

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

Matheus Colaço Machado

**QUALIDADE DAS FONTES DE ÁGUA UTILIZADAS NAS CALDAS DE
PULVERIZAÇÕES AGRÍCOLAS DO RIO GRANDE DO SUL**

Santa Maria, RS

2022

Matheus Colaço Machado

Qualidade das fontes de água utilizadas nas caldas de pulverizações agrícolas do Rio Grande do Sul

Dissertação apresentada ao programa de pós-graduação em Engenharia Agrícola, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do título de **Mestre em Engenharia Agrícola.**

Orientador: Prof. Dr. Adriano Arrué Melo

Santa Maria, RS

2022

Machado, Matheus
Qualidade das fontes de água utilizadas nas caldas de
pulverizações agrícolas do Rio Grande do Sul / Matheus
Machado.- 2022.
46 p.; 30 cm

Orientador: Adriano Arruê Melo
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa
Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós
Graduação em Engenharia Agrícola, RS, 2022

1. DEFENSIVOS AGRÍCOLAS 2. DUREZA 3. PH 4.
CONDUTIVIDADE ELÉTRICA I. Arruê Melo, Adriano II. Título.

Sistema de geração automática de ficha catalográfica da UFSM. Dados fornecidos pelo autor(a). Sob supervisão da Direção da Divisão de Processos Técnicos da Biblioteca Central. Bibliotecária responsável Paula Schoenfeldt Fatta CRB 10/1728.

Declaro, MATHEUS MACHADO, para os devidos fins e sob as penas da lei, que a pesquisa constante neste trabalho de conclusão de curso (Dissertação) foi por mim elaborada e que as informações necessárias objeto de consulta em literatura e outras fontes estão devidamente referenciadas. Declaro, ainda, que este trabalho ou parte dele não foi apresentado anteriormente para obtenção de qualquer outro grau acadêmico, estando ciente de que a inveracidade da presente declaração poderá resultar na anulação da titulação pela Universidade, entre outras consequências legais.

Matheus Colaço Machado

Qualidade das fontes de água utilizadas nas caldas de pulverizações agrícolas do Rio Grande do Sul

Dissertação apresentada ao programa de pós-graduação em Engenharia Agrícola, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do título de **Mestre em Engenharia Agrícola**.

Aprovado em 29 de agosto de 2022

Adriano Arrué Melo, Dr. (UFSM)

(Presidente/Orientador)

Alexandre Swarowsky, PhD. (UFSM)

Elder Dal Prá, Dr. (EMATER/RS – Ascar)

Santa Maria, RS

2022

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus por ter me dado o dom da vida e por ter colocado no meu caminho pessoas especiais que colaboraram para que chegasse até aqui.

Agradeço a minha noiva Nathalia Bonetti Buzatti que não poupou esforços para me ajudar em todo desenvolvimento do trabalho, por não ter me deixado desistir e por ter me incentivado todos os dias.

Agradeço a minha família por todo suporte desde o meu primeiro dia na graduação até o ingresso no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola.

Agradeço ao meu orientador professor Dr. Adriano Arrué Melo pela oportunidade que me foi concebida em poder qualificar-me como profissional, por todo suporte, atenção, ensinamento e amizade ao longo dos últimos anos.

Agradeço ao grupo de pesquisa do Laboratório de Engenharia do Meio Ambiente, em nome do professor Dr. Alexandre Swarowsky, por toda colaboração nas análises das amostras de água.

Agradeço a Emater pela parceria firmada para que todas as coletas pudessem ser realizadas, assim como meus colegas e amigos que também prestaram suporte nas coletas das amostras de água.

Agradeço a Universidade Federal de Santa Maria e Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola que foram essenciais para meu processo de formação profissional.

A banca examinadora, professor Dr. Alexandre Swarowsky e Dr. Elder Dal Prá.

E aqueles que contribuíram direta ou indiretamente no desenvolvimento deste trabalho de pesquisa, meu sincero muito obrigado.

RESUMO

Qualidade das fontes de água utilizadas nas caldas de pulverizações agrícolas do Rio Grande do Sul

AUTOR: Matheus Colaço Machado

ORIENTADOR: Adriano Arrué Melo

A água é o principal recurso natural do mundo. A água é uma substância comum com propriedades únicas entre os compostos químicos, podendo destacar sua alta temperatura de fusão e ebulição. Os recursos hídricos são utilizados para diferentes finalidades, seja no abastecimento doméstico, agrícola e industrial e na geração de energia. A pulverização de produtos fitossanitários é extremamente dependente de inúmeros fatores para que o produtor consiga atingir o alvo desejado, sendo eles ambientais, técnicos e logísticos. Dentre esses fatores, a qualidade da água pode ser um dos principais condicionantes do sucesso das pulverizações agrícolas. A presença de substâncias dissolvidas na água (gases, líquidos ou sólidos), variam de acordo com a fonte de água e o local de coleta mesmo possuindo estrutura simples, quando podem ou não afetar a ação de um produto fitossanitário. Diante disso, objetivo desse trabalho foi verificar as diferentes fontes de água utilizadas na pulverização de defensivos agrícolas e avaliar os principais parâmetros químicos, como pH, dureza e condutividade elétrica das águas destinadas a essa finalidade. Foram coletadas e analisadas 150 amostras de água de diferentes mesorregiões do estado do Rio Grande do Sul. De forma geral, a água analisada possui características adequadas para o uso na aplicação de defensivos agrícolas.

Palavras-chave: Defensivos agrícolas. Dureza. pH. Condutividade elétrica.

ABSTRACT

Quality of water sources used in agricultural spraying solutions in Rio Grande do Sul

AUTHOR: Matheus Colaço Machado

ADVISOR: Adriano Arru e Melo

Water is the world's main natural resource. Water is a common substance with unique properties among chemical compounds, which can highlight its high melting and boiling temperature. Water resources are used for different purposes, whether in domestic, agricultural and industrial supply and in energy generation. The spraying of phytosanitary products is extremely dependent on numerous factors so that the producer can reach the desired target, which are environmental, technical and technological. Among some factors, water quality can be one of the main determinants of the success of the application. The presence of substances dissolved in water (gases, liquids or solids) varies according to the source of water and place of collection, even having a simple structure, where they may or may not affect the action of a phytosanitary product. Therefore, the objective of this work was to verify the different sources of water used in the spraying of pesticides and to evaluate the main chemical parameters, such as pH, hardness and electrical conductivity of the water intended for this purpose. 150 water samples from different mesoregions of the state of Rio Grande do Sul were collected and analyzed. In general, the analyzed water has characteristics suitable to those desired for the use of pesticides. It is extremely important to consider the conditions of the water used for the efficient and rational use of phytosanitary products.

Keywords: Application. Water. Application technology.

LISTA DE FIGURAS

ARTIGO

- Figura 1 – Pontos de coleta, origem da água e números de amostras.....29
- Figura 2 – Distribuição de classes de pH de água de acordo com origem da água.....29

LISTA DE TABELAS

ARTIGO

Tabela 1 – Médias e desvio padrão de pH, dureza e condutividade elétrica da água nas diferentes mesorregiões do estado do Rio Grande do Sul.....	30
Tabela 2 – Médias e desvio padrão de pH, dureza e condutividade elétrica de acordo com a origem das águas coletadas no Rio Grande do Sul.....	30

SUMÁRIO

1	Introdução	10
2	Revisão de literatura	12
	2.1 Qualidade das pulverizações agrícolas.....	12
	2.2 Qualidade da água.....	12
	2.3 Potencial hidrogeniônico (pH).....	13
	2.4 Dureza da água.....	14
	2.5 Condutividade elétrica.....	15
3	Artigo	17
4	Discussão geral	31
5	Considerações finais	32
6	Referências	33
	APÊNDICE	36
	ANEXO	43

1. INTRODUÇÃO

A pulverização de defensivos agrícolas é uma das práticas mais importantes na agricultura. Durante esse processo diversos fatores precisam ser levados em consideração, entre eles a qualidade da água utilizada nessa operação. A água é o principal veículo utilizado para realizar o transporte de ativos em direção ao alvo, sendo esse o solvente mais importante para o sucesso das pulverizações agrícolas em campo. As principais fontes de água para as pulverizações costumam ser açudes, riachos, poços artesianos ou cisternas.

A água é uma substância comum, entretanto, tem propriedades únicas entre os compostos químicos, podendo destacar sua alta temperatura de fusão e ebulição. A existência de vida no planeta Terra está intimamente ligada ao fato de que sua temperatura, na maior parte, está dentro da faixa líquida da água (STIGLIANE; SPIRO, 2009). Os recursos hídricos são utilizados para diferentes finalidades, seja no abastecimento doméstico, agrícola, industrial e na geração de energia (SPERLING, 2005).

A qualidade da água pode ser avaliada sob dois aspectos: a qualidade química da água (pH, dureza e íons dissolvidos) e a qualidade física (presença de argila e de matéria orgânica) (THEISEN; RUEDELL, 2004). Em relação ao pH, a escala científica mede a concentração de íons livres de hidrogênio e hidroxila, formando meios ácidos e básicos, respectivamente (NELSON; COX, 2018). Já em relação a dureza, a escala de medida é em níveis de concentração de carbonato de cálcio (CaCO_2) expressos em partes por milhão (ppm), podendo ser classificada como água muito branda, branda, semi dura, dura e muito dura (QUEIROZ et al., 2008). Já a condutividade elétrica é definida pela capacidade da água de conduzir uma corrente elétrica. Essa característica se dá pela presença de íons dissolvidos na água que, por sua vez, é medido de forma diretamente proporcional a condutividade elétrica (VILLAS; BANDERALI, 2013).

Entretanto, a água não é similar em todos os ambientes, mesmo possuindo uma estrutura simples. Algumas características da água podem influenciar diretamente nas pulverizações, podendo comprometer significativamente a eficiência agrônômica da pulverização e eficácia do controle. Quando o pH não está adequado, pode não preservar a integridade dos defensivos utilizados e reduzir a atividade de vários ingredientes ativos (MACIEL et al., 2020). A dureza possui grande interferência sobre a qualidade da calda, os efeitos negativos dessa característica interferem na eficiência dos defensivos agrícolas, como por exemplo o glifosato (KISSMANN, 1998). Além desses fatores, ocorre redução no rendimento operacional devido as paradas

frequentes para efetuar limpeza do sistema filtrante dos pulverizadores, obstrução de bicos e filtros, gerando uma redução da vida útil desses e de outros componentes dos equipamentos de pulverização (RAMOS et al., 2010).

Segundo dados de uma pesquisa realizada na Argentina, pela Red de manejo de plagas (REM), coordenada pela Aapresid, em 2018, aproximadamente 30% dos produtores não sabiam a qualidade da água que estava sendo utilizada nas pulverizações agrícolas. Devido a isso, o conhecimento de características físico-químicas da água é imprescindível tornando-se importante realizar um estudo das fontes de água de diferentes mesorregiões do estado do Rio Grande do Sul e conseqüentemente, um diagnóstico da qualidade da água destinada à pulverização agrícola. Sendo assim, o objetivo desse trabalho foi verificar as diferentes fontes de água utilizadas na pulverização de defensivos agrícolas e avaliar os principais parâmetros químicos, como pH, dureza e condutividade elétrica dessas águas, buscando auxiliar os produtores do Estado no entendimento desse importante fator para o sucesso do controle fitossanitário.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Qualidade das pulverizações agrícolas

A tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários é o emprego de todos os conhecimentos científicos que proporcionem a correta colocação do produto biologicamente ativo no alvo, em quantidade necessária, e de forma econômica, com o mínimo de contaminação do ambiente (MATUO, 1990). Na agricultura é um dos mais multidisciplinares campos, pois engloba o controle de insetos-praga e ácaros, de agentes patogênicos e de plantas daninhas, levando em consideração aspectos da biologia, química, engenharia, ecologia, sociologia, economia (FERREIRA, 2006).

A indústria química visa o desenvolvimento de produtos com características avançadas, permitindo a diminuição do custo e mantendo o nível da eficiência biológica, porém existem muitos fatores que podem interferir no desempenho desses produtos (VARGAS; ROMAN, 2006). Produtores e operadores de pulverizadores devem se conscientizar que o principal objetivo da tecnologia de aplicação é colocar a quantidade certa de ingrediente ativo no alvo desejado, com a máxima eficiência e da maneira mais econômica possível, sem afetar o ambiente (DURIGAN, 1989).

Tanto na pulverização terrestre quanto na aérea, o sucesso do tratamento fitossanitário não depende só de produtos de ação comprovada, mas também da tecnologia desenvolvida para sua aplicação (FRITZ et al., 2014; CARVALHO et al., 2016). Santos (2005) afirma que para o sucesso de uma boa pulverização é necessário verificar alguns fatores, como pulverizador, produto químico, operador treinado, além de água com qualidade, pH ideal e condições de tempo favoráveis. Contudo para ter qualidade na pulverização de defensivos agrícolas é necessário conhecer os atributos da água utilizada, devendo ser de boa qualidade (SANTOS et al., 2006).

2.2 Qualidade da água

A qualidade da água utilizada na pulverização agrícola é uma característica que pode influenciar a eficiência de determinadas moléculas de defensivos agrícolas (VARGAS; ROMAN, 2006). Quando a água utilizada estiver com seus parâmetros, químicos e físicos, dentro dos padrões aceitáveis é possível maximizar a eficiência das pulverizações agrícolas (THEISEN; RUEDELL, 2004). Para Beltran et al., (2000) e Weber (1970), o inverso também é válido, uma

vez que a qualidade da água pode interferir, de forma negativa, a eficiência biológica de alguns produtos fitossanitários, podendo acelerar a degradação de algumas moléculas e reduzir a meia-vida do produto. A qualidade da água é avaliada por meio de características químicas (pH, dureza e íons dissolvidos) e físicas (presença de argila e matéria orgânica) (THEISEN; RUEDELL, 2004).

2.3 Potencial hidrogeniônico (pH)

O potencial hidrogeniônico (pH) é um valor que representa a concentração de íons de hidrogênio (H^+), em escala logarítmica, indicando a condição de acidez, neutralidade ou alcalinidade da água (VON SPERLING, 1996). Para Dezotti (2008) o conceito de pH é um “parâmetro químico que representa o equilíbrio entre íons H^+ e íons OH^- ”.

O pH é a escala para a quantificar a concentração de ácidos e bases, quanto maior a concentração de íons hidrônicos (H_3O^+) em mols por litro, menor o pH e mais ácida é a solução (ATIKINS; JONES, 2012). Para determinar o valor do pH é utilizada uma escala, de 0 a 14, na qual substâncias com pH acima de 7 são classificadas como alcalinas, aquelas que apresentam pH menor que 7 são classificadas como ácidas e aquelas que apresentam o pH em torno de 7, são consideradas neutras (MAGRI, 2015).

Os defensivos agrícolas podem sofrer diversas interferências até atingir o alvo, e um dos fatores mais importantes nesse processo consiste na adequação do pH da água utilizada na pulverização (CUNHA; ALVES, 2009; DAN, 2009). A utilização de pH inadequado na pulverização de defensivos agrícolas pode provocar dissociação por hidrólise dos ingredientes ativos (AZEVEDO, 2011). Farias et al., (2013) relatam que o pH da água utilizada na calda de pulverização pode ser ajustado com o uso de adjuvantes redutores de pH ou acidificadores de pH. O pH da água pode interferir na ação de um ingrediente ativo, pois altas concentrações de íons H^+ ou OH^- poderão reagir com o ingrediente ativo, diminuindo, assim, a concentração desse na calda (CONCEIÇÃO, 2003).

Segundo Theisen et al., (2007), os gastos podem ser reduzidos com o manejo correto da água na etapa de preparação da calda. A utilização de água com pH ácido eleva a eficiência biológica de alguns herbicidas, pois em pH mais baixo a taxa de hidrólise é retardada, mantendo a folha úmida por mais tempo, já que a superfície das folhas tem pH neutro (QUEIROZ et al., 2008). Ou seja, herbicidas em condições de baixo pH podem ser absorvidos com maior

facilidade pelas plantas, visto que as moléculas se encontram na forma não-dissociada. (SANCHOTENE, 2007).

A constante de dissociação eletrolítica (pK) é definida como o potencial de dissociação de um ácido (pKa) ou uma base (pKb) em um meio líquido, porém, para herbicidas, usa-se pKa tanto para herbicidas ácidos quanto básicos (SCHWARZENBACH, 1993). De acordo com Carvalho (2013), quando herbicidas ácidos são introduzidos em meio mais ácido ($\text{pH} < \text{pKa}$) não se dissociam, portanto, há uma maior porcentagem de herbicida na forma não-iônica (há) e menor porcentagem de herbicida na forma iônica (dissociada – HA^-). Entretanto quando esses herbicidas ácidos são introduzidos em meio mais básico ($\text{pH} > \text{pKa}$), eles se dissociam, portanto há menor porcentagem de herbicida na forma não-iônica (HA) e maior porcentagem de herbicida na forma iônica (dissociada – HA^-).

Já quando os herbicidas básicos são introduzidos em meio mais ácido ($\text{pH} < \text{pKa}$) se dissociam, portanto, há menor porcentagem de herbicida na forma não-iônica (HB) e maior porcentagem de herbicida na forma iônica (dissociada – HB^+). Todavia, quando esses herbicidas básicos são introduzidos em meio mais básico ($\text{pH} > \text{pKa}$), não se dissociam, portanto, há maior porcentagem de herbicida na forma não-iônica (HB) e menor porcentagem de herbicida na forma iônica (dissociada – HB^+). Sendo assim, o pKa consiste no valor de pH no qual causa, em torno de, 50% de dissociação e associação de cada molécula com o meio (NELSON; COX, 2018).

2.4 Dureza da água

O conceito de dureza da água, se dá principalmente pela presença dos sais metálicos dos cátions de cálcio e magnésio na água (SANTOS, 2007). A dureza da água está relacionada aos teores de bicarbonatos, sulfatos, cloretos e nitratos de cálcio (Ca) e magnésio (Mg). Na maioria dos casos a dureza quase sempre está relacionada ao teor de cálcio na forma de carbonato de cálcio (CaCO_3), sendo conhecida como dureza cálcica (FARIAS et al., 2014).

Segundo Baccan (2004), podemos classificar a dureza da água em dureza temporária, devido à presença de sais de carbonato e bicarbonato desses cátions, que são insolúveis após o aquecimento da amostra, e dureza permanente, devido à presença de sais de cloretos, nitratos e outros que são solúveis mesmo após aquecimento. A soma dessas duas durezas é chamada de dureza total.

A escala de medida da dureza da água é baseada em níveis de concentração de carbonato de cálcio (CaCO_2) expressos em partes por milhão (ppm), podendo ser classificada como água muito branda (<71,2), branda (71,2 – 142,4), semi dura (142,4 – 320,4), dura (320,4 – 534,0) e muito dura (>534) (QUEIROZ et al., 2008).

A composição química que classifica a dureza da água depende, em sua maior parte, do solo da qual ela procede. Desse modo, águas com baixos níveis de dureza são encontradas em solos basálticos, areníferos e graníticos, enquanto águas que procedem de solos calcários apresentam frequentemente durezas elevadas (MENDONÇA; FLORES, 2017).

De acordo com Azevedo (2001), a alternativa para corrigir o problema causado pela dureza da água, em misturas de tanque de agrotóxicos, é acrescentar um tensoativo não-iônico, o que pode corrigir características físicas da calda ou, acrescentar um quelatizante na água antes da preparação da calda.

2.5 Condutividade elétrica

A condutividade elétrica indica a transmissão da corrente elétrica em função da presença de substâncias dissolvidas que se dissociam em ânions e cátions. Este parâmetro permite avaliar quantitativamente a presença de sais na água, pois está relacionada com a quantidade de sólidos dissolvidos totais (MACHADO, 2006). Segundo Clesceri et al., (1998), a capacidade de condução de corrente elétrica depende da presença de íons, da concentração total, mobilidade, valência, concentrações relativas e medidas de temperatura.

A medição da condutividade de um líquido determina a presença de íons provenientes de substâncias polares, geralmente sais inorgânicos, dissolvidos na água, como cloretos, sulfetos, carbonatos, fosfatos. A condutividade é medida por condutímetro e expressa em $\mu\text{S cm}^{-1}$ ou mS cm^{-1} . As aplicações práticas para a tomada da medida da condutividade são: indicação do grau de mineralização da água e indicação rápida de variações nas concentrações de minerais dissolvidos (CLESCERI et al., 1998). É importante ressaltar que a condutividade elétrica, além de influenciar na eficácia biológica de alguns produtos (CARLSON; BURNSIDE, 1984), também é uma importante característica na pulverização eletrostática (SASAKI et al., 2015).

A condutividade elétrica da calda de pulverização também exerce influência na amplitude da eletrização das gotas, já que alguns produtos fitossanitários e adjuvantes agrícolas

podem proporcionar ganhos na condutividade elétrica e influenciar na atração das gotas e maior deposição da calda (SASAKI et al., 2015).

3. ARTIGO (Artigo nas normas da Revista Ciência Rural)

Avaliação do pH, dureza e condutividade elétrica da água de pulverização agrícola de diferentes mesorregiões do estado do Rio Grande do Sul

Evaluation of pH, hardness and electrical conductivity of agricultural spray water from different mesoregions of the state of Rio Grande do Sul

RESUMO

A água é o principal veículo para diluição e pulverização de produtos fitossanitários e a qualidade da água exerce papel significativo na fitotoxicidade, eficiência biológica dos produtos, qualidade da calda. A qualidade da água das pulverizações pode ser avaliada principalmente pelos níveis de potencial hidrogeniônico (pH), dureza e condutividade elétrica. O objetivo desse trabalho foi avaliar o pH, a dureza e a condutividade elétrica de diferentes fontes de água utilizadas na pulverização de defensivos agrícolas em regiões do estado do Rio Grande do Sul. As amostras foram coletadas nas principais mesorregiões agricultáveis do estado do Rio Grande do Sul. Foram realizadas análises de pH, dureza e condutividade elétrica de 150 amostras de água. As análises foram realizadas no Laboratório de Engenharia do Meio Ambiente (LEMA) da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) e baseadas na metodologia da *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* da *American Public Health Association*. As águas coletadas apresentaram características adequadas para a utilização em caldas de pulverização, sem comprometimento da eficácia dos produtos fitossanitários. Em relação às origens das águas coletadas apenas a água da chuva apresentou pH mais ácido quando comparado às demais.

Palavras-chave: qualidade da água; pH; dureza; condutividade elétrica.

ABSTRACT

Water is the main vehicle for the dilution and application of phytosanitary products and the quality of the water plays a significant role in phytotoxicity, biological efficiency of products, and spray quality. The water quality of sprays can be evaluated mainly by the levels of hydrogenic potential (pH), hardness and electrical conductivity. The objective of this work was to evaluate the pH, hardness and electrical conductivity of different water sources used in the application of pesticides in regions of the state of Rio Grande do Sul. The samples were

collected in the main arable mesoregions of the state of Rio Grande do Sul. Analyzes of pH, hardness and electrical conductivity of 150 water samples were performed. The analyzes were carried out at the Environmental Engineering Laboratory (LEMA) of the Federal University of Santa Maria (UFSM) and based on the methodology of the Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater of the American Public Health Association. The waters collected showed adequate characteristics for use in spraying solutions, without compromising the effectiveness of phytosanitary products. Regarding the origins of the water collected, only the rainwater presented a more acidic pH when compared to the others.

Keywords: water quality; pH; toughness; electric conductivity

INTRODUÇÃO

A tecnologia de aplicação pode ser definida como um conjunto de conhecimentos que integram informações sobre defensivos agrícolas, formulações, adjuvantes, pulverização, alvos, recursos humanos, tecnologia da informação e ambiente, visando uma pulverização correta, segura e responsável, sempre respeitando as boas práticas agrícolas (ANTUNIASSI et al., 2021). A água é o principal veículo para diluição e pulverização de produtos fitossanitários e a qualidade da água exerce papel significativo na fitotoxicidade, eficiência biológica dos produtos, qualidade da calda (ARGIOLLI et al., 2018). A qualidade da água das pulverizações pode ser avaliada principalmente pelos níveis de potencial hidrogeniônico (pH), dureza e condutividade elétrica (QUEIROZ et al., 2008).

O potencial hidrogeniônico (pH) define o grau de acidez ou de alcalinidade de uma solução em uma escala de 0 a 14. O valor de pH vai depender da concentração relativa dos íons hidrogênio e hidroxilas que a solução apresenta. A presença de maior quantidade relativa de íons hidrogênio resulta em uma solução com reação ácida e, quando têm a presença de mais íons hidroxilas, o resulta uma reação alcalina (CONTIERO et al., 2018). Desse modo, o pH da calda torna-se um fator determinante em relação a incompatibilidade entre produtos e, devido a isso, hoje é muito comum tabelas contendo o pH ideal de ação para diferentes princípios ativos, bem como a vida média dos produtos em diferentes pH's, porém nenhuma tabela apresenta referência (QUEIROZ, 2008).

A dureza é definida com base na quantidade de sais de cálcio e magnésio dissolvidos na água, sendo expressa em unidades equivalentes de carbonato de cálcio (CaCO_3) (CONTIERO et al., 2018). Na agricultura, a dureza da água pode afetar o uso de inseticidas, fungicidas e principalmente herbicidas. O inseticida thiametoxam, por exemplo, mesmo o seu efeito não sendo afetado quando aplicado isoladamente em água muito dura, teve sua eficácia reduzida para controle de *Leptinotarsa decemlineata* quando aplicado em associação com fertilizante

foliar e o fungicida mancozebe (VUKOCIC et al., 2014). Entretanto a utilização dos acaricidas propargite, hexitiazoxi e espiroclorfenol e de inseticidas a base de potássio, não foram afetadas pela água dura no controle do ácaro da leprose (*Brevipalpus phoenici*) e *Myzus persicae* (PRADO et al., 2011; IMAI et al., 1997).

A condutividade elétrica é a capacidade que a água possui de conduzir corrente elétrica. Este parâmetro está relacionado com a presença de íons dissolvidos na água, que são partículas carregadas eletricamente, e à alcalinidade, que tem relação direta com a presença e/ou ausência de carbonatos e bicarbonatos (SANTOS, 1997). As duas principais propriedades elétricas, a condutividade elétrica e a constante dielétrica, são duas principais propriedades elétricas que afetam grandemente a carga adquirida pelas gotas pulverizadas (MASKI; DURAIRAJ, 2010). Sasaki et al., (2015) afirmam que quanto maior a condutividade elétrica da calda de pulverização maior é a eficiência da pulverização eletrostática.

A ação dos defensivos agrícolas depende da composição da calda. O conhecimento das características químicas da água é de extrema importância para evitar perdas de eficiência em campo. O território do estado do Rio Grande do Sul possui uma área com mais de 280 mil km² e está dividido em 7 mesorregiões (IBGE, 2020). Diante disso, o objetivo desse trabalho foi avaliar o pH, a dureza e a condutividade elétrica de diferentes fontes de água utilizadas nas caldas de pulverização agrícolas nas mesorregiões do estado do Rio Grande do Sul.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido na Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), no período compreendido entre 2021 e 2022. As amostras foram coletadas nas principais mesorregiões agricultáveis do estado do Rio Grande do Sul em parceria com a Emater/RS – Ascar.

Foi realizado um estudo das fontes de água utilizadas em caldas de pulverizações de produtos fitossanitários das diferentes mesorregiões agrícolas do Estado. Após esse estudo, foram coletadas amostras de água de chuva, rios, arroios, açudes, poços, sangas e cisternas,

totalizando 150 amostras. Essas amostras foram encaminhadas ao Laboratório de Engenharia do Meio Ambiente (LEMA) para a realização das análises de pH, dureza e condutividade elétrica.

As análises das amostras foram realizadas conforme a metodologia da *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* da *American Public Health Association*. A determinação do pH das amostras das águas analisadas foi realizada utilizando-se um medidor de pH bancada modelo *Thermo Scientific Orion Star A211*, cada leitura de pH foi feita respeitando o tempo de estabilização do valor de pH para passar para a próxima amostra.

A determinação da dureza das águas foi realizada por titulação colorimétrica. Para a realização dessa análise foi transferido 50 ml de cada amostra coletada para um frasco Erlenmeyer de 250ml, após foi acrescentado 1 ml de solução-tampão (pH 10) e 3 gotas do indicador *Eriochrome Black T*. A titulação foi realizada com solução EDTA (*Ethylenediamine tetraacetic acid*) 0,01 até que a coloração púrpura passasse para azul.

A determinação da Condutividade Elétrica das amostras de água analisadas foi realizada com um Condutivímetro da Tecnopon, modelo mCA-150, para cada leitura aguardou-se o tempo de estabilização.

Coletas

As coletas foram realizadas nas mesorregiões Centro ocidental Rio-grandense, com 118 amostras, Centro oriental Rio-Grandense, com 15 amostras, Sudoeste Rio-grandense, com 10 amostras e Noroeste Rio-grandense, com 7 amostras.

Para padronizar a coleta de água foi desenvolvido um material de instrução para auxiliar o coletor durante o processo de coleta das amostras. As orientações contidas nesse material vão desde o manuseio do recipiente, como por exemplo cuidado com o frasco, volume a ser

coletado, identificação e características do ponto coletado com número e nome da propriedade, origem da água até a forma e local de armazenamento da amostra após a coleta.

Todas as amostras foram acondicionadas em temperatura adequada até a realização das análises em laboratório. As amostras de água foram armazenadas em garrafas tipo PET modelo Ambar *Shortnek* com volume de um litro.

Análise estatística

Após as análises de pH, dureza e condutividade elétrica, os resultados foram registrados em planilha do Microsoft Excel[®], com todas as informações contidas em cada amostra. Os dados obtidos foram submetidos à análise de média e desvio padrão. A análise dos dados foi realizada com o auxílio do programa Microsoft Excel[®].

Baseado na metodologia de Rheinheimer e Souza (2000), as águas coletadas foram agrupadas em seis classes de pH (<5,1, 5,1 – 5,5, 5,6 – 6,0, 6,1 – 6,5, 6,6 – 7,0 e >7,1) no intuito de facilitar a compreensão do comportamento de acordo com a origem das mesmas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A tabela 1 apresenta as médias e desvio padrão das análises de pH, dureza e condutividade elétrica obtidos a partir de amostras coletadas em diferentes mesorregiões do Rio Grande do Sul. Já a tabela 2 apresenta as médias e desvio padrão das análises de pH, dureza e condutividade elétrica de acordo com a origem da água coletada das diferentes fontes. E a figura 2 corresponde a distribuição de classes de pH, adaptado de Rheinheimer e Souza (2000), de acordo com a origem da água.

O pH das amostras da mesorregião Centro ocidental Rio-grandense apresentou média de 5,77, e desvio padrão 0,93. Já o pH da mesorregião Centro oriental Rio-grandense apresentou média de 6,14 e desvio padrão 0,66. Na mesorregião Sudoeste Rio-grandense o pH teve média

de 5,49 e desvio padrão 1,09 e na mesorregião Noroeste Rio-grandense o pH teve média de 5,21 e desvio padrão 0,46. De modo geral, as médias do pH das mesorregiões estão levemente ácidos, com pH entre 5,21 e 6,14, nessa faixa de pH os defensivos agrícolas apresentam maior eficiência, como afirma Queiroz et al., (2008). Porém nas mesorregiões Centro ocidental e Sudoeste Rio-grandense foram constatados pH ácido. Dan et al., (2009), alerta que águas com pH muito ácido tendem a ter o mesmo efeito antagônico que águas alcalinas. A mesorregião Centro ocidental Rio-grandense também apresentou maior pH, 8,01, sendo levemente alcalino por estar próximo do valor de pH neutro.

Deve-se atentar para o pH ideal da calda do produto a ser aplicado, pois a utilização de caldas com uma faixa de ação muito discrepante da utilizada afeta a estabilidade dos ingredientes ativos no campo e pode tornar o controle ineficaz (PEREIRA; MOURA; PINHEIRO, 2015). Souza & Velloso (1996), afirmam que os herbicidas do grupo químico das imidazolinonas, especialmente imazethapyr e imazapyr, têm sua absorção foliar aumentada quando o pH da água utilizada na preparação da calda está na faixa de 4,0 a 4,5. Na mesorregião Sudoeste Rio-grandense, onde a cultura do arroz é predominante, das 10 amostras coletadas nenhuma ficou na faixa de 4,0 a 4,5.

Em relação a origem da água, a média de pH encontrada nas amostras coletadas de açudes foi 5,76 e desvio padrão 0,86. Já nos poços profundos a média foi de 6,18 e desvio padrão 0,90. Nos poços rasos/fonte superficial a média encontrada foi de 5,44 e desvio padrão 0,74 e nas sangas/arroios/rios 6,33 e desvio padrão 0,75. A média do pH das águas de chuvas foi de 4,45 e desvio padrão 1,13 e nas cisternas 5,40 e desvio padrão 0,80. Rheinheimer e Souza (2000), verificaram comportamento semelhante aos encontrados no presente trabalho quando analisaram o pH de águas coletadas em açudes, poços artesianos e arroios.

Em relação aos resultados de pH, de acordo com as classes, a maioria das amostras concentrou-se na faixa de 5,1 a 5,5, correspondendo a 23% das amostras. Um número

significativo de amostras apresentou pH < 5,1 (19%) e apenas 8 amostras (5%) apresentaram pH superior a 7,1. De acordo com a origem da água, açude teve o maior número de amostras, com 46 pontos coletados, seguido de poço raso/fonte superficial com 45 pontos coletados, poço profundo com 34 amostras, sanga/arroio/rio com 17 amostras, chuva com 5 amostras e cisterna com 3 amostras coletadas. A classe de pH que teve maior concentração de amostras oriundas de açude foi a faixa 5,6 – 6,5, correspondendo a 54% das amostras, 37% das amostras foram classificadas com o pH < 5,5 e apenas 9% das amostras apresentaram pH superior a 6,6. Nas amostras provenientes de poços rasos/fontes superficiais, 27% ficaram na faixa de pH de 5,6 – 6,5, a maioria das amostras, 62%, apresentaram pH < 5,5 e 11% expressaram pH maior que 6,6. Em poços profundos, 26% das amostras encontraram-se na faixa de 5,6 – 6,5, e 29% das amostras foram classificadas com o pH < 5,5 e 44% apresentaram pH superior a 6,6, sendo 15% das amostras com pH > 7,1. Nas amostras de sanga/arroio/rio, a classe 5,6 – 6,5, correspondeu a 59% das amostras, 18% das amostras foram classificadas com o pH < 5,5 e 24% das amostras apresentaram pH superior a 6,6. As amostras resultantes de chuva e cisterna apresentaram, juntas, 25% das amostras na faixa 5,6 – 6,5 e, a maioria das amostras, 75%, foram classificadas com o pH < 5,5. Os resultados desse trabalho contribuem para a otimização das pulverizações de herbicidas, por exemplo, já que a eficiência de alguns desses, como é o caso dos grupamentos ácidos do 2,4-D e glyphosate, é dependente do pH da calda (WANAMARTA; PENNER, 1989).

Esses resultados se assemelham com os encontrados por Rheinheimer e Souza (2000) que em a maioria das amostras de água de poços artesianos encontra-se na faixa de 6,1 a 7,5, 65%, 2% das amostras apresentou pH < 5,5 e 15% apresentaram pH superior a 8,0. Nas águas provenientes de arroios, o pH concentrou-se no intervalo 5,6 a 7,0, 70% das amostras e nas águas de açude o percentual maior ocorreu na classe 6,6-7,0, 32%, duas amostras ultrapassaram o pH 7,6 e uma foi menor do que 5,5.

Em relação a dureza as médias obtidas nas mesorregiões Centro ocidental Rio-grandense e Centro oriental Rio-grandense foram 16,98, desvio padrão 17,57 e 9,13 e desvio padrão 11,19, respectivamente. Já na mesorregião Sudoeste Rio-grandense o valor de dureza teve média de 38,71 e desvio padrão 41,55 e na mesorregião Noroeste Rio-grandense a média foi de 10,20 e desvio padrão 1,27.

Os resultados de dureza nas amostras de açudes teve média de 10,58 e desvio padrão 11,38. Nos poços profundos a média foi 34,76 e desvio padrão 28,51. Esse resultado corrobora com Farias et al., (2013), que encontraram os maiores teores de dureza em águas subterrâneas.

Nos poços rasos/fontes superficiais a média foi 14,04 e desvio padrão 16,12. Nas sangas/arroios/rios os resultados apresentaram médias de 18,69 e desvio padrão 15,97. A média das águas de chuvas foi 12,88 e desvio padrão 10,65 e das cisternas 1,27 e desvio padrão 1,01.

Nas pulverizações agrícolas, a dureza da água pode afetar diretamente o uso de inseticidas, fungicidas e herbicidas. A média de todas as mesorregiões classificou a água como sendo muito branda. Apenas as mesorregiões Centro oriental e Sudoeste Rio-grandense apresentaram classe branda. A classificação de águas muito branda e branda, é um ponto positivo para a qualidade da água utilizada pelos produtores do Rio Grande do Sul. Níveis apropriados de dureza são importantes para o desempenho esperado dos produtos agrícolas, como por exemplo, de herbicidas (DEVKOTA et al., 2016).

A média da condutividade elétrica (CE), na mesorregião ocidental Rio-grandense foi de 84,77 $\mu\text{S cm}^{-1}$, na mesorregião oriental Rio-grandense 118,26 $\mu\text{S cm}^{-1}$, no Sudoeste Rio-grandense 189,68 $\mu\text{S cm}^{-1}$ e a mesorregião Noroeste Rio-grandense apresentou média de 25,42 $\mu\text{S cm}^{-1}$. Já em relação a origem das águas a média de condutividade elétrica dos açudes ficou em 69,86 $\mu\text{S cm}^{-1}$, poços profundos apresentaram média de 170,33 $\mu\text{S cm}^{-1}$, poços rasos/fontes superficiais média foi de 88,87 $\mu\text{S cm}^{-1}$. Nas sangas/arroios/rios a média foi de 57,11 $\mu\text{S cm}^{-1}$.

As médias da condutividade elétrica das águas de chuvas foi de $25,59 \mu\text{S cm}^{-1}$ e nas cisternas a média foi de $25,24 \mu\text{S cm}^{-1}$.

A condutividade elétrica está relacionada com a salinidade, e com sólidos totais dissolvidos e, quando em meio líquido, se dissociam e adquirem a capacidade de conduzir corrente elétrica em um líquido (BRITTO, 2008). A condutividade elétrica da calda de pulverização é afetada pela formulação dos produtos utilizados, sendo principalmente pela quantidade de íons, sua concentração e valência (CUNHA et al., 2017), poços profundos apresentaram valores elevados de condutividade elétrica, indicando presença de íons. Os valores médios de condutividade elétrica, tanto das diferentes mesorregiões quanto da origem da água, variaram bastante, conforme Rheinheimer e Souza (2000), valores elevados na calda indicam presença de íons, podendo diminuir a eficiência biológica dos herbicidas.

CONCLUSÃO

As análises realizadas das águas coletadas e classificadas por mesorregiões apresentam características adequadas para a utilização em caldas de pulverização, sem comprometimento da eficácia dos produtos fitossanitários.

Em relação às origens das águas coletadas todas apresentaram resultados semelhantes de pH, dureza e condutividade elétrica, exceto a média das amostras de água da chuva, que apresentou pH mais ácido comparado às demais.

REFERÊNCIAS

- AGROFIT. Sistema de agrotóxicos fitossanitários. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2012. Disponível em: http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons
- ARGIOLI, A. da S. et al. Propriedade físico-químico da água na eficácia do herbicida Glifosato. Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas, UNESP, Dracena/SP, 2018.
- BRITTO, D. C. Aplicação do sistema de modelagem da qualidade da água Qual2kw em grandes rios: o caso do alto e médio o Rio Araguari – AP. Dissertação de mestrado do PPGBio/UNIFAP, 2008.
- CONCEIÇÃO, M. Z. Defesa vegetal: legislação, Normas e produtos fitossanitários. Apud: ZAMBOLIM, L.; CONCEIÇÃO, M. Z.; SANTIAGO, T. O que engenheiros agrônomos devem saber para orientar o uso de produtos agrotóxicos. 2. ed. Viçosa: UFV/ANDEF, 2003.
- CONTIERO, R. L., BIFFE, D. F., CATAPAN, V. T. Tecnologia de Aplicação. In: BRANDÃO FILHO, J.U.T., FREITAS, P.S.L., BERIAN, L.O.S., and GOTO, R., comps. Hortaliças-fruto. Maringá: EDUEM, 401-449, 2018.
- CUNHA, J. P. A. R., ALVES, G. S., MARQUES, R. S. Tensão superficial, potencial hidrogeniônico e condutividade elétrica de caldas de produtos fitossanitários e adjuvantes. *Ciência Agrônômica*, 48(2), 261-270, 2017.
- DAN, H. D. A. et al. Efeito do pH da Calda de Pulverização na Dessecação de Braquiaria Brizanta com o herbicida Glyphosate. *Global Science And Technology*, Rio Verde-GO, v. 2, n. 1, p. 01 - 06, jan./abr. 2009.
- DEVKOTA, P., SPAUNHORST, D. J., JOHNSON, W. G. Influence of carrier water pH, hardness, foliar fertilizer, and ammonium sulfate on mesotrione efficacy. *Weed Technology*, 30 617-628, 2016.
- FARIAS, M. S. et al. Qualidade da água utilizada para aplicação de agrotóxicos na região central do Rio Grande do Sul. Universidade Federal de Santa Maria (UFSM); Centro de Ciências Rurais, Departamento de Engenharia Rural. Santa Maria, 2013.
- IMAI, T; TSUCHIYA, S; FUJIMORI, T. Effect of water hardness on the activity of insecticidal soap for the green peach aphid, *Myzus persicae* (Sulzer)(Hemiptera: Aphididae). **Applied entomology and zoology**, v. 32, n. 1, p. 245-246, 1997.
- KISSMANN, K. G. Adjuvantes para caldas de produtos agrotóxicos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 1997, Caxambu. Palestras e mesas redondas. Viçosa: Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas, p. 61-77, 1997.
- KISSMANN, K.G. Adjuvantes para caldas em produtos fitossanitários. In: GUEDES, J. V. C & DORNELLES, S. B (org). **Tecnologia e segurança da aplicação de produtos fitossanitários: novas tecnologias**. Santa Maria: Departamento de defesa fitossanitária; Sociedade de Agronomia de Santa Maria, 1998. p. 39-51.

MASKI, D.; DURAIRAJ, D. Effects of electrode voltage, liquid flow rate, and liquid properties on spray chargeability of an airassisted electrostatic-induction spray-charging system. *Journal of Electrostatics*, v.68, p.152-158, 2010.

PRADO, E. P.; DE ARAÚJO, D.; RAETANO, C. G.; POGETTO, M. H., AGUIAR-JÚNIOR, H.; CHRISTOVAM, R. D. S. Influência da dureza e potencial hidrogeniônico da calda de pulverização sobre o controle do ácaro-da-leprose em frutos de laranja doce. ***Bragantia***, v. 70, n. 2, 2011.

QUEIROZ, A. A. et al. Adjuvantes e qualidade da água na aplicação de agrotóxicos. *Bioscience Journal*, Uberlândia, v. 24, n. 8, p. 8-19, out./dez. 2008.

RHEINHEIMER, D. S. dos; SOUZA, R. O. Condutividade elétrica e acidificação de águas usadas na aplicação de herbicidas no Rio Grande do Sul. *Ciência Rural*, v. 30, n. 1, p. 97-104, 2000.

ROSKAMP, J. M., TURCO, R. F., BISCHOFF, M., & JOHNSON, W. G. The influence of carrier water pH and hardness on saflufenacil efficacy and solubility. *Weed Technology*, 27(3), 527-533, 2013.

SANTOS, A. C. Noções de Hidroquímica. In: *Hidrogeologia: Conceitos e Aplicações*. Coordenadores: Fernando Antônio Carneiro Feitosa / João Manoel Filho. Fortaleza. CPRM / LABHID – UFPE. p. 81-108, 1997.

SOUZA, R. O.; VELLOSO, J. A. R. O. Tecnologia na aplicação de herbicidas. In: SOUZA, R. O.; VELLOSO, J. A. R. O. (Eds.). *Tecnologia e segurança na aplicação de produtos fitossanitários*. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, p. 41-53, 1996.

SOLTANI, N., NURSE, R., ROBINSON, D., & SIKKEMA, P. Effect of ammonium sulfate and water hardness on glyphosate and glufosinate activity in corn. *Canadian Journal of Plant Science*, 91(6), 1053-1059, 2011.

VUKOVIĆ, S.; INDIĆ, D.; GVOZDENAC, S. Phytotoxic effects of fungicides, insecticides and nonpesticidal components on pepper depending on water quality. ***Pesticidi i fitomedicina***, v. 29, n. 2, p. 145-153, 2014.

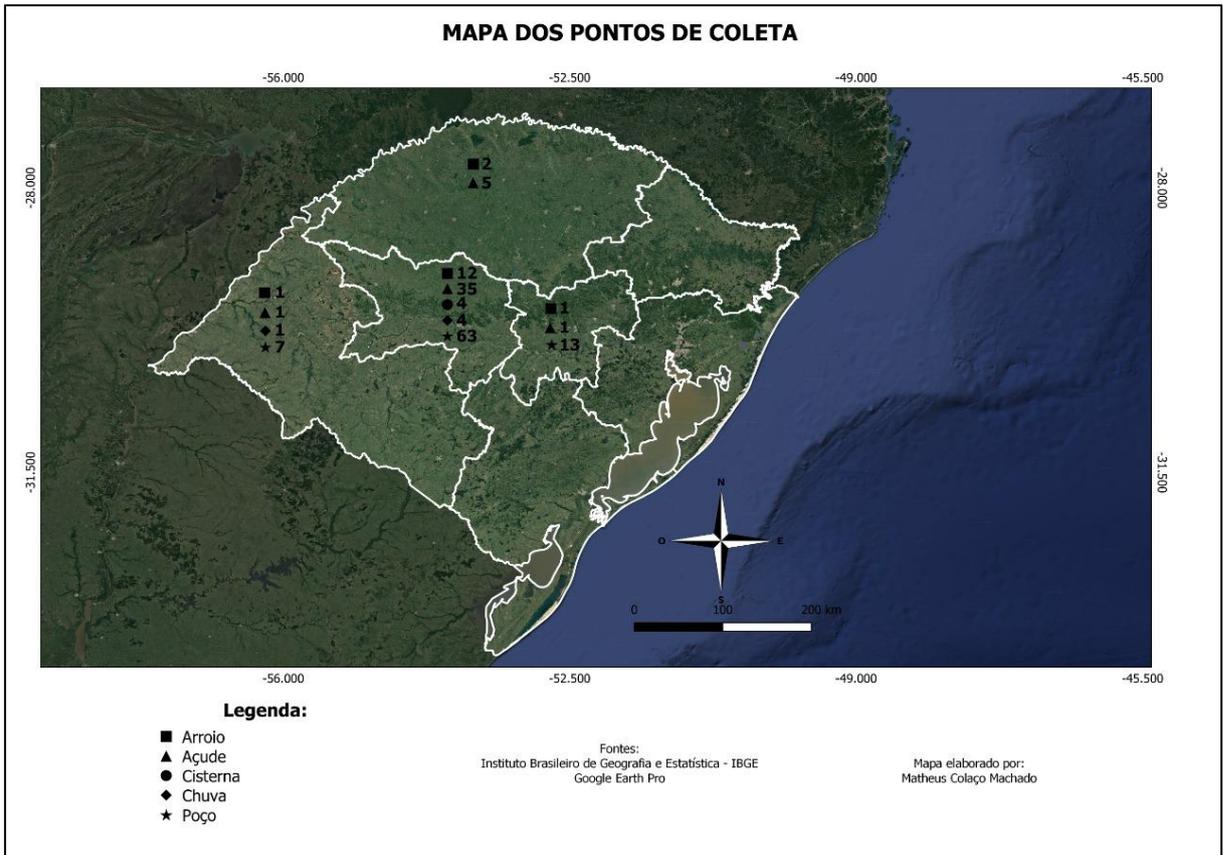


Figura 1 – Pontos de coleta, origem da água e números de amostras

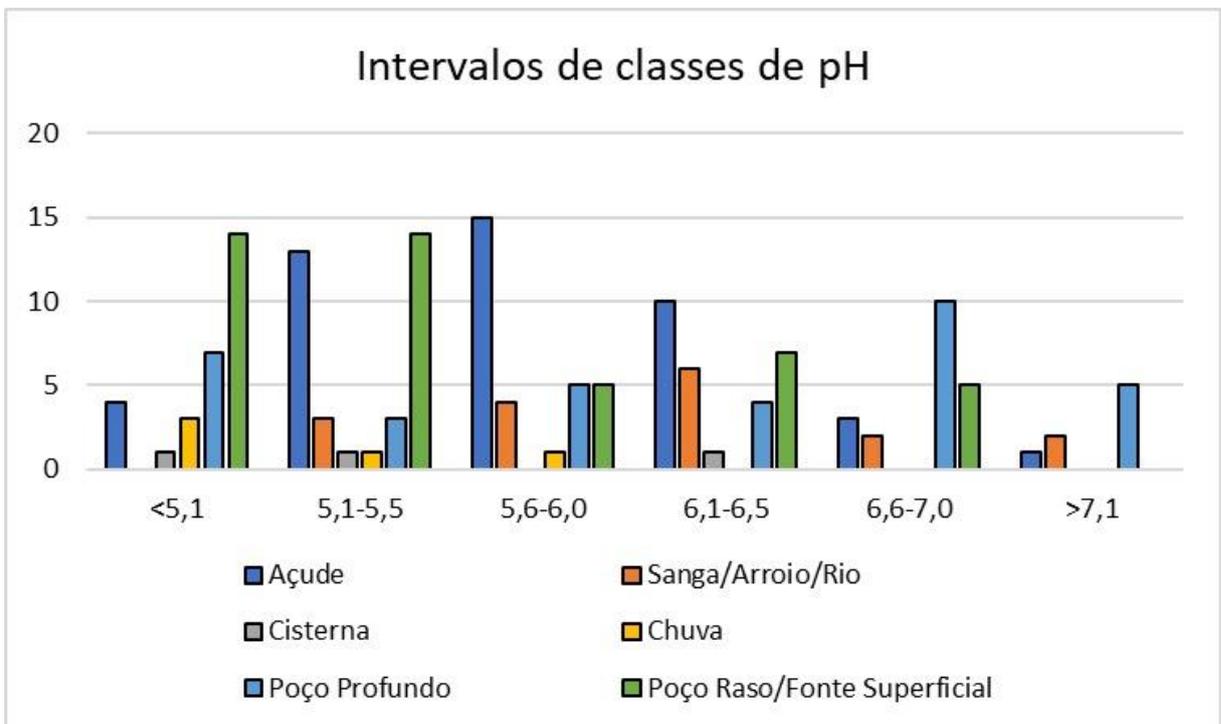


Figura 2 – Distribuição de classes de pH de água de acordo com origem da água.

Tabela 1 – Médias e desvio padrão de pH, dureza e condutividade elétrica da água nas diferentes mesorregiões do estado do Rio Grande do Sul.

Mesorregião	pH		Dureza		Condutividade elétrica	
Centro ocidental Rio-grandense	5,77	0,93	16,98	17,57	84,77	67,77
Centro oriental Rio-grandense	6,14	0,66	9,13	11,19	118,26	65,13
Sudoeste Rio-grandense	5,49	1,09	38,71	41,55	189,68	221,69
Noroeste Rio-grandense	5,21	0,46	10,20	1,27	25,42	6,63

Tabela 2 – Médias e desvio padrão de pH, dureza e condutividade elétrica de acordo com a origem das águas coletadas no Rio Grande do Sul.

Origem da água	pH		Dureza		Condutividade elétrica	
Açude	5,76	0,86	10,58	11,38	69,86	47,40
Chuva	3,47	1,54	12,88	10,65	25,59	10,05
Cisterna	5,40	0,80	1,27	1,01	25,24	22,86
Poço profundo	6,18	0,90	34,76	28,51	170,33	144,69
Poço raso	5,44	0,74	14,04	16,12	88,87	60,54
Sanga/arroio/rio	6,33	0,75	18,69	15,97	57,11	29,75

4. DISCUSSÃO GERAL

De modo geral, as médias do pH das mesorregiões analisadas estão levemente ácidos, com pH entre 5,1 e 6,5, nessa faixa de pH os defensivos agrícolas apresentam maior eficiência. Porém nas mesorregiões Centro ocidental e Sudoeste Rio-grandense foram constatados pH ácido, em torno de 3,0.

Em relação a dureza a média de todas as mesorregiões classificou a água como sendo muito branda. Apenas as mesorregiões Centro oriental e Sudoeste Rio-grandense apresentaram classe branda.

Referente a condutividade elétrica, observa-se que os resultados encontrados na mesorregião ocidental Rio-grandense média de $84,77 \mu\text{S cm}^{-1}$. Na mesorregião oriental Rio-grandense com média de $118,26 \mu\text{S cm}^{-1}$. No Sudoeste Rio-grandense média de $189,68 \mu\text{S cm}^{-1}$. E na mesorregião Noroeste Rio-grandense média de $25,42 \mu\text{S cm}^{-1}$. De acordo com Carlson e Burnside (1984), quando a condutividade elétrica da água está elevada, indica a presença de grandes quantidades de íons, podendo diminuir a eficiência biológica dos herbicidas.

A qualidade da água tem capacidade de reduzir a eficiência não só de herbicidas auxínicos mas também de outros mecanismos de ação como o glyphosate, glufosinato de amonio e mesotrione (DEVKOTA et al., 2016; SOLTANI et al., 2011). Além disso, alguns herbicidas à base de ácido ou de sal dissolvidos em água dura também podem originar compostos insolúveis (KISSMANN, 1997).

A água é um recurso natural finito e, portanto, precisa ser utilizado com racionalidade e consciência. Dessa maneira, os nossos resultados podem auxiliar na maximização das pulverizações agrícolas, tendo em vista que o entendimento das características da água utilizada nas operações pode reduzir a chance de interferência negativa sobre elas. Além disso, os resultados auxiliam na implementação de boas práticas, como por exemplo, no número de pulverizações e conseqüentemente diminuição no uso de produtos fitossanitários, evitando o aumento das resistências de insetos-praga, fungos e plantas daninhas, bem como, o desperdício de produtos fitossanitários, gerando rentabilidade ao agricultor, pelo seu uso eficiente e racional.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em conformidade com os resultados das análises realizadas, as características das águas classificadas por mesorregiões estão adequadas para o uso nas caldas de pulverizações agrícolas, não comprometendo a eficiência dos produtos fitossanitários.

Os resultados de pH, dureza e condutividade elétrica, das amostras de água coletada, nas diferentes fontes, assemelham-se. Somente o resultado da média das amostras provenientes de água de chuva que apresentou pH mais ácido quando comparado ao restante das amostras.

Para obter o uso eficiente dos produtos fitossanitários, é imprescindível levar em consideração as condições da água utilizada nas caldas de pulverizações agrícolas.

6. REFERÊNCIAS

ATKINS, P. JONES, L. LAVERMAN, L. Princípios de Química: Questionando a Vida Moderna e o Meio Ambiente. 5ed. Porto Alegre: Bookman, 2012.

BELTRAN, E., FENET, H. J., COOPER, F., COSTE, C. M. Kinetics of abiotic hydrolysis of isoxaflutole: influence of pH and temperature in aqueous mineralbuffered solutions. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v.48, n. 9, p. 4399– 4403, 2000.

CARLSON, K.L.; BURNSIDE, O.C. Comparative phytotoxicity of ghyphosate. *Weed Science*, 32: 841-884, 1984.

CONCEIÇÃO, M. Z. Defesa vegetal: legislação, Normas e produtos fitossanitários. In: ZAMBOLIM, L.; CONCEIÇÃO, M. Z.; SANTIAGO, T. **O que engenheiros agrônomos devem saber para orientar o uso de produtos agrotóxicos**. 2. ed. Viçosa: UFV/ANDEF, p. 1-68, 2003.

CLESCERI, L. S.; GREENBERG, A.E.; EATON, A.D. Standard methods for the exame nation of water and wastewater. 20 ed. Washington, DC: American Public Health Association; American Water Works Association; Water Environmet Federation, 1998.

CUNHA, J. P. A. R. da & ALVES, G S.; Características físico-químicas de soluções aquosas com adjuvantes de uso agrícola. *Interciência*. Caracas, Venezuela, v. 34, n. 9, p 655-659, 2009.

CUNHA, J. P. A. R., ALVES, G. S., MARQUES, R. S. Tensão superficial, potencial hidrogeniônico e condutividade elétrica de caldas de produtos fitossanitários e adjuvantes. *Ciência Agronômica*, 48(2), 261-270, 2017.

DAN, H. D. A. et al. Efeito do pH da Calda de Pulverização na Dessecação de Braquiaria Brizanta com o herbicida Glyphosate. *Global Science And Technology*, Rio Verde-GO, v. 2, n. 1, p. 01 - 06, jan./abr. 2009.

DEVKOTA, P; SPAUNHORST, D. J; JOHNSON, W. G. Influence of carrier water pH, hardness, foliar fertilizer, and ammonium sulfite on mesotrione efficacy. **Weed Technology**, p. 617-628, 2016.

FARIAS, M. S. de; SCHLOSSER, J. F.; CASALI, A. L.; FRANTZ, U. G.; RODRIGUES, F. A. Qualidade da água utilizada para aplicação de agrotóxicos na região central do Rio Grande do Sul. *Revista Agrarian*, v.7, n. 24, p.355-359, 2014.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Cidades e Estados: Rio Grande do Sul. Rio de Janeiro: IBGE, 2020. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/rs/>. Acesso em: 13 jul. 2022.

KISSMANN, K. G. Adjuvantes para caldas de produtos agrotóxicos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 1997, Caxambu. Palestras e mesas redondas. Viçosa: Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas, p. 61-77, 1997.

KISSMANN, K.G. Adjuvantes para caldas em produtos fitossanitários. In: GUEDES, J. V. C & DORNELLES, S. B (org). **Tecnologia e segurança da aplicação de produtos fitossanitários: novas tecnologias**. Santa Maria: Departamento de defesa fitossanitária; Sociedade de Agronomia de Santa Maria, 1998. p. 39-51.

MACHADO, C. B. Avaliação da qualidade dos efluentes das lagoas de estabilização em série da Estação de Tratamento de Esgoto de Samambaia, DF para o cultivo de tilápia (*Oreochromis niloticus*). 2006. Tese (Doutorado) - Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília, Brasília, 2006.

MACIEL, S. R.; FAGGION, F.; CORREIA, T. P. da S.; LINHARES, V. Qual o pH adequado da água na aplicação de defensivos. Revista Cultivar Máquinas. 2020.

MAGRI, L. P. Quantificação de acidez titulável e pH utilizando técnica potenciométrica como indicador de qualidade do leite bovino. 78f.: il. 2015.

MATUO, T. Técnicas de aplicação de defensivos agrícolas. Jaboticabal: Funep, 1990.

MENDONÇA, J. K. A.; FLORES, J. S. Desenvolvimento de uma metodologia simples para determinação da dureza da água. Revista de Educação, Ciência e Tecnologia do IFRS, v.4, n.1, p: 133-142, jan/jun 2017.

NELSON, D. L.; COX, M. M. Princípios de Bioquímica de Lehninger, 7ª ed. Artmed, 2018.

QUEIROZ, A. A.; MARTINS, J. A. S.; CUNHA, J. P. A. R. Adjuvantes e qualidade da água na aplicação de agrotóxicos. **Bioscience Journal**. Uberlândia, v. 24, n. 4, p. 8- 19, Oct./Dec. 2008

RAMOS, H.; SANTOS, J. M. F. dos; ARAUJO, R. M.; BONACHELA, T. M.; SANTIAGO, T. Manual de Tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários. Associação Nacional de Defesa Vegetal, 2010.

RHEINHEIMER, D. S. dos; SOUZA, R. O. Condutividade elétrica e acidificação de águas usadas na aplicação de herbicidas no Rio Grande do Sul. *Ciência Rural*, v. 30, n. 1, p. 97-104, 2000.

SANTOS, S. R. dos; MACIEL, A. J. da S. Proposta metodológica utilizando ferramentas de qualidade na avaliação do processo de pulverização. **Engenharia Agrícola**, v.26, n.2, p.627-636, 2006.

SASAKI, R.S. et al. Adjuvantes nas propriedades físicas da calda, espectro e eficiência de eletrificação das gotas utilizando a pulverização eletrostática. *Ciência Rural*, v.45, n.2, p.274-279, 2015.

SOLTANI, N; NURSE, R; ROBINSON, D; SIKKEMA, P. Effect of ammonium sulfate and water hardness on glyphosate and glufosinate activity in corn. **Canadian Journal of Plant Science**, v. 91, n. 6, p. 1053-1059, 2011.

SPERLING, M.V. Introdução à Qualidade das Águas e Tratamento de Esgotos. 3. ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais; 2005.

STIGLIANE W. M. e SPIRO T. G. Química ambiental. Ed. PEARSON . 2 ° ed., 2009.
VARIAN H. R. Microeconomia. 6ª ed. Rio de Janeiro. Elsevier. 2003.

THEISEN, G. O mercado de agroquímicos. Embrapa. 2007.

VARGAS, L.; ROMAN, E. S. Conceitos e aplicações dos adjuvantes. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2006. 10p.

VILLAS, M. BANDERALI, M. Como e porque medir a Condutividade Elétrica (CE) com sondas multiparâmetros? *AgSolve Monitoramento Ambiental*. 2013.

WEBER, J. B. Mechanisms of adsorption of s-triazines by clay colloids and factors affecting plant availability. In: GUNTHER, F.A. *Residue Reviews*. Berlin: Springer-Verlag. v.32. p.93-129, 1970.

APÊNDICE

Apêndice I. Origem da água e resultados de pH, dureza e condutividade elétrica da Mesorregião Centro-ocidental Rio-grandense.

Origem da água	pH	Dureza	Condutividade elétrica
Açude	6,33	37,10	35,29
Açude	6,23	37,10	65,35
Açude	5,79	3,50	57,00
Açude	5,53	63,70	287,10
Açude	6,55	7,70	36,01
Açude	6,34	18,90	80,23
Açude	5,23	2,80	166,10
Açude	6,16	3,50	41,99
Açude	5,89	6,30	120,80
Açude	6,76	11,90	58,30
Açude	5,77	5,60	22,60
Açude	6,34	1,50	56,90
Açude	6,03	1,80	57,97
Açude	6,14	1,50	54,07
Açude	7,16	2,80	71,84
Açude	5,20	2,10	56,88
Açude	6,26	4,70	94,74
Açude	5,85	1,40	46,57
Açude	5,55	1,20	42,64
Açude	5,63	2,30	54,63
Açude	1,11	13,3	53,70
Açude	5,58	27,3	65,99
Açude	5,23	12,6	60,72
Açude	5,85	7,7	63,75
Açude	5,80	3,5	44,83
Açude	5,92	9,8	44,10
Açude	5,80	13,3	72,79
Açude	5,68	5,6	34,26

Açude	5,42	18,2	60,43
Açude	5,12	23,1	69,01
Açude	5,16	4,9	23,06
Açude	5,95	16,8	96,18
Açude	6,20	28,70	82,93
Açude	4,81	14,70	26,47
Açude	5,16	11,2	46,68
Água da chuva	5,95	29,40	27,33
Água da chuva	5,21	4,2	18,91
Chuva	3,50	17,50	32,50
Chuva	4,30	8,4	12,23
Cisterna	6,16	2,20	51,46
Cisterna	4,56	0,20	14,77
Cisterna	5,49	1,4	9,49
Poço profundo	6,92	84,70	141,60
Poço profundo	4,66	26,60	70,07
Poço profundo	5,75	27,30	161,32
Poço profundo	6,91	10,50	71,49
Poço profundo	6,72	19,60	113,40
Poço profundo	5,72	42,70	25,61
Poço profundo	7,10	33,60	373,20
Poço profundo	5,01	32,20	106,90
Poço Profundo	5,03	14,00	49,30
Poço Profundo	5,88	6,70	105,35
Poço Profundo	6,30	4,2	211,10
Poço Profundo	6,64	50,4	167,15
Poço Profundo	6,96	47,6	166,80
Poço Profundo	6,87	49	222,95
Poço Profundo	5,15	18,2	52,33
Poço Profundo	7,48	53,2	303,50
Poço Profundo	7,12	67,9	285,00
Poço Profundo	6,88	21,7	173,65
Poço Profundo	6,03	51,1	130,75

Poço Profundo	4,94	16,8	58,91
Poço Profundo	6,23	37,10	26,06
Poço Profundo	7,78	13,3	193,40
Poço Profundo	6,16	21,7	101,19
Poço Raso/Fonte Superficial	6,93	43,40	115,40
Poço Raso/Fonte Superficial	5,07	32,90	49,08
Poço Raso/Fonte Superficial	6,20	70,00	129,90
Poço Raso/Fonte Superficial	5,02	31,50	46,92
Poço Raso/Fonte Superficial	5,19	42,00	74,66
Poço Raso/Fonte Superficial	4,86	23,10	188,00
Poço Raso/Fonte Superficial	5,07	17,50	89,20
Poço Raso/Fonte Superficial	5,56	16,80	124,10
Poço Raso/Fonte Superficial	6,43	9,10	105,00
Poço Raso/Fonte Superficial	5,03	24,50	105,30
Poço Raso/Fonte Superficial	5,28	11,90	66,10
Poço Raso/Fonte Superficial	4,95	1,40	267,00
Poço Raso/Fonte superficial	5,73	6,30	73,97
Poço raso/Fonte superficial	5,42	6,30	53,21
Poço raso/ Fonte superficial	5,65	4,20	25,80
Poço raso/Fonte superficial	4,49	3,50	15,67
Poço raso/Fonte superficial	3,79	10,50	42,10
Poço raso/Fonte superficial	4,90	22,4	156,75
Poço Raso/Fonte Superficial	4,92	2,20	81,53
Poço Raso/Fonte Superficial	4,54	0,90	27,15
Poço Raso/Fonte Superficial	6,89	4,80	102,10
Poço Raso/Fonte Superficial	6,31	0,70	37,89
Poço Raso/Fonte Superficial	5,55	14,10	213,50
Poço Raso/Fonte Superficial	5,40	0,60	47,02
Poço Raso/Fonte Superficial	5,79	8,60	114,35
Poço Raso/Fonte Superficial	6,15	1,70	61,80
Poço Raso/Fonte Superficial	5,57	1,20	71,35
Poço Raso/Fonte Superficial	6,88	9,10	106,65
Poço Raso/Fonte Superficial	5,10	0,80	42,74

Poço Raso/Fonte Superficial	5,13	9,20	243,45
Poço Raso/Fonte Superficial	5,11	1,90	67,45
Poço Raso/Fonte Superficial	5,25	1,00	40,08
Poço Raso/Fonte Superficial	6,07	1,10	37,44
Poço Raso/Fonte Superficial	5,12	0,90	51,39
Poço Raso/Fonte Superficial	5,26	0,70	30,35
Poço Raso/Fonte Superficial	6,47	6,80	85,84
Poço Raso/Fonte Superficial	4,81	4,2	40,89
Poço Raso/Fonte Superficial	6,48	51,1	168,10
Poço Raso/Fonte Superficial	4,52	9,8	46,52
Poço Raso/Fonte Superficial	4,73	14,7	43,82
Poço Raso/fonte superficial	5,12	9,80	30,11
Sanga/Arroio/Rio	8,01	49,00	47,42
Sanga/Arroio/Rio	6,17	29,40	33,14
Sanga/Arroio/Rio	6,71	43,40	66,48
Sanga/Arroio/Rio	6,72	27,30	36,20
Sanga/Arroio/Rio	6,08	7,00	29,10
Sanga/Arroio/Rio	6,54	9,10	53,96
Sanga/Arroio/Rio	7,52	2,90	77,79
Sanga/Arroio/Rio	6,60	1,60	46,93
Sanga/Arroio/Rio	6,31	16,8	61,72
Sanga/Arroio/Rio	6,45	18,2	96,74
Sanga/Arroio/Rio	6,05	11,2	47,46
Sanga/Arroio/Rio	6,35	12,6	57,09
	5,77¹	16,98¹	84,77¹
	0,93²	17,57²	67,77²

¹ Média

² Desvio padrão

Apêndice II. Origem da água e resultados de pH, dureza e condutividade elétrica da Mesorregião Centro oriental Rio-grandense.

Origem da água	pH	Dureza	Condutividade elétrica
Açude	6,31	4,60	112,50
Açude	6,13	4,30	74,98
Açude	6,25	1,80	59,30
Açude	6,85	4,50	180,25
Açude	5,49	2,40	86,07
Açude	6,76	4,60	135,05
Açude	5,67	2,90	67,48
Açude	5,98	5,10	109,50
Açude	6,38	11,30	153,25
Açude	6,66	4,70	81,21
Açude	5,85	12,6	32,79
Poço Profundo	7,12	4,90	297,60
Poço raso/Fonte superficial	6,71	30,8	131,95
Poço raso/Fonte superficial	4,63	39,90	169,65
Sanga/Arroio/Rio	5,38	2,60	82,31
	6,14¹	9,13¹	118,26¹
	0,66²	11,19²	65,13²

¹ Média

² Desvio padrão

Apêndice III. Origem da água e resultados de pH, dureza e condutividade elétrica da Mesorregião Sudoeste Rio-grandense.

Origem da água	pH	Dureza	Condutividade elétrica
Açude	5,35	11,9	54,14
Chuva	3,28	4,90	37,00
Poço artesiano (direto do poço)	5,33	19,6	106,50
Poço artesiano (filtro)	5,55	17,5	108,20
Poço artesiano (torneira)	5,82	26,6	121,60
Poço Profundo	4,83	16,10	121,40
Poço Profundo	7,03	119,00	474,80
Poço Profundo	6,94	109,90	707,70
Poço Profundo	4,82	14,00	31,35
Sanga/Arroio/Rio	5,96	47,6	134,10
	5,49¹	38,71¹	189,68¹
	1,09²	41,55²	221,69²

¹ Média

² Desvio padrão

Apêndice IV. Origem da água e resultados de pH, dureza e condutividade elétrica da Mesorregião Noroeste Rio-grandense.

Origem da água	Ph	Dureza	Condutividade elétrica
Açude	4,41	11,90	38,74
Açude	5,73	11,90	22,45
Açude	5,60	9,10	26,00
Açude	4,85	9,10	28,09
Açude	5,47	9,1	19,24
Sanga/Arroio/Rio	5,13	10,50	23,06
Sanga/Arroio/Rio	5,28	9,8	20,33
	5,21¹	10,20¹	25,42¹
	0,46²	1,27²	6,63²

¹ Média

² Desvio padrão

ANEXO I

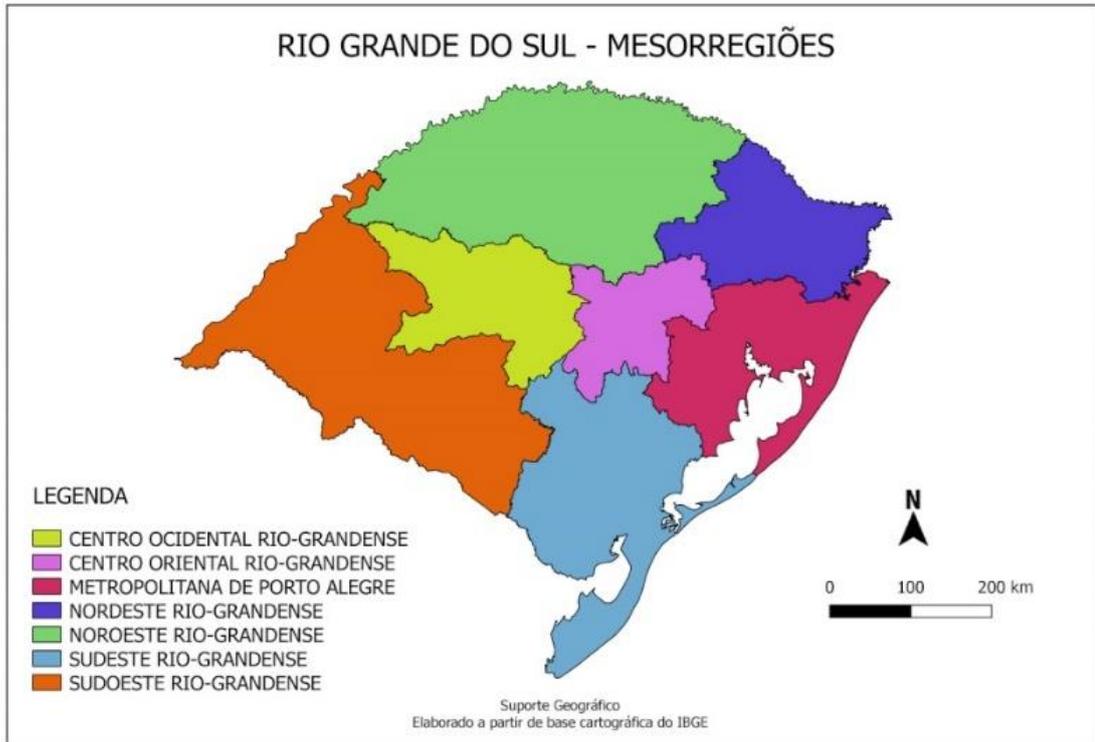
Classificação de dureza da água.

Classe	PPM de CaCO ₃	Grau de dureza (°d)
Água muito branda	71,2	4
Água branda	71,2 – 142,4	4 – 8
Água semidura	142,4 – 320,4	8 – 18
Água dura	320,4 – 534	18 – 30
Água muito dura	> 534	> 30

Fonte: Conceição (2003).

ANEXO II

Figura 1 – Mapa do Rio Grande do Sul e suas mesorregiões.



Fonte: IBGE (2020).

ANEXO III

