



C A P Í T U L O 5

QUALIDADE DE ÁGUA PARA IRRIGAÇÃO

Jessica Sabrina de Castro Couto

Programa de Pós-graduação em Engenharia de Sistemas Agrícolas/PPGESA,
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”/ESALQ, Universidade de São
Paulo/USP Avenida Pádua Dias, 11, 13418-900, Piracicaba/SP, Brasil

Vinícius Villa e Vila

Programa de Pós-graduação em Engenharia de Sistemas Agrícolas/PPGESA,
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”/ESALQ, Universidade de São
Paulo/USP Avenida Pádua Dias, 11, 13418-900, Piracicaba/SP, Brasil

Ana Cláudia Sátiro de Araújo

Programa de Pós-graduação em Engenharia de Sistemas Agrícolas/PPGESA,
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”/ESALQ, Universidade de São
Paulo/USP Avenida Pádua Dias, 11, 13418-900, Piracicaba/SP, Brasil

Patrícia Angélica Alves Marques

Programa de Pós-graduação em Engenharia de Sistemas Agrícolas/PPGESA,
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”/ESALQ, Universidade de São
Paulo/USP Avenida Pádua Dias, 11, 13418-900, Piracicaba/SP, Brasil

Fernando Campos Mendonça

Programa de Pós-graduação em Engenharia de Sistemas Agrícolas/PPGESA,
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”/ESALQ, Universidade de São
Paulo/USP Avenida Pádua Dias, 11, 13418-900, Piracicaba/SP, Brasil

Marcos Vinicius Folegatti

Programa de Pós-graduação em Engenharia de Sistemas Agrícolas/PPGESA,
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”/ESALQ, Universidade de São
Paulo/USP Avenida Pádua Dias, 11, 13418-900, Piracicaba/SP, Brasil

Tamara Maria Gomes

Programa de Pós-graduação em Engenharia de Sistemas Agrícolas/PPGESA,
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”/ESALQ, Universidade de São
Paulo/USP Avenida Pádua Dias, 11, 13418-900, Piracicaba/SP, Brasil

RESUMO: A avaliação da qualidade da água é fundamental para garantir sua adequação a diferentes usos como consumo humano, irrigação e dessedentação de animais. Desse modo, parâmetros como condutividade elétrica, pH, sódio, potássio e coliformes permitem identificar a composição química, o grau de salinidade, o equilíbrio ácido-base e a presença de contaminação microbiológica. Esses indicadores são influenciados por fatores naturais e principalmente antrópicos como práticas agrícolas e despejos de efluentes. O processo de análise envolve etapas de coleta adequada, preparação das amostras, uso de equipamentos específicos, além do registro sistemático dos resultados. Na irrigação a interpretação dos resultados é feita com base em normas e recomendações, permitindo avaliar conformidades e identificar possíveis riscos. Dessa forma, os parâmetros de qualidade da água oferecem suporte indispensável para a saúde pública, o manejo eficiente dos sistemas agrícolas e a gestão sustentável dos recursos hídricos.

PALAVRAS-CHAVE: qualidade da água; monitoramento; análises laboratoriais.

ABSTRACT: The assessment of water quality is essential to ensure its suitability for different uses such as human consumption, irrigation, and livestock watering. Parameters such as electrical conductivity, pH, sodium, potassium, and coliforms allow the identification of chemical composition, salinity levels, acid-base balance, and the presence of microbiological contamination. These indicators are influenced by natural factors and especially by anthropogenic activities such as agricultural practices and wastewater discharge. The analytical process involves proper sample collection, sample preparation, the use of specific equipment, and systematic recording of results. In irrigation, the interpretation of results is based on standards and guidelines, allowing the evaluation of compliance and the identification of potential risks. Thus, water quality parameters provide essential support for public health, efficient agricultural management, and the sustainable administration of water resources.

KEYWORDS: water quality; monitoring; laboratory analyses.

INTRODUÇÃO

A qualidade da água utilizada na irrigação é um dos fatores mais importantes para garantir produtividade e desempenho adequado dos sistemas agrícolas. Mesmo quando a água está disponível em quantidade suficiente, suas características químicas, físicas e biológicas podem influenciar diretamente o crescimento das plantas, a eficiência dos equipamentos de irrigação e a conservação das propriedades do solo. Por isso, conhecer e monitorar a qualidade da água é fundamental para o planejamento do manejo. Nesse contexto, entender os principais parâmetros e seus efeitos permite ao produtor adotar estratégias práticas e prevenir prejuízos.

A avaliação da qualidade da água envolve diversos parâmetros que determinam a forma como ela se comporta no solo e interage com as plantas. Entre os mais relevantes estão a salinidade, o teor de íons específicos, o pH, a turbidez e a presença de microrganismos. Cada um desses fatores exerce influência distinta no ambiente agrícola e, quando não monitorados, podem causar problemas como entupimento de emissores, compactação do solo, desequilíbrios nutricionais e queda de produtividade. A salinidade, por exemplo, refere-se à concentração total de sais dissolvidos na água; quando elevada, afeta a capacidade das plantas de absorver água, causando estresse hídrico mesmo em solos aparentemente úmidos. Já o excesso de sódio pode promover dispersão das partículas do solo, reduzindo a infiltração e prejudicando sua estrutura. O pH interfere diretamente na disponibilidade de nutrientes e no metabolismo das plantas, enquanto a turbidez e a contaminação biológica podem comprometer o funcionamento de equipamentos, especialmente em sistemas de irrigação localizada.

Em áreas irrigadas com água salina, por exemplo, ocorre acúmulo de sais nas camadas superficiais devido à evaporação, aumentando a salinização do solo e reduzindo a absorção de água pelas raízes. Em solos afetados por alto teor de sódio, além da toxicidade direta às plantas, há degradação física, dificultando o preparo, a infiltração de água e a oxigenação do sistema radicular. Esses efeitos mostram a importância do acompanhamento periódico da água, evitando que o problema se agrave silenciosamente. As plantas também apresentam diferentes níveis de tolerância aos componentes presentes na água: algumas espécies suportam salinidade moderada, enquanto outras sofrem danos mesmo em níveis baixos. Conhecer essas particularidades permite ao produtor escolher cultivares mais adaptadas e definir manejos específicos de irrigação que evitem estresse fisiológico, necrose foliar, redução de crescimento e perda de rendimento.

A análise da qualidade da água é um processo fundamental para avaliar se a água atende aos padrões e requisitos necessários para um uso específico. Quando a água é destinada ao consumo humano, é necessário garantir que ela esteja livre de contaminantes que possam representar riscos à saúde. Parâmetros como concentrações de patógenos, substâncias químicas tóxicas e características físicas são avaliados (Quadro 1). As normas de qualidade da água potável devem ser atendidas para garantir a segurança dos indivíduos (BRASIL, 2021). A água usada na irrigação deve ser avaliada quanto à sua composição química e à presença de contaminantes que possam afetar as plantas, o solo e a segurança dos alimentos produzidos (Almeida, 2010).

Quadro 1. Comparação entre parâmetros de qualidade da água para consumo humano e para irrigação.

Parâmetro	Água para consumo humano	Água para irrigação
Condutividade Elétrica (CE)	Geralmente baixa na água potável para evitar o acúmulo de sais no corpo humano.	Níveis mais altos podem ser tolerados na água de irrigação, mas a CE deve ser monitorada para evitar salinização do solo.
pH	Deve estar na faixa de pH neutro (cerca de 6,5 a 8,5) para evitar efeitos adversos à saúde.	Pode variar dependendo das culturas e do tipo de solo. Geralmente, um pH ligeiramente ácido a neutro é preferível.
Sódio	Baixo teor desejável de sódio para a saúde humana. Elevados níveis podem ser prejudiciais.	Níveis moderados de sódio geralmente tolerados, mas níveis muito altos podem prejudicar algumas culturas e o solo.
Potássio	Não é um parâmetro regulamentado na água potável, mas níveis moderados são aceitáveis.	O potássio é um nutriente importante para as plantas e pode ser benéfico, desde que não esteja em excesso.
Turbidez	Deve ser baixa na água potável para garantir a clareza e a ausência de partículas em suspensão.	A turbidez não é tão crítica na água de irrigação, mas água excessivamente turva pode causar problemas de obstrução em sistemas de irrigação.
Coliformes fecais	Deve estar ausente ou em níveis muito baixos, pois indicam contaminação fecal e risco à saúde humana.	Não é um parâmetro crítico na água de irrigação, mas altos níveis podem indicar contaminação e impactar a qualidade da água para as plantas.
Coliformes totais	Deve estar ausente ou em níveis muito baixos, pois podem indicar contaminação e risco à saúde humana.	Não é um parâmetro crítico na água de irrigação, mas altos níveis podem indicar contaminação e impactar a qualidade da água para as culturas.
Cloro	Deve ser presente em quantidade apropriada para desinfecção e garantia da qualidade da água.	Pode ser necessário controlar o teor de cloro na água de irrigação para evitar efeitos negativos nas plantas.
Ferro	Baixos níveis são desejáveis na água potável, pois altos níveis podem afetar o sabor e causar manchas.	O ferro pode estar presente na água de irrigação, mas em excesso, pode prejudicar as plantas.
Dureza	A dureza pode variar, mas níveis moderados são geralmente aceitáveis para o consumo humano.	A dureza da água de irrigação pode afetar a eficácia dos fertilizantes e pode exigir ajustes dependendo das necessidades da cultura.

Fonte: Almeida, 2010; BRASIL, 2017; BRASIL, 2021.

COLETA DA AMOSTRA DE ÁGUA

A coleta de amostras de água para análise laboratorial deve ser realizada com cuidado, pois qualquer erro nessa etapa pode comprometer os resultados e gerar interpretações equivocadas sobre a qualidade da água disponível para irrigação. O procedimento inicia-se com a seleção de recipientes limpos e adequados, preferencialmente frascos esterilizados ou frascos fornecidos pelo próprio laboratório. Antes da coleta, recomenda-se identificar corretamente o recipiente, anotando o local, data, horário e responsável pela amostragem.

A água deve ser coletada de um ponto que represente de forma fiel a fonte utilizada na irrigação. Em poços artesianos, por exemplo, é importante deixar a bomba funcionando por alguns minutos antes da coleta, de modo a eliminar água parada na tubulação. Em rios, lagos, represas ou canais, a coleta deve ser feita a uma profundidade de aproximadamente 20 centímetros abaixo da superfície, evitando áreas com acúmulo de matéria orgânica, margens e locais com fluxo muito lento.

Antes de encher o frasco, recomenda-se enxaguá-lo três vezes com a própria água a ser coletada, exceto quando houver conservantes no frasco (caso comum para análises microbiológicas), pois nesses casos o enxágue não deve ser realizado. A coleta deve ser feita deixando o recipiente encher lentamente, evitando turbulência e garantindo que ele seja preenchido quase até a borda para minimizar a presença de ar. Quando a análise incluir coliformes, o frasco deve possuir tampa esterilizada e nunca pode ser tocado internamente.

Após a coleta, o frasco deve ser imediatamente fechado e mantido resfriado, preferencialmente entre 4 e 10 °C, armazenado em caixa térmica com gelo, evitando congelamento. O transporte até o laboratório deve ocorrer o mais rápido possível, idealmente dentro de 24 horas, especialmente quando serão realizadas análises microbiológicas. É fundamental acompanhar a amostra com uma ficha de identificação contendo informações sobre o ponto de coleta, condições da água, finalidade da análise e demais dados solicitados pelo laboratório.

Esse procedimento assegura que a amostra mantenha suas características físicas, químicas e microbiológicas até o momento da análise, permitindo que os resultados reflitam de forma precisa a real qualidade da água utilizada na irrigação.

DETERMINAÇÃO DA CONDUTIVIDADE ELÉTRICA

A determinação da Condutividade Elétrica (CE) da água é um procedimento fundamental para avaliar a quantidade de sais dissolvidos no líquido, sendo amplamente utilizada no monitoramento da qualidade da água destinada à irrigação (Molin e Rabelo, 2011). A CE indica o nível de salinidade, que influencia diretamente a

absorção de água pelas plantas e pode provocar desde estresse hídrico até problemas de salinização do solo, caso não seja adequadamente controlada. Para realizar a medição, utiliza-se um condutivímetro, equipamento que deve ser previamente verificado para garantir que esteja devidamente calibrado.

A análise inicia-se com a coleta da amostra em um recipiente limpo e isento de qualquer contaminação, a qual é, em seguida, transferida para um frasco apropriado. O condutivímetro deve ser ligado conforme as orientações do manual do fabricante, e seu eletrodo é inserido na amostra, assegurando-se que fique submerso. Após alguns instantes, a leitura se estabiliza no visor do equipamento, permitindo a verificação precisa do valor da CE. Concluída a medição, o eletrodo deve ser enxaguado com água destilada para evitar interferências nas próximas análises, e o resultado obtido é registrado. Esse procedimento simples, quando realizado corretamente, fornece informações essenciais para o manejo seguro e eficiente da irrigação.

DETERMINAÇÃO DO PH

A determinação do pH da água é um procedimento essencial para avaliar seu caráter ácido, neutro ou alcalino, informação que influencia diretamente a disponibilidade de nutrientes, a eficiência de defensivos e fertilizantes e o comportamento químico da água no solo e nos sistemas de irrigação. O pH não representa, por si só, um risco sanitário imediato, mas funciona como um importante indicador de qualidade, permitindo identificar alterações que podem comprometer o uso agrícola da água. Para realizar essa medição, utiliza-se um pHmetro previamente calibrado, etapa indispensável para garantir a precisão dos resultados, que se distingue em ácido ($\text{pH} < 7$), neutra ($\text{pH} = 7$) ou alcalino ($\text{pH} > 7$) (CETESB, 2019).

A amostra deve ser coletada em um recipiente limpo e livre de qualquer contaminação e, em seguida, transferida para um bquer adequado. O eletrodo do pHmetro é então inserido na amostra, assegurando que esteja completamente submerso. Após alguns segundos, o aparelho estabiliza a leitura no visor, permitindo a verificação do valor de pH. Assim como em outras análises, o eletrodo deve ser enxaguado com água destilada após cada medição, prevenindo interferências em testes posteriores. Por fim, o valor determinado é registrado no quadro apropriado. Esse processo simples e rápido oferece informações fundamentais para o monitoramento e o manejo adequado da qualidade da água utilizada na irrigação.

Na prática, tanto a CE quanto o pH da água podem ser determinados de forma rápida e eficiente sem a necessidade de levar as amostras para um laboratório. Atualmente, existem equipamentos portáteis amplamente utilizados em campo, capazes de fornecer leituras instantâneas com boa precisão. No caso da CE, condutivímetros portáteis permitem medir diretamente no ponto de captação da

água ou em qualquer local da propriedade, bastando ligar o equipamento, calibrá-lo quando necessário e mergulhar o eletrodo na amostra. Da mesma forma, o pH pode ser obtido com pHmetros portáteis ou até canetas medidoras de pH, que funcionam com o mesmo princípio dos equipamentos laboratoriais, mas de forma mais prática e acessível, dispensando preparo complexo ou infraestrutura especializada. Esses dispositivos são especialmente úteis em propriedades rurais, em atividades de manejo diário e em situações em que decisões precisam ser tomadas rapidamente, permitindo que o monitoramento da qualidade da água seja realizado diretamente em campo, com agilidade e menor custo operacional.

DETERMINAÇÃO DE SÓDIO

A determinação da concentração de sódio na água é uma etapa essencial na avaliação da sua qualidade, especialmente quando se trata de irrigação, já que níveis elevados desse elemento podem comprometer tanto o solo quanto o desenvolvimento das plantas. Altos níveis de sódio podem gerar danos às culturas irrigadas e aos sistemas de irrigação, comprometendo a eficiência e qualidade (Nascimento, 2020). O procedimento é realizado utilizando um fotômetro de chama, que deve estar devidamente calibrado antes do início das análises. Inicialmente, preparam-se as soluções reagentes de acordo com as recomendações técnicas e, em seguida, elabora-se uma série de padrões de calibração contendo concentrações conhecidas de sódio.

Cada padrão é introduzido no equipamento para que sua absorção de luz seja medida, possibilitando a construção de uma curva de calibração, fundamental para interpretar os resultados das amostras reais. Após essa etapa, coleta-se uma amostra representativa da água em uma cubeta limpa, que pode ser filtrada previamente caso apresente partículas que interfiram na leitura. Com o fotômetro ligado, a amostra é introduzida no equipamento e sua absorção de luz é registrada. O valor obtido é então comparado com a curva de calibração, permitindo determinar a concentração de sódio presente na amostra analisada. Esse procedimento garante precisão na quantificação e auxilia no diagnóstico de possíveis limitações da água para seu uso na agricultura.

DETERMINAÇÃO DE POTÁSSIO

A determinação da concentração de potássio na água é essencial para avaliar a qualidade da água, pois níveis elevados desse elemento podem ter implicações tanto ambientais quanto de saúde pública. O potássio é um nutriente essencial, mas altas concentrações podem resultar de atividades industriais, escoamento agrícola ou influências geológicas (Queiroz e Oliveira, 2018). Esse procedimento também é realizado por meio de um fotômetro de chama, o qual deve estar devidamente calibrado antes do início da análise.

As soluções reagentes necessárias são preparadas conforme instruções técnicas, e em seguida procede-se à conexão do gás combustível, geralmente propano ou acetileno, e do ar comprimido ao equipamento. A limpeza do bico do queimador de chama deve ser verificada para garantir medições estáveis. As amostras de água destinadas à análise precisam ser filtradas ou tratadas sempre que houver presença de sólidos que possam interferir na atomização. Durante o procedimento, a amostra é aspirada pelo bico do queimador e atomizada em uma chama quente, produzindo uma coloração cuja intensidade é diretamente proporcional à concentração de potássio presente. O fotômetro realiza a leitura dessa intensidade, e, com base na curva de calibração previamente construída, determina-se a concentração de potássio na amostra. Ao finalizar as medições, o equipamento deve ser desligado e os gases desconectados, garantindo segurança e preservação do sistema. Esse método fornece resultados confiáveis e é amplamente utilizado em análises de rotina sobre a qualidade da água. A Figura 1 apresenta alguns equipamentos para a medição da CE e do pH de amostras de água.



Figura 1. Equipamentos para medição da CE e do pH.

DETERMINAÇÃO DE COLIFORMES TOTAIS E FECALIS

A determinação de coliformes totais e fecais na água é um procedimento essencial para avaliar a presença de contaminação microbiológica, uma vez que esses micro-organismos indicam possíveis fontes de poluição, especialmente quando associados a material fecal (Nunes et al., 2019). Para a realização da análise, utiliza-se um conjunto específico de materiais (Figura 2), incluindo um recipiente para a coleta da amostra, a cartela Quanty-Tray, uma seladora, uma incubadora ajustada a $35 \pm 0,5$ °C, um equipamento de luz ultravioleta, utilizado para a leitura de coliformes fecais, e o reagente Colilert, adicionado em quantidade correspondente a uma unidade por amostra.

O processo inicia-se com a coleta de 100 mL da água a ser analisada, que deve ser condicionada em recipiente adequado. Em seguida, adiciona-se o reagente Colilert diretamente à amostra, agitando-se o frasco até que o produto esteja completamente

dissolvido. A solução obtida é então transferida para a cartela Quanta-Tray, a qual é selada utilizando a seladora apropriada, garantindo que os compartimentos fiquem devidamente isolados. Após a selagem, a cartela é colocada em uma incubadora mantida a $35 \pm 0,5$ °C durante um período de 24 horas, tempo necessário para o desenvolvimento das reações enzimáticas que permitem a detecção dos coliformes.

Após a incubação, procede-se à interpretação dos resultados. Para determinar o número mais provável de coliformes totais, realiza-se a contagem dos compartimentos que apresentaram coloração amarela, identificando esses valores na tabela fornecida pelo método Idexx. Já para a determinação dos coliformes fecais, a cartela deve ser exposta à luz ultravioleta, e os compartimentos que exibirem fluorescência são registrados. Esses valores também são interpretados utilizando a tabela Idexx, que converte o número de compartimentos positivos na concentração final de coliformes fecais. Esse procedimento permite avaliar com precisão o nível de contaminação microbiológica da água, contribuindo para diagnósticos mais seguros sobre sua adequação ao uso na irrigação.



Figura 2. Materiais e equipamentos necessários para a determinação de coliformes.
A: Cartela Quanta-Tray; B: Seladora; C: Incubadora; D: Equipamento de luz UV.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A avaliação da qualidade da água constitui uma ferramenta indispensável para compreender as condições químicas, físicas e microbiológicas dos diferentes mananciais, fornecendo subsídios fundamentais para a proteção da saúde humana, o manejo agrícola e a segurança ambiental. A determinação de parâmetros como condutividade elétrica, pH, sódio, potássio e coliformes permite identificar alterações na composição da água, diagnosticar possíveis fontes de contaminação e reconhecer limitações que possam comprometer seu uso. Além disso, a aplicação de métodos analíticos padronizados e o registro dos resultados garantem maior precisão na interpretação dos dados, contribuindo para decisões mais eficientes e para o cumprimento de normas e recomendações técnicas. Dessa forma, o monitoramento da qualidade da água fortalece a gestão sustentável dos recursos hídricos, favorecendo práticas que promovam segurança, eficiência e preservação ambiental.

REFERÊNCIAS

Almeida, O. Á. Qualidade da água de irrigação. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2010.

BRASIL. Portaria de Consolidação nº 4, de 28 de setembro de 2017. Consolidação das normas sobre os sistemas e os subsistemas do Sistema Único de Saúde. Diário oficial da União, Brasília, 2017.

BRASIL. Portaria GM/MS nº 888. Consolidação das normas sobre os sistemas e os subsistemas do Sistema Único de Saúde. Diário oficial da União, Brasília, 2021.

CETESB. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. Apêndice E - Significado Ambiental e Sanitário das Variáveis de Qualidade das Águas e dos Sedimentos e Metodologias Analíticas e de Amostragem. São Paulo: CETESB, 2019.

Molin, J. P.; Rabello, L. M. Estudos sobre a mensuração da condutividade elétrica do solo. Engenharia Agrícola, v. 31, p. 90-101, 2011.

Nascimento, D. M. A importância da qualidade da água para seu uso na irrigação. Boletim do Tempo Presente, v. 9, n. 1, p. 70-92, 2020.

Nunes, L. M.; Monteiro, M. D. F. G.; Sousa Júnior, D. L.; Aquino, P. E. A.; Saraiva, C. R. N.; Leandro, M. K. D. N. S.; Marques, A. E. F.; Silva, R. O. M.; Leandro, L. M. G. Pesquisa de coliformes totais e termotolerantes no rio Salgadinho no município de Juazeiro do Norte, CE. Revista Eletrônica Acervo Científico, v. 7, p. e2243-e2243, 2019.

Queiroz, T. M.; Oliveira, L. C. P. Qualidade da água em comunidades quilombolas do Vão Grande, município de Barra do Bugres (MT). Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 23, p. 173-180, 2018.