

PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DA ÁGUA: INTERFERÊNCIA NA PULVERIZAÇÃO AGRÍCOLA

PHYSICAL-CHEMICAL PARAMETERS OF WATER: INTERFERENCE IN AGRICULTURAL SPRAYING

 <https://doi.org/10.63330/aurumpub.033-008>

Bruna de Jesus Souza

Graduanda em Farmácia

Universidade Estadual de Maringá, Maringá – Paraná

E-mail: b.brunadejesussouza@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-5985-2948>

Carla Micaela Ripke Ferreira

Bacharel em Agronomia

Universidade Estadual de Maringá, Maringá – Paraná

E-mail: carlripke@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6606-0116>

Luana Gabrielly Onishi Saito

Graduanda em Farmácia

Universidade Estadual de Maringá, Maringá – Paraná

E-mail: luanaonishisaito@icloud.com

ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-4520-2576>

Isadora Sanches Scuisato

Graduanda em Engenharia de Alimentos

Universidade Estadual de Maringá, Maringá – Paraná

E-mail: Isa.scuisato@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-1184-7286>

Mauricio Naoki Tago

Graduando em Química Licenciatura

Universidade Estadual de Maringá, Maringá – Paraná

E-mail: tago.mauricio@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-0429-2547>

Augusto César Ferreira Monteiro

Mestrando em Química

Universidade Estadual de Maringá, Maringá – Paraná

E-mail: Augusto.cesarfm4@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-9216-6726>

Fernanda Medeiros

Mestranda em Química

Universidade Estadual de Maringá, Maringá-Paraná

E-mail: fer.medeiros@hotmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0009000295761859>

Maria Fernanda Miriani Vignoto

Mestre em Biociências e Fisiopatologia

Universidade Estadual de Maringá, Maringá – Paraná

E-mail: mariafmvignoto@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-8699-5456>

Oscar Oliveira Santos

Doutor em Química

Universidade Estadual de Maringá, Maringá – Paraná

E-mail: oosjunior@uem.br

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9631-8480>

RESUMO

A qualidade da água utilizada nas manipulações de caldas pode afetar a atividade dos produtos fitossanitários, podendo reduzir sua solubilidade, aumentar a degradação no tanque de pulverização ou ocasionar a formação de complexos insolúveis, reduzindo assim a absorção, a translocação e o consequente controle do alvo biológico. Algumas estratégias e ferramentas podem ser adotadas pelos produtores com o objetivo de minimizar as perdas de eficácia dos agroquímicos e garantir maior sucesso nas aplicações. Nesse sentido, este capítulo evidenciou que as perdas físico-químicas podem ser reduzidas por meio da realização de análises prévias à preparação das misturas em tanque, permitindo o ajuste do pH da água às exigências do produto selecionado e a quantificação dos íons presentes na amostra, especialmente aqueles relacionados à dureza total. Essas medidas contribuirão para reduzir o risco de incompatibilidades químicas na calda, prevenindo processos de degradação, complexação ou precipitação que possam comprometer o desempenho agronômico.

Palavras-chave: pH; Dureza total; Tecnologia de aplicação agrícola.

ABSTRACT

The quality of water used in the preparation of spray mixtures can affect the activity of pesticides, potentially reducing their solubility, increasing degradation in the spray tank, or causing the formation of insoluble complexes, thus reducing absorption, translocation, and consequent control of the biological target. Several strategies and tools can be adopted by producers to minimize losses in the effectiveness of agrochemicals and ensure greater success in applications. In this sense, this chapter showed that physicochemical losses can be reduced by performing analyses prior to the preparation of tank mixtures,

allowing the adjustment of the water pH to the requirements of the selected product and the quantification of ions present in the sample, especially those related to total hardness. These measures will contribute to reducing the risk of chemical incompatibilities in the spray mixture, preventing degradation, complexation, or precipitation processes that could compromise agronomic performance.

Keywords: pH; Total hardness; Agricultural application technology.

1 INTRODUÇÃO

Pela definição da Lei nº 15.070/2024 “agrotóxicos são produtos e agentes de processos físicos ou químicos isolados ou em mistura com biológicos destinados ao uso nos setores de produção, no armazenamento e no beneficiamento de produtos agrícolas, nas pastagens ou na proteção de florestas plantadas, cuja finalidade seja alterar a composição da flora ou da fauna, a fim de preservá-las da ação danosa de seres vivos considerados nocivos” (Brasil, 2024).

Mundialmente, o uso de defensivos agrícolas tem grande relevância na proteção das culturas, auxiliando no controle de insetos-pragas, fitopatógenos, nematóides e plantas invasoras, estes organismos são capazes de causar danos severos e grandes perdas no rendimento nas lavouras. O uso indiscriminado, caracterizado pela aplicação sem critérios técnicos adequados quanto à dose, momento e condições ambientais, pode causar grande impacto ambiental, contaminando reservatórios de água, rios, recursos hídricos e bacias fluviais, interferindo na fauna e flora aquáticas (Sousa et al., 2016; Vieira et al., 2016). Além disso, pode provocar alterações significativas na dinâmica das populações de organismos não alvo, especialmente daqueles responsáveis pela decomposição da matéria orgânica e pela ciclagem de nutrientes, reduzindo a biodiversidade e causando desequilíbrios ecológicos (Belchior et al., 2014; Contiero; Biffe; Catapan, 2018).

No contexto da pulverização agrícola, as perdas correspondem à fração do produto aplicado que não atinge efetivamente o alvo biológico, comprometendo a eficiência do controle e aumentando os riscos ambientais. Essas perdas podem ser classificadas em físicas e químicas de acordo com Antuniassi (2009). Pode-se dizer que, as perdas físicas são decorrentes de deriva, evaporação, escoamento das gotas pela chuva. Já as perdas químicas decorrem da alteração da estabilidade ou da disponibilidade do princípio ativo na calda ou após a aplicação, podendo ocorrer pela inativação dos ativos em função da presença de colóides e cátions na água, pela degradação dos ativos em condições de pH inadequado, pela fotodegradação induzida pela radiação solar e por incompatibilidades em misturas de tanque, resultando em fenômenos como decantação, floculação e antagonismo entre produtos (Antuniassi, 2009).

Visando minimizar tais perdas, atestar a qualidade da água a ser utilizada para as aplicações de defensivos agrícolas torna-se essencial, pois, a água é o solvente mais utilizado nos tanques de pulverização,

devido ao baixo custo e fácil obtenção agregado (Jungert; Helving, 2022). Em especial, os parâmetros de potencial hidrogeniônico (pH) e a dureza total da água são fundamentais no sistema de plantio e controle de agentes indesejados para uma aplicação eficiente e segura (Neto et al., 2024). Neste âmbito, a revisão bibliográfica abordada neste capítulo busca aprimorar o entendimento sobre como o efeito da qualidade da água afeta o sistema de pulverização agrícola, auxiliando assim, a preencher as lacunas literárias existentes sobre o tema.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO NAS PULVERIZAÇÕES AGRÍCOLAS

Segundo Azevedo e Freire (2006), a tecnologia de aplicação consiste na utilização de um equipamento adequado para aplicar um produto químico de forma a garantir o controle do alvo biológico no momento oportuno, de maneira econômica, eficiente e segura, minimizando os riscos de contaminação do homem e do meio ambiente. Sendo assim, a aplicação correta deve unir eficiência no controle, economia de produto e segurança operacional, fatores fundamentais para uma agricultura sustentável e de alta performance.

As perdas podem reduzir a dose real dos defensivos agrícolas aplicados sobre os alvos e podem ser divididas em perdas físicas e químicas. As perdas físicas incluem deriva e evaporação, escorrimento e rebote das gotas, além da lavagem do produto pela chuva. Já as perdas químicas envolvem a inativação dos princípios ativos devido à presença de cátions e colóides na água, degradação por pH inadequado e fotodegradação por raios UV, além de problemas decorrentes de misturas de tanque mal formuladas, como decantação, floculação e antagonismo entre os produtos. Essas perdas comprometem a eficácia do tratamento e aumentam os riscos de impactos ambientais (Antuniassi, 2006; Contiero; Biffe; Catapan, 2018).

As perdas químicas representam um ponto crítico na eficiência das aplicações dos agroquímicos, pois ocorrem mesmo quando a aplicação é operacionalmente correta, relacionando-se diretamente à qualidade da água e à estabilidade das formulações. Desse modo, variações nesses parâmetros podem acelerar reações de degradação, favorecer interações indesejáveis entre compostos e reduzir a disponibilidade do princípio ativo, tornando o manejo adequado da qualidade da água e da formulação da calda um fator decisivo para o sucesso no controle do alvo (Queiroz; Martins; Cunha, 2008).

Diante desse cenário, a incompatibilidade química pode ocorrer, por exemplo, na presença de concentrações elevadas de cálcio, magnésio, ou outros íons presentes na água dura, que podem interagir com o ingrediente ativo, formando complexos menos solúveis ou precipitados, resultando em sua inativação parcial ou total. Também há grande relevância nas misturas em tanque a faixa de pH adequada, pois não existe um pH ideal para todas as aplicações, o mesmo exerce grande influência na degradação dos produtos.

O pH é dependente de cada produto que será aplicado, por isso é importante seu monitoramento antes e após o preparo da calda final (Gazziero et al., 2021).

2.2 QUALIDADE DA ÁGUA NO PREPARO DE CALDAS

A água é um recurso natural indispensável para a sobrevivência dos seres humanos, animais, e as plantas, influenciando diretamente o funcionamento da economia global (Dey et al., 2024). Sua qualidade constitui-se como um dos principais fatores para a eficiência e segurança no tratamento fitossanitário (Neto et al., 2024). Simultaneamente, Daramola *et al.* (2022) ressaltam que, este recurso hídrico é o principal utilizado na aplicação agrícola para plantas daninhas assegurando uma dispersão homogênea de frações adequadas em grande área da propriedade através da pulverização.

Nesse contexto, analisar a qualidade da água torna-se essencial, visto que fatores como o pH, a dureza total, além da concentração e natureza dos sais e íons dissolvidos, entre outros, influenciam diretamente a qualidade química final (Daramola et al., 2022). Estes componentes podem interferir na estabilidade da calda de aplicação, causando alteração no desempenho dos produtos (Contiero; Biffe; Catapan, 2018; Spadoni, 2019).

Na aplicação agrícola, o potencial hidrogeniônico (pH) influencia a disponibilidade de íons em suspensão, que podem reagir com o ingrediente ativo, afetando assim, a estabilidade físico-química da calda. Em ambientes ácidos, pode ocorrer a degradação de alguns componentes ativos ou alterações nas propriedades físicas de certas formulações. Já em pH elevado, há o risco de hidrólise alcalina, quebrando a molécula dos ingredientes ativos e formando compostos inativos, comprometendo a eficácia do produto (Contiero; Biffe; Catapan, 2018; Pereira; Moura; Pinheiro, 2015).

De acordo com Vargas e Roman (2006), águas mais alcalinas favorecem a dissociação das moléculas, o que significa que caldas de aplicação com pH elevado enfrentam maior dificuldade de serem absorvidas pela planta, reduzindo, ao final, a eficácia do produto. Sob essa perspectiva, um pH próximo de 5 de modo geral é o adequado para a aplicação de herbicidas, inseticidas e fungicidas (Queiroz; Martins; Cunha, 2008)

Grzanka *et al.* (2021) corroboram com o exposto acima, indicando que o valor de pH deve ser ajustado corretamente dependendo da composição do produto fitossanitário alvo. Este fato, determina a absorção e a translocação do ingrediente ativo dos herbicidas pelas plantas daninhas levando ao controle ideal na produtividade agrícola.

No que se refere à dureza total é reconhecida como a concentração de íons alcalino-terrosos dissolvidos, expressa em equivalente de carbonato de cálcio (CaCO_3), sendo representada principalmente pelos cátions cálcio (Ca^{2+}) e magnésio (Mg^{2+}) dissolvidos na água, geralmente provenientes de carbonatos, bicarbonatos, cloretos e sulfatos (Mendonça; Flores, 2017; Pereira; Moura; Pinheiro, 2015). Em tal

situação, estas características físico-química podem comprometer a eficiência das caldas de pulverização, uma vez que esses íons tendem a interagir com determinados princípios ativos, formando complexos menos solúveis ou precipitados, como consequência, ocorre redução da disponibilidade do ingrediente ativo na solução e diminuição da eficácia biológica do produto aplicado (Prado et al., 2011).

Além disso, a dureza da água é vista como uma propriedade química que indica a concentração de íons dissolvidos exercendo grande interferência na absorção e translocação dos defensivos agrícolas, devido a reações entre as cargas negativas e positivas presentes na calda que quando se combinam com outros minerais e compostos formam sais que influenciarão várias propriedades da água, como sabor, seu uso doméstico, aplicação industrial, e, até sua interação com produtos químicos podendo reduzir a eficácia de defensivos agrícolas (Neto et al., 2024).

É válido ressaltar que, os níveis de dureza podem ser influenciados pela localização geográfica e o tipo de captação da água, podendo resultar em variações significativas na concentração de CaCO_3 (Dey et al., 2024; Mirzaei et al., 2023). Assim, a dureza total é expressa em mg L^{-1} de equivalente de CaCO_3 , e sua classificação varia de acordo com o grau de dureza apresentado na Tabela 1.

Tabela 1. Classificação da dureza da água.	
Tipo de água	Dureza total (mg L^{-1} de CaCO_3)
Macia	0-50
Moderadamente macio	50-100
Ligeiramente dura	100-150
Moderadamente dura	150-250
Duro	250-350
Muito dura	>350

Fonte: Adaptado de Shariat-Rad; Heidari (2020).

Níveis indesejados no teor de dureza traz inúmeros efeitos indesejados, em ampla faixa de aplicações, como por exemplo, as altas concentrações para tubulações e equipamentos podem ocasionar problemas de incrustações. Já em espécies de peixes como os alevinos águas com baixa dureza podem ser prejudiciais para o desenvolvimento das espécies, visto que, necessitam do recurso hídrico para a absorção de minerais indispensáveis na fase inicial de desenvolvimento, bem como estão relacionadas ao aumento no risco de doenças (Astrofsky; Bullis; Sagerstrom, 2002; Buker *et al.*, 2021).

2.3 MONITORAMENTO DOS PARÂMETROS DE PH E DUREZA TOTAL

O conhecimento físico-químico da água permite a identificação e quantificação dos componentes e das espécies iônicas ali presentes que elucidam interações diretas no meio ambiente, bem como na estabilidade, reatividade e desempenho de insumos agrícolas (Jungert; Helving, 2022). Conforme mencionado anteriormente, o pH e a dureza total são parâmetros que exercem elevada interferência sobre a qualidade final da aplicação dos produtos agrícolas. Interligados, a dureza decorrente do nível de cálcio associada ao bicarbonato que resultam na formação de carbonato de cálcio podem acelerar a degradação do defensivo agrícola, além de que, interfere na variação do pH, que somado a isso, influenciam a constante de dissociação das moléculas dos constituintes do produto impactando o processo na absorção pelos tecidos vegetais (Nogueira *et al.*, 2022).

2.3.1 Potencial Hidrogeniônico e Dureza Total

O pH representa a concentração de íons H^+ no analito, indicando o grau de acidez, neutralidade ou basicidade da amostra. Também exerce influência no grau de solubilidade de diversas substâncias, podendo determinar níveis de toxicidade (Xavier; Quadros; Silva, 2022; Rabelo, 2015). Habitualmente, o pH pode ser determinado por dois métodos principais, sendo o método colorimétrico e o método eletrométrico. O primeiro, baseia-se na leitura utilizando tiras de papel com indicadores, enquanto o segundo utiliza potenciômetro equipado com eletrodo de vidro (Caenn, 2011).

Apesar da simplicidade no emprego, métodos colorimétricos apresentam algumas limitações relacionadas à subjetividade na leitura. Isto se deve ao fato de que, durante a análise são utilizados tiras de papel indicador com corantes orgânicos que variam de coloração dependendo do nível de pH. Comumente, o papel entra em contato com a amostra até a estabilização da cor e há uma comparação do resultado com uma escala de cores que auxilia o usuário a determinar a faixa de pH. No entanto, elevadas concentrações de sal podem modificar a cor desenvolvida pelos corantes tornando a medida do pH imprecisa (Allan; Heacock, 2017; Caenn, 2011).

Já os métodos potenciométricos para leitura do pH baseiam-se na medição da diferença de potencial elétrico entre o eletrodo indicador e o eletrodo de referência, permitindo a quantificação da atividade dos íons hidrogênio na solução. Para essa determinação, podem ser utilizados diferentes reagentes e soluções de calibração, como a solução de cloreto de potássio, empregada no eletrodo de referência, além de soluções tampão padrão de pH 4,0; 7,0 e 10,0. Também podem ser utilizadas soluções certificadas como Materiais de Referência Certificados (MRC) de pH 4,0; 7,0 e 10,0, garantindo maior rastreabilidade e confiabilidade metrológica às medições. Contudo, são considerados métodos considerados mais caros que requerem calibração, e, em muitos casos, tornam-se inviáveis em ambientes com infraestrutura limitada ou em atividades de campo (Caenn, 2011; Sánchez *et al.*, 2025).

Nesse contexto, a análise de pH por diferentes métodos é um parâmetro mundialmente utilizado em diversas áreas incluindo a biotecnologia, química, ciências farmacêuticas, ciências dos alimentos, ciências agrárias, na medicina, e, muito mais haja visto o impacto significativo na vida humana, dos animais e das plantas desde contextos de pesquisa quanto aplicados (Allan; Heacock, 2017; Gonzáles-Gonzáles *et al.*, 2025; Sánchez *et al.*, 2025).

Com relação a determinação da dureza da água, é necessária a análise da dureza cálcica realizada em laboratório. O método padrão para a determinação desse parâmetro é caracterizado por uma execução complexa, relativamente demorada, mas é amplamente empregado por ser um método simples, de baixo custo e boa confiabilidade baseando-se na titulometria com ácido etilenodiaminotetracético (EDTA) no qual fazendo uso de indicadores como o Eriocromo Negro T, é possível determinar conjuntamente as concentrações de cálcio e magnésio, (Shariati-Rad; Heidari, 2020).

Entretanto, outras técnicas analíticas mais sofisticadas além do procedimento clássico podem ser empregadas permitindo determinar a concentração de um composto em solução de modo eficaz. Podem-se citar a técnica de espectrometria de absorção atômica, métodos potenciométricos e cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massas (GC-MS), bem como abordagens mais recentes, como a colorimetria baseada em imagens digitais, relacionando a concentração de Ca^{2+} com os valores de cor do sistema RGB e o a intensidade do sinal obtido espectrofotometria na região do UV-visível, o uso da espectrometria de absorção atômica com chama (FAAS) e, outras que podem ser aplicadas quando há um interesse em uma maior sensibilidade, automação ou análise específica, especificando que diferentes abordagens são viáveis para a quantificação da dureza da água critério fundamental nos sistemas de caldas para pulverização (Bulut *et al.*, 2010; Damasceno *et al.*, 2016; Shariati-Rad; Heidari, 2020).

3 CONCLUSÃO

A tecnologia de aplicação de defensivos agrícolas constitui elemento fundamental para a eficiência no manejo fitossanitário de pragas, doenças e plantas invasoras que comprometem resultados satisfatórios de produtividade nas lavouras, ademais para a redução de impactos ambientais. A correta seleção de equipamentos, o preparo adequado das caldas e a consideração das condições ambientais são determinantes para minimizar perdas físicas e químicas, assegurando maior deposição do produto no alvo biológico.

Desse modo, a qualidade da água utilizada na pulverização assume papel central, especialmente no que se refere ao pH e à dureza. Pois, esses parâmetros influenciam diretamente a estabilidade das formulações e a funcionalidade do princípio ativo utilizado. Assim, a adoção de métodos analíticos confiáveis para a determinação do pH e da dureza da água é essencial para o manejo adequado da calda, contribuindo para aplicações mais seguras e eficazes, concomitantemente reduzindo os impactos ao meio ambiente.

REFERÊNCIAS

- ALLAN, D.; HEACOCK, H. Determining the accuracy of colorimetric pH testing compared to potentiometric methods. **Environmental Public Health Journal**, v. 1, n. 1, p. 1–9, 2017.
- ANTUNIASSI, U. R. Conceitos básicos da tecnologia de aplicação de defensivos para a cultura da soja. **Boletim de Pesquisa de Soja**, v. 13, p. 299–317, 2009.
- ANTUNIASSI, U. R. Tecnologia de aplicação de defensivos. **Revista Plantio Direto**, v. 15, p. 17–22, 2006.
- ASTROFSKY, Keith M.; BULLIS, Robert A.; SAGERSTROM, Charles G. Chapter 19 – Biology and management of the zebrafish. In: American college of laboratory animal medicine. **Laboratory Animal Medicine**, 2. ed. San Diego: Academic Press p. 861–883, 2002.
- AZEVEDO, F. R. de; FREIRE, F. C. O. Tecnologia de aplicação de defensivos agrícolas. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2006. 47 p. (Embrapa Agroindústria Tropical. Documentos, 102).
- BRASIL. **Lei nº 15.070, de 23 de dezembro de 2024. Brasília: Diário Oficial da União**, 2024. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2023-2026/2024/lei/l15070.htm. Acesso em 10 dez. 2025.
- BELCHIOR, Diana Cléssia Viana *et al.* Impactos de agrotóxicos sobre o meio ambiente e a saúde humana. In: **Cadernos de Ciência & Tecnologia**. v. 34 p. 135–151, 2014.
- BUKER, O., STOLT, K., KRONER, C., BENKOVA, M., PAVLAS, J., & SEYPKA, V. Investigations on the influence of total water hardness and pH value on the measurement accuracy of domestic cold water meters. **Water**, v. 13, n.19, 2021.
- BULUT, V. N., ARSLAN, D., OZDES, D., Soylak, M., & TUFEKCI, M. Preconcentration, separation and spectrophotometric determination of aluminium (III) in water samples and dialysis concentrates at trace levels with 8-hydroxyquinoline–cobalt (II) coprecipitation system. **Journal of Hazardous Materials**, v. 182, p.331–336, 2010.
- CAENN, Ryen. Equipment and procedures for evaluating drilling fluid performance. In: *Composition and properties of drilling and completion fluids*. **Oxford: Elsevier**, p. 91–135, 2011.
- CONTIERO, Robinson Luiz; BIFFE, Denis Fernando; CATAPAN, Valdenir. Tecnologia de Aplicação. In: **Hortaliças-fruto**, p. 401–449, 2018.
- DAMASCENO, Deangelis, et al. "CompVis: a novel method for drinking water alkalinity and total hardness analyses." **Analytical Methods**, v.8. n.43, p.7832–7836, 2016.
- DARAMOLA, O. S. et al. Spray water quality and herbicide performance: A review. **Weed Technology**, v. 36, n. 1, p. 758–767, 2022.
- DEY, S. et al. Removal of chlorides and hardness from contaminated water by using various biosorbents: A comprehensive review. **Water-Energy Nexus**, v. 7, n. 1, p. 39–76, 2024.
- GAZZIERO, Dionísio Luiz Pisa *et al.* Manual técnico para subsidiar a mistura em tanque de agrotóxicos

e afins Manual técnico para subsidiar a mistura em tanque de agrotóxicos e afins. **Embrapa Soja**, n. 1, p. 1–24, 2021.

GRZANKA, M. et al. Herbicides Efficacy against Volunteer Oilseed Rape as Influenced by Spray Solution pH. **Agronomy**, v. 11, n. 887, p. 1–11, 2021.

GONZÁLEZ-GONZÁLEZ, M. et al. Development and evaluation of colorimetric pH determination methods as a potential tool for biomarkers monitoring. **Journal of Chemical Technology Biotechnology**, v. 1, n. 1, p. 1–8, 2025.

JUNGERT, Alex; HELVIG, Enelise Osco. **Análise da eficiência de adjuvantes no pH e dureza da água de pulverização**. Guarapuava: Centro Universitário Campo Real, 2022. Disponível em: <https://repositorio.camporeal.edu.br/index.php/engagro/article/view/204/203>. Acesso em: 05 nov. 2025.

MENDONÇA, Jean Karlo Acosta; FLORES, Jéssica Soares. Desenvolvimento de uma metodologia simples para determinação da dureza da água. **ScientiaTec: Revista de Educação, Ciência e Tecnologia do IFRS**, p. 133–142, 2017.

MIRZAEI, M. et al. Effects and mitigation of poor water quality on herbicide performance: A review. **Willey**, v. 63, n. 1, p. 139–152, 2023.

NETO, Roberto Costa Avila *et al.* pH and water hardness on the efficiency of auxin mimics herbicides. **Ciência Rural**, v. 54, p. 1–12, 2024.

NOGUEIRA, N. A. A. et al. Caracterização do ph em função do tempo de preparo da calda e tipos de adjuvantes. **AGRARIAN ACADEMY**, v. 9, n. 17, p. 26–34, 2022.

PEREIRA, Ricardo Borges; MOURA, Alexandre Pinho De; PINHEIRO, Jadir Borges. Tecnologia de Aplicação de Agrotóxicos em Cultivo Protegido de Tomate e Pimentão. **Embrapa Instrumentação Agropecuária**, n. 1, p. 1–20, 2015.

PRADO, Evandro Pereira *et al.* 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, p. 389–396, 2011.

QUEIROZ, Angélica Araujo; MARTINS, Juliana Araújo Santos; CUNHA, João Paulo Arantes Rodrigues da. Adjuvantes e qualidade da água na aplicação de agrotóxicos. **Biosci. J.**, v. 24, n. 1, p. 8–19, 2008.

RABELO, M. C. & DANNA, L. Avaliação da qualidade da água: parâmetros químicos e físicos da sub-bacia do rio tamanduteí e da micro-bacia hidrográfica parque do pedroso. **Águas Subterrâneas**, 2015.

SÁNCHEZ, A. A. et al. Paper-Based Colorimetric pH Test Strip Using Bio-Derived Dyes. **Biosensors**, v. 15, n. 816, p. 1–17, 2025.

SHARIATI-RAD, Masoud; HEIDARI, Saeideh. Classification of and determination of total hardness of water using silver nanoparticles. **Talanta**, p. 1–29, 2020.

SOUSA, Anayla S. *et al.* Estimated Levels of Environmental Contamination and Health Risk Assessment for Herbicides and Insecticides in Surface Water of Ceara, Brazil. *In: Bull Environ Contam Toxicol*. p. 90–95, 2016.

SPADONI, Ana Beatriz Dilena. Propriedades físico-químicas e primórdios da perda de estabilidade de calda inseticida em misturas com fungicidas e adjuvantes. p. 1–68, 2019.

VARGAS, L.; ROMAN, E. S. Herbicidas e a qualidade química da água usada como diluente. **Passo Fundo: Embrapa Trigo**, 2006.

VIEIRA, danielle Cristina *et al.* Chemosphere Ecological risk analysis of pesticides used on irrigated rice crops in southern Brazil. **Chemosphere**, v. 162, p. 48–54, 2016.

XAVIER, M. das V. S., QUADROS, H. C. & SILVA, M. S. S. da. Parâmetros de potabilidade da água para o consumo humano: uma revisão integrativa. **Research, Society and Development**, v.11, e42511125118- e42511125118, 2022.