quantidade de depósitos de rejeitos, os quais são responsáveis diretos pela geração da DAM, responsável, portanto, por uma piora na qualidade da água do arroio Demétrio.

Na sequência, apontou-se uma possível técnica de prevenção ou controle da DAM através de coberturas úmidas destes depósitos de rejeitos, levando em consideração que há uma considerável precipitação anual na região, fato este que inviabilizaria o uso de coberturas secas. Seria uma forma de se buscar atenuar os efeitos da DAM. Mesmo assim, salienta-se que é muito difícil conter seus impactos sobre os corpos hídricos que drenam áreas onde há exploração de carvão. E mesmo quando a atividade cessa, o passivo ambiental herdado pode ser tão danoso quanto o processo de exploração.

Tendo em vista que o arroio Demétrio é um dos principais afluentes do rio Gravataí, e considerando que este é um dos dez rios mais poluídos do Brasil

(PESSOA, 2017) fornecendo água para abastecimento urbano, torna-se imprescindível o monitoramento da água deste afluente desde sua nascente até a sua foz. Dentro desse propósito, os resultados da análise da amostra de água do arroio Demétrio coletada, em seu curso médio, no Distrito de Morungava, demonstraram a “fragilidade” de alguns parâmetros que foram comparados com os limites estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357/2005. Destaca-se a baixa classificação (Classe 4) quanto ao parâmetro Cor. Outras variáveis que apresentaram valores considerados “ruins” foram o manganês e o ferro, devido principalmente, ao tipo de solo existente na região e em menor grau da ação antrópica através de despejos de elementos tóxicos. Os resultados obtidos nestes dois parâmetros enquadram a água do arroio Demétrio na classe 3. O estudo de Martins (2018), também concluiu o mesmo a respeito deste aspecto.

Os resultados encontrados sugerem que a baixa qualidade ambiental do ponto amostrado do arroio Demétrio pode ser atribuída a causas naturais vinculadas ao tipo de solo da região (Argissolo), que possuem concentrações “elevadas” de ferro e alumínio, os quais interferem no parâmetro cor. Portanto, os solos são os causadores dessa “toxicidade natural” do arroio Demétrio. Estes elementos, mesmo presentes naturalmente no arroio, podem ter sua ação tóxica potencializada quando se unem a componentes antrópicos, podendo reduzir a qualidade ambiental do referido curso e aumentar o efeito citogenotóxico sobre os organismos que fazem uso das águas do curso fluvial.

Através de uma entrevista realizada com o presidente da Associação de Preservação da Natureza – Vale do Gravataí, ONG de muita representatividade em defesa do rio Gravataí, ficou nítida a posição contrária sobre a exploração de carvão mineral na bacia do Gravataí. Esta postura é muito reforçada atualmente pelo debate mundial em torno dessa matriz energética como fonte altamente poluidora, que contribui vigorosamente para o aquecimento global e pelo fato de existirem fontes de energia renováveis e limpas em detrimento do carvão.

A entrevista com o presidente também reforçou a importância que o arroio Demétrio tem para a cidade de Gravataí, pois é um manancial crucial para evitar o colapso no abastecimento público em tempos de estiagens severas. Outro aspecto de destaque foi a existência de vários mecanismos legais que protegem esta sub-bacia, mas que devem ser fortalecidos a partir da mobilização da entidade junto à

população para combater as intenções de instalação de empreendimentos de exploração de carvão, como forma de priorizar a preservação ambiental da SBAD.

Por fim, foram entrevistados dois moradores adjacentes ao arroio Demétrio, onde foi possível averiguar as suas percepções, as suas relações com o arroio. O relato de um deles é revelador sobre a contribuição antrópica que prejudica a qualidade da água, como por exemplo, a presença no leito de tubos de medicamentos para animais da pecuária.

Uma sugestão para aprimorar a educação ambiental seria a APN-VG realizar nas escolas palestras mostrando a todos a existência da jazida Morungava – Chico Lomã, enfatizando a área abrangida, a qualidade do carvão existente bem como destacar todos os impactos ambientais de um empreendimento carbonífero, com destaque para a DAM. Aspectos estes que nas entrevistas ficou claro que os moradores desconhecem por completo. Há aí um grande trabalho de educação ambiental por ser feito.

Por fim, a implantação de um empreendimento de exploração de carvão sugere a potencialização da piora da qualidade ambiental da SBAD, não só nas águas superficiais, mas nas subterrâneas também, tendo em vista a possibilidade de uma exploração de carvão a partir do método de minas subterrâneas, o que demandaria a realização de estudos mais aprofundados a respeito da qualidade dessas águas, os quais seriam de grande importância, devido a presença de águas do aquífero Guarani na região.

## REFERÊNCIAS

ABOARRAGE, A. M.; LOPES, R. da C. **Projeto a borda leste da Bacia do Paraná: integração geológica e avaliação econômica**. Porto Alegre: DNPM/CPRM, 1986. 18 v.

AGÊNCIA EMBRAPA DE INFORMAÇÃO TECNOLÓGICA. **Argissolos Vermelho-Amarelos**. Disponível em [http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/territorio\\_mata\\_sul\\_pernambucana/arvore/CONT000gt7eon7k02wx7ha087apz2axe8nfr.html](http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/territorio_mata_sul_pernambucana/arvore/CONT000gt7eon7k02wx7ha087apz2axe8nfr.html). Acesso em: 27 set. 2021.

ALBERING, H. J. *et al.* Human health risk assessment: A case study involving heavy metal soil contamination after the flooding of the river Meuse during the winter of 1993-1994. **Environmental Health Perspectives**, v. 107, n. 1, p. 37-43, 1999.

ALEXANDRE, N. Z. Diagnóstico ambiental da Região Carbonífera de Santa Catarina: Degradação dos recursos hídricos naturais. **Revista de Tecnologia e ambiente**, Criciúma, Universidade do Extremo Sul Catarinense, FUCRI/UNESC, v. 5, n. 2, p. 35-50, jul./dez. 1999.

ALEXANDRE, N. Z. Influência da mineração de carvão na qualidade das águas superficiais – Revisão Bibliográfica. **Revista Tecnologia e Ambiente**, v. 2, n. 1, p. 53-61, 1996.

ALEXANDRE, N. Z.; KREBS, A. S. J. **Qualidade das Águas Superficiais do Município de Criciúma, SC**. Porto Alegre: CPRM, 1995. 73 p. (Recursos Hídricos, v. 6).

ALEXANDRE, N. Z.; KREBS, A. S. J. Qualidade das Águas Superficiais do Município de Criciúma, SC. **Relatório Final**. Porto Alegre: PROGESC–CPRM, 1995. (Série Recursos Hídricos, v. 5).

BAIRD, R.; BRIDGEWATER, L. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 23. ed. Washington, D.C.: American Public Health Association, 2017.

BANKS, S. B.; BANKS, D. Abandoned mines drainage: impact assessment and mitigation of discharges from coal mines in the UK. **Engineering Geology**, v. 60, n. 1-4, p. 31-37, 2001.

BARBOSA, L. A. D.; ALCOVER NETO, A.; SOBRAL, L. G. S. Caracterização Tecnológica de rejeitos da indústria carbonífera visando seu aproveitamento sustentado. CT 2002-046-00. Contribuição Técnica ao XIX ENTMMME. *In: Encontro Nacional de Tratamento de Minérios e Metalurgia Extrativa*, 20., 2002, Recife, PE, 2002. 9p. Disponível em: <http://www.cetem.gov.br/publicacao/CTs/CT2002-046-00.pdf>. Acesso em: 18 set. 2021.

BELL, F. G.; BULLOCK, S. E. T. The problem of acid mine drainage, with an illustrative case history. **Environmental and Engineering Geoscience**, v. 2, n. 3, p. 369-392, 1996.

BENASSI, J. C. *et al.* Evaluation of remediation of coal mining wastewater by chitosan microspheres using biomarkers. **Archives of Environmental Contamination and Toxicology**, v. 51, n. 4, p. 633-640, 2006.

BORMA, L. S. *et al.* **Utilização de Cinza no Contexto da Reabilitação de Áreas de Mineração de Carvão**. Rio de Janeiro: CETEM, 2003. Disponível em: <https://www.cetem.gov.br/publicacao/CTs/CT2003-025-00.pdf>. Acesso em: 20 ago. 2021.

BORMA, L. S.; SOARES, P. S. M. Drenagem ácida e gestão de resíduos sólidos de mineração. *In*: TRINDADE, R. B. E.; BARBOSA FILHO, O. **Extração de Ouro: princípios, tecnologia e meio ambiente**. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2002. 344 p. cap. 10.

BORTOLUZZI, C. A. *et al.* Estudo geológico da bacia carbonífera de Gravataí-Morungava, RS. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 31., 1980, Camboriú. **Anais...** Camboriú, SBG, v. 1, p. 266-282, 1980.

BOSSI, G. E.; PICCOLI, A. E. M. Estudo de seqüências sedimentares, formação Rio Bonito, área de Gravataí-Morungava, RS. **Pesquisas em Geociências**, v. 13: p. 63-89, 1980.

BOSSI, G. E.; PICCOLI, A. E. M. Interpretações paleogeográficas na Bacia do Paraná, nordeste do Rio Grande do Sul. Grupo Itararé. *In*: II SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOLOGIA, 1979, Rio Claro, SP. **Anais...**, Rio Claro, 1979. p. 26-27.

BOURSCHEID ENGENHARIA E MEIO AMBIENTE S. A. Comitê de Gerenciamento da Bacia Hidrográfica do Gravataí. Secretaria de Estado do Meio Ambiente do Rio Grande do Sul. **Plano de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Gravataí: Relatório final**. Porto Alegre, 2012.

BRAGA, B. *et al.* **Introdução à Engenharia Ambiental**. 8. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005. 318p.

BRANCO, P. M. **Coisas que Você deve Saber sobre a Água**. Brasil, CPRM. Serviço Geológico do Brasil. Disponível em: <http://www.cprm.gov.br/publique/CPRM-Divulga/Canal-Escola/Coisas-que-Voce-Deve-Saber-sobre-a-Agua-1084.html>. Acesso em: 22 jun. 2021.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Agência Nacional de Águas. **Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil: Informe 2012 – Edição Especial**. Brasília-DF, 2012.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Agência Nacional de Águas. **Cuidando das Águas Soluções para Melhorar a Qualidade dos Recursos Hídricos**. Brasília-DF, 2013.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Água**. 2021. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/agua>. Acesso em: 05 jun. 2021.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA n. 357, de 15 de junho de 2005**. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Disponível em: [http://pnqa.ana.gov.br/Publicacao/RESOLUCAO\\_CONAMA\\_n\\_357.pdf](http://pnqa.ana.gov.br/Publicacao/RESOLUCAO_CONAMA_n_357.pdf). Acesso em: 22 jul. 2021.

BURIOL, G. A.; ESTEFANEL, V.; FERREIRA, M. Cartas mensais e anual das chuvas do Estado do Rio Grande do Sul. **R. Centros Ciências Rurais**, v. 7, n. 1, p. 55-82, 1977.

CAMPOS, M. L.; ALMEIDA, J. A.; SOUZA, L. S. Avaliação de três áreas de solo construído após mineração de carvão a céu aberto em Lauro Müller, Santa Catarina. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 27, p. 1-6, 2003.

CARDWELL, A.; HAWKER, D.; GREENWAY, M. Metal accumulation in aquatic macrophytes from southeast Queensland, Australia. **Chemosphere**, v. 48, n. 7, p. 653-663, 2002.

CENTRO DE TECNOLOGIA MINERAL. Projeto conceitual para recuperação ambiental da Bacia Carbonífera Sul Catarinense. **Relatório Técnico Elaborado para o Siecesc**, v. 1, rev. 1, 2001. RT 33/2000. Disponível em: [http://www.siecesc.com.br/meio\\_ambiente/volume\\_001.pdf](http://www.siecesc.com.br/meio_ambiente/volume_001.pdf). Acesso em: 23 ago. 2021.

CETESB São Paulo. **Relatório de Qualidade das Águas Interiores do Estado de São Paulo**. 1988. São Paulo: CETESB, 1989.

CHAPMAN, D.; KIMSTACK, V. **The Selection of Water Quality Variables**. Water quality assessment. London: Chapman & Hall, 1992. p. 51-117.

COMITÊ GRAVATAHY. **Comitê de Gerenciamento da Bacia Hidrográfica do Rio Gravataí**. Disponível em: <http://www.comitegravatahy.com.br/>. Acesso em: 12 fev. 2021.

CORRÊA DA SILVA, Z. C. Coal facies studies in Brazil: a short review. **International Journal of Coal Geology**, v. 58, n. 4, p. 119-124, 2004.

CPRM. Serviço Geológico do Brasil. **Projeto Torres – Gravataí (Carvão)**, 2019.

DE LUCA, S. J. *et al.* Simulação Matemática de Impactos ambientais Sanitários da Disposição Final de Efluentes Não Tratados em Corpo Receptor. **Estudo de Caso: Sub-Bacia do Arroio Demétrio, Bacia Hidrográfica do Rio Gravataí/RS**, Relatório Final à Fundação Nacional de Saúde (FUNASA), 2005. 55p.

FERNANDES, A. C. **A Cidade Esparramada**. Considerações sobre a produção do espaço urbano industrial em Gravataí - Região Metropolitana de Porto Alegre (RS). 2008. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Geografia. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre. 2008. 183p.

FERNANDES, A. C. Tempos, formas e conteúdos do espaço urbano-industrial em Gravataí (RS). **Boletim Gaúcho de Geografia**, v. 37. p. 103-108, 2011.

FERREIRA, C. F. *et al.* Avaliação da citotoxicidade das águas dos Ribeirões Varginha (Califórnia-PR) e Abatinga (Mandaguari-PR), em *Allium cepa* L. **SaBios: Revista Saúde e Biologia**, v. 7, n. 2, p. 46-54, 2012.

FERREIRA, J. A. F.; SANTOS, A. P. E.; SÜFFERT, T. **Projeto Carvão no Rio Grande do Sul, Relatório final**, Porto Alegre, Convênio DNPM/CPRM, v. I a IX, 1978.

FIEDLER, H.; SOLARI, J. Caracterização do impacto ambiental da mina de Candiota sobre as águas superficiais da região. *In: XIII Encontro NACIONAL DE TRATAMENTO DE MINÉRIOS E HIDROMETALURGIA*, 13, São Paulo, 1988. p 483-498.

GEREMIAS, R. *et al.* Use of Biomarkers of Oxidative Stress and Genotoxicity in *Allium cepa* for Evaluation of Aquatic Pollution. *In: XXXV REUNIÃO ANUAL DA SBBQ*, 2006, Águas de Lindóia. **Caderno de Resumos da XXXV Reunião Anual da SBBQ**, São Paulo, 2006.

GERHARDT, A. *et al.* Macroinvertebrate response to acid mine drainage: community metrics and on-line behavioural toxicity bioassay. **Environmental Pollution**, v. 130, n. 2, p. 263–274, 2004.

IBGE. EMBRAPA. **Mapa de Solos do Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE, 2001. Escala 1:5.000.000.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Candiota (RS). *In: IBGE Cidades*, 2010. Disponível em:

<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/xtras/perfil.php?codmun=430435&r=2>. Acesso em: 8 nov. 2021.

JOHNSON, D. B.; HALLBERG, K. B. Acid mine drainage remediation options: a review. **Science of the Total Environment**, v. 338, n. 1-2, p. 3-14, 2005.

LIN, C. *et al.* Water chemistry and ecotoxicity of an acid mine drainage-affected stream in subtropical China during a major flood event. **Journal of Hazardous Materials**, v. 142, n. 1-2, p. 199-207, 2007.

MACÊDO, J. A. B. de. **Águas & Águas**. 2. ed. atual. e rev. São Paulo: Varela, 2004. 977p.

MACÊDO, J. A. B. de. **Introdução à Química Ambiental: química & meio ambiente & sociedade**. Juiz de Fora, MG: Jorge Macêdo, 2002. 487 p.

MACHADO, J. L. F.; PERUFFO, N.; LIMA, J. E. S. Programa Nacional de prospecção para carvão, linhito e turfa: Projeto estudo da vulnerabilidade à contaminação dos mananciais subterrâneos decorrente da extração do carvão mineral. Ministério das Minas e Energia – Departamento Nacional da Produção Mineral – Convênio DNPM/CPRM. 1984. **Relatório Final da Fase I**. Texto. v. 1. Cap. 8. p. 67-77.

MARTINS, L. P. **Avaliação da Qualidade Ambiental do Arroio Demétrio através de Critérios Físico-químicos, Microbiológicos e Toxicológicos**. [manuscrito]. 2018.

METROPLAN. Fundação de Planejamento Metropolitano e Regional. **Estudo de Impacto Ambiental**, EIA, v. 2. Complexo Automotivo de Gravataí – RS, 1997.

MILANI, E. J. *et al.* Bacia do Paraná. **Boletim de Geociências da Petrobras**, v. 15, p. 265-287, 2007.

MILANI, E. J. Geodinâmica fanerozóica do Gondwana Sul-ocidental e a evolução geológica da Bacia do Paraná. *In*: HOLZ, M.; DE ROS, L. F. (ed.). **Geologia do Rio Grande do Sul**, Porto Alegre, CIGO/UFRGS, p. 275-302, 2000.

MORIWAKI, H. **Informativo para Técnicos de Controle Ambiental nas Atividades de Mineração**. Agência de Cooperação internacional do Japão (JICA), Brasília, 2005.

NAIME, R.; FAGUNDES, R. S. Controle da qualidade da água do Arroio Portão, RS. Instituto de Geociências, UFRGS. **Pesquisas em Geociências**, Porto Alegre, v. 1, n. 32, p. 27-35, 2005.

NIETO, J. M. *et al.* Acid mine drainage pollution in the Tinto and Odiel rivers (Iberian Pyrite Belt, SW Spain) and bioavailability of the transported metals to the Huelva Estuary. **Environment International**, v. 33, n. 4, p. 445-455, 2007.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **A ONU e a Água**. 2010. Disponível em: <https://nacoesunidas.org/acao/agua/>. Acesso em: 12 jun. 2021.

ORTIZ, L.; TEIXEIRA, E. C. Influência das atividades de processamento do carvão sobre a qualidade dos recursos hídricos superficiais. *In*: TEIXEIRA, E. C.; PIRES, M. J. R. **Meio ambiente e Carvão: impactos da exploração e utilização**. Porto Alegre: FINEP/CAPES/PADCT/GTM/PUCRS/FEPAM, 2002. 498 p.

PESSOA, M. L. **O Brasil e o Rio Grande do Sul diante do Desafio Global da Gestão dos Recursos Hídricos**. Panorama Internacional: FEE. Rio Grande do Sul. v. 3, n. 1. 2017.

PINTO, E. J. A. *et al.* **“Qualidade da Água”**. Apostila do Curso de Especialização em Engenharia em Saúde Pública e Ambiental da Faculdade de Saúde Pública – USP, 1996.

QUEVEDO, R. P. Espacialização da suscetibilidade à inundação na Bacia Hidrográfica do Arroio Demétrio, Gravataí – RS. Sociedade Brasileira de Cartografia, Geodésia, Fotogrametria e Sensoriamento remoto. **Revista Brasileira de Cartografia**, Rio de Janeiro, n. 69/7, p. 1371-1386, jul./ago. 2017.

RIO GRANDE DO SUL. **Plano de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Gravataí**. Relatório Final. Secretaria Estadual do Meio Ambiente. 2012.

RUBIO, J.; OLIVEIRA, C.; SILVA, R. Aspectos ambientais nos setores mineiros e metalúrgico. *In*: LUZ, A. B.; SAMPAIO, J. A.; ALMEIDA, S. L. M. **Tratamento de Minérios**. 5. ed. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2010. 932 p.

SCHNEIDER, R. L. *et al.* Revisão Estratigráfica da Bacia do Paraná. *In:* CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 28, 1974, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre, SBG, v. 1, p. 41-66, 1974.

SEMA. Secretaria do Meio Ambiente e Infraestrutura. **Bacias Hidrográficas do Rio Grande do Sul.** s.d. Disponível em: Bacias Hidrográficas do Rio Grande do Sul - Sema - Secretaria do Meio Ambiente e Infraestrutura.

SHEORAN, A. S.; SHEORAN, V. Heavy metal removal mechanism of acid mine drainage in wetlands: A critical review. **Minerals Engineering**, v. 19, n. 2, p. 105-116, 2006.

SIMÃO, G.; KALKREUTH, W. O carvão da Jazida de Morungava (RS, Brasil): Caracterização petrográfica, química e tecnológica das camadas de carvão do poço de exploração CBM 001-MO-RS. **Pesquisas em Geociências**, v. 44, n. 2, p. 323-343, maio/ago. 2017.

SPERLING, M. V. **Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias.** 3. ed. Belo Horizonte: DESA-UFMG, 2005. 452p.

STRECK, C. D. A. *et al.* **Avaliação da Qualidade das Águas Superficiais da Bacia do Arroio Candiota – RS Utilizando Sistemas de Informação Geográfica**, 14 maio 2001. Disponível em: <http://www.ecologia.ufrgs.br/labgeo/arquivos/artigos/candiota.pdf>. Acesso em: 07 set. 2021.

TEIXEIRA, E. C.; PIRES, M. J. R. **Meio ambiente e carvão.** Porto Alegre: FINEP/CAPES/PADCT/GTM/PUCRS/UFSM/FEPAM, 2002.

TEIXEIRA, E. C.; SANCHEZ, J. C. D. **Avaliação da Poluição Hídrica e Atmosférica em Áreas de Mineração e Utilização de Carvão do Baixo Jacuí, RS.** Porto Alegre: Relatório final, FEPAM. Conv. n. 65.93.0322.00, 1998. 180p.

TRINDADE, R. B. E.; SOARES, P. S. M. **Tecnologia de Sistemas Passivos para o Tratamento de Drenagem Ácida de Minas.** Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2004. 52 p.

UBALDO, M. O.; SOUZA, V. P. Controle e mitigação dos impactos ambientais da drenagem ácida em operações de mineração. *In:* SOARES, P. S. M.; SANTOS, M. D. C.; POSSA, M. V. **Carvão Brasileiro: tecnologia e meio ambiente.** Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2008. 300p.

VARGAS, C. G. **A Disposição de Resíduos Sólidos em Área Gegradada por Rejeitos da Mineração de Carvão:** Análise do aterro controlado de Forquilha - SC. Florianópolis: UFSC, 1998. 111 p.

ZALÁN, P. V. *et al.* Bacia do Paraná. 1990. *In:* GABAGLIA, G. P. R.; MILANI, E. J. (ed.). **Origem e Evolução das Bacias Sedimentares.** Petrobrás. Rio de Janeiro: Gávea, 1990. p. 135-168.

ZANINI, L. F. P.; PIMENTEL, G. B. **Mapa das Jazidas de Carvão Mineral.** Porto Alegre: CPRM - Serviço Geológico do Brasil, 2006. 1v., escala 1:250.000.

## ANEXO A - LAUDO DO LABORATÓRIO COM OS RESULTADOS DAS ANÁLISES DE ÁGUA



**LAUDO DE ANÁLISES**  
**Nº: 4001/21 - A**  
 Processo Comercial OR Nº 1959/21



Legenda		
Virt.Aus.: Virtualmente Ausente	NA: Não Aplicável	IM: Incerteza de medição */ ** / *** / **** Análises terceirizadas
<p><b>SMWW:</b> Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.</p> <p><b>EPA:</b> Environmental Protection Agency - United States of America.</p> <p><b>ROLA S:</b> Rede Oficial de Laboratórios de Análise de Solo e de Tecido Vegetal dos Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina.</p> <p><b>F1 (Flag 1):</b> Análises marcadas com "X" na coluna F1 indicam análise realizada fora do prazo do parâmetro, podendo apresentar desvios que comprometam os resultados, devendo ser avaliadas com estas ressalvas.</p> <p><b>F2 (Flag 2):</b> Análises marcadas com "X" na coluna F2 indicam análise realizada com a amostra sendo recebida de forma inapropriada, tanto em relação a preservação, incluindo temperatura de transporte, como ao seu conteúdo, tendo sido autorizada pelo interessado. Portanto, os resultados analíticos podem possuir desvios que comprometam os mesmos, devendo ser avaliados com esta ressalva.</p>		

### Observações

Os resultados contidos neste Laudo tem significação restrita e aplicam-se somente ao material analisado, só podendo ser reproduzido na íntegra. O IQA Laboratórios garante a realização dos ensaios dentro do prazo de validade de cada parâmetro sempre que a amostragem tenha sido de sua responsabilidade. Quando a coleta é de responsabilidade do interessado, não conformidades percebidas no recebimento das amostras são informadas, para definição sobre a continuidade do processo analítico. Os resultados aplicam-se à amostra conforme recebida, quando o laboratório não é o responsável pela amostragem. A Incerteza de Medição não foi utilizada como critério de decisão. A amostragem, a preservação das amostras e a metodologia analítica seguem diretrizes das versões atuais do Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater e NBRs.

São Leopoldo, 05 de outubro de 2021.

Liberado eletronicamente por:

**Jacqueline Passuello de Freitas**  
**CRQ V Nº 05200681**  
**Responsável Técnica**

Notas: (1) O plano de amostragem encontra-se no FM 178/33 - Ficha de Coleta sendo vinculado ao orçamento e amostra acima descritos e segue a IT 160/08 - Amostragem. (2) Formulário: FM 100/09 - Laudo de Análises. (3) Análises realizadas na sede do laboratório. (4) Análises de campo realizadas no local da amostragem. (5) Análises com asteriscos são realizadas em laboratório externo. (6) A Incerteza de Medição não foi utilizada como critério de decisão.

Código de Segurança: B27D972BED086BFAE3E1ED9CA53C9FB0



Rua João Neves da Fontoura, 117  
 93010-050 São Leopoldo RS  
 +55 51 35892597 +55 51 3589 2598  
 www.iqalaboratorios.com.br

FEPAM nº 25/2019-DL

Pág. 02 de 02

**LAUDO DE ANÁLISES****Nº: 4001/21 - B**

Processo Comercial OR Nº 1959/21

São Leopoldo, 05 de outubro de 2021.

Liberado eletronicamente por:

**Jacqueline Passuello de Freitas**  
**CRQ V Nº 05200681**  
**Responsável Técnica**

Notas: (1) O plano de amostragem encontra-se no FM 178/33 - Ficha de Coleta sendo vinculado ao orçamento e amostra acima descritos e segue a IT 160/08 - Amostragem. (2) Formulário: FM 100/09 - Laudo de Análises. (3) Análises realizadas na sede do laboratório. (4) Análises de campo realizadas no local da amostragem. (5) Análises com asteriscos são realizadas em laboratório externo. (6) A Incerteza de Medição não foi utilizada como critério de decisão.

Código de Segurança: B270972BED066BFAE3E1ED9CA53C9FB0



Rua João Neves da Fontoura, 117  
93010-050 São Leopoldo RS  
+55 51 35892597 +55 51 3589 2598  
[www.iqalaboratorios.com.br](http://www.iqalaboratorios.com.br)

FEPAM nº 25/2019-DL

Pág. 02 de 02



## RESUMO DOS RESULTADOS DA AMOSTRA Nº 4001/21

Processo Comercial OR Nº 1959/21

### DADOS DO SOLICITANTE

NOME	LUIZ FERNANDO ALVES	CNPJ	934.794.840-34
ENDEREÇO	Rua Leopoldo Freire Pinto, 111 bloco 7 ap 204 - Rio dos Sinos - São Leopoldo/RS - CEP 93110-120		

### DADOS DA AMOSTRA

NOME	LUIZ FERNANDO ALVES	CNPJ	934.794.840-34
ENDEREÇO	Rua Leopoldo Freire Pinto, 111 bloco 7 ap 204 - Rio dos Sinos - São Leopoldo/RS - CEP 93110-120		
IDENTIFICAÇÃO:	ÁGUA ARROIO DEMÉTRIO - MORUNGAVA - GRAVATAI RS LAT 29°51'49"S LONG 50°54'42"N		
ENTRADA NO LABORATÓRIO:	13/09/2021	PERÍODO DE ANÁLISE:	13/09/2021 a 05/10/2021

### DADOS DA AMOSTRAGEM

Responsável:	O Interessado	Data:	12/09/2021
--------------	---------------	-------	------------

### RESULTADOS ANALÍTICOS

Parâmetro	Resultado	Unidade	Metodologia	LQ/ Faixa	Data de Análise	F1	F2
Acidez Total	ND	mg CaCO <sub>3</sub> /L	IT129	2,55	24/09/2021 12:54	-	-
Alcalinidade Total	17,3	mg CaCO <sub>3</sub> /L	SMWW 2320 B	2,81	24/09/2021 13:00	-	-
Alumínio Total	0,020	mg Al/L	SMWW 3500 Al B.	0,007	14/09/2021 11:47	-	-
Condutividade	61,8	µS/cm	SMWW 2510 B - IT106	0,00 a 2000,00	14/09/2021 13:33	-	-
Cor	166	mg Pt/L	SMWW 2120 C	2,9	15/09/2021 13:36	-	-
Ferro Total	2,20	mg Fe/L	SMWW 3500-Fe B.	0,016	16/09/2021 16:52	-	-
Oxigênio Dissolvido	10,7	mg O <sub>2</sub> /L	SMWW 4500 O G.	0,01	15/09/2021 16:37	-	-
pH	6,98	UpH	SMWW 4500-H+ B.	0,01	15/09/2021 13:40	-	x
Sulfato	2,40	mg SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> /L	SMWW 4500-SO4 E.	0,58	14/09/2021 15:21	-	-
Turbidez	14,40	NTU	SMWW 2130 B	0,04	14/09/2021 13:30	-	-
Manganês**	0,259	mg Mn/L	SMWW 3125 B.	0,001	05/10/2021 12:52	-	-

### Legenda

LD: Limite de Detecção do Método	ND: Não detectado	VMP: Valor máximo permitido pela legislação
LQ: Limite de Quantificação	NR: Não realizado	VMP-: Parâmetro não avaliado pela legislação

Notas: (1) O plano de amostragem encontra-se no FM 178/33 - Ficha de Coleta sendo vinculado ao orçamento e amostra acima descritos e segue a IT 160/08 - Amostragem. (2) Formulário: FM 100/09 - Laudo de Análises. (3) Análises realizadas na sede do laboratório. (4) Análises de campo realizadas no local da amostragem. (5) Análises com asteriscos são realizadas em laboratório externo. (6) A Incerteza de Medição não foi utilizada como critério de decisão.

Código de Segurança: B270972BE0066BFAE3E1ED9CA53C9FB0



Rua João Neves da Fontoura, 117  
93010-050 São Leopoldo RS  
+55 51 3589-2597 +55 51 3589 2598  
www.iqalaboratorios.com.br

FEPAM nº 25/2019-DL

Pág. 01 de 02



## RESUMO DOS RESULTADOS DA AMOSTRA Nº 4001/21

Processo Comercial OR Nº 1959/21

Legenda		
Virt.Aus.: Virtualmente Ausente	NA: Não Aplicável	IM: Incerteza de medição */ ** / *** / **** Análises terceirizadas
<p><b>SMWW:</b> Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.</p> <p><b>EPA:</b> Environmental Protection Agency - United States of America.</p> <p><b>ROLAS:</b> Rede Oficial de Laboratórios de Análise de Solo e de Tecido Vegetal dos Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina.</p> <p><b>F1 (Flag 1):</b> Análises marcadas com "X" na coluna F1 indicam análise realizada fora do prazo do parâmetro, podendo apresentar desvios que comprometam os resultados, devendo ser avaliadas com estas ressalvas.</p> <p><b>F2 (Flag 2):</b> Análises marcadas com "X" na coluna F2 indicam análise realizada com a amostra sendo recebida de forma inapropriada, tanto em relação a preservação, incluindo temperatura de transporte, como ao seu conteúdo, tendo sido autorizada pelo Interessado. Portanto, os resultados analíticos podem possuir desvios que comprometam os mesmos, devendo ser avaliados com esta ressalva.</p>		

### Observações

Os resultados contidos neste Laudo tem significação restrita e aplicam-se somente ao material analisado, só podendo ser reproduzido na íntegra. O IQA Laboratórios garante a realização dos ensaios dentro do prazo de validade de cada parâmetro sempre que a amostragem tenha sido de sua responsabilidade. Quando a coleta é de responsabilidade do interessado, não conformidades percebidas no recebimento das amostras são informadas, para definição sobre a continuidade do processo analítico. Os resultados aplicam-se à amostra conforme recebida, quando o laboratório não é o responsável pela amostragem. A Incerteza de Medição não foi utilizada como critério de decisão. A amostragem, a preservação das amostras e a metodologia analítica seguem diretrizes das versões atuais do Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater e NBRs.

\*\* Análise realizada no laboratório Bioagri Ambiental Ltda, Certificado FEPAM Nº 0080/2017. Certificado INMETRO CRL 0172

São Leopoldo, 05 de outubro de 2021.

Liberado eletronicamente por:

**Jacqueline Passuello de Freitas**  
CRQ V Nº 05200681  
Responsável Técnica

Notas: (1) O plano de amostragem encontra-se no FM 178/33 - Ficha de Coleta sendo vinculado ao orçamento e amostra acima descritos e segue a IT 160/08 - Amostragem. (2) Formulário: FM 100/09 - Laudo de Análises. (3) Análises realizadas na sede do laboratório. (4) Análises de campo realizadas no local da amostragem. (5) Análises com asteriscos são realizadas em laboratório externo. (6) A Incerteza de Medição não foi utilizada como critério de decisão.

Código de Segurança: B270972BE0086BFAE3E1ED9CA53C9FB0



Rua João Neves da Fontoura, 117  
93010-050 São Leopoldo RS  
+55 51 35892597 +55 51 3589 2598  
www.iqalaboratorios.com.br

FEPAM nº 25/2019-DL

Pág. 02 de 02