

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE MINAS
GERAIS - *CAMPUS* BAMBUÍ
CURSO DE LICENCIATURA EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

Kennedy dos Santos Carvalho

**QUALIDADE DA ÁGUA PARA HEMODIÁLISE: ANÁLISE DA CONFORMIDADE
DA ÁGUA DE BAMBUÍ-MG COM A LEGISLAÇÃO VIGENTE**

BambuÍ

2026

KENNEDY DOS SANTOS CARVALHO

**QUALIDADE DA ÁGUA PARA HEMODIÁLISE: ANÁLISE DA CONFORMIDADE
DA ÁGUA DE BAMBUÍ-MG COM A LEGISLAÇÃO VIGENTE**

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) apresentado ao Curso de Licenciatura em Ciências Biológicas do IFMG – *Campus* Bambuí como requisito parcial para obtenção do título de Licenciado em Ciências Biológicas.
Orientadora: Profa. Dra. Meryene Carvalho Teixeira

Bambuí

2026

Catálogo na Fonte Biblioteca IFMG - Campus Bambuí

C331q Carvalho, Kennedy dos Santos.
Qualidade da água para hemodiálise: análise da conformidade da água de Bambuí–MG com a legislação vigente. / Kennedy dos Santos Carvalho. – 2026.
42 f.; il.: color.

Orientador: Profa. Dra. Meryene Carvalho Teixeira.
Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais – Campus Bambuí, MG, Curso Licenciatura em Ciências Biológicas, 2026.

1. Hemodiálise. 2. Qualidade da água. 3. Osmose reversa. I. Teixeira, Meryene Carvalho. II. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais – Campus Bambuí, MG. III. Título.

CDD 333.91



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE MINAS GERAIS
Campus Bambuí
Diretoria de Ensino
Departamento de Ciências e Linguagens
Faz. Vaginha - Rodovia Bambuí/Medeiros - Km 05 - Caixa Postal 05 - CEP 38900-000 - Bambuí - MG
37 3431 4900 - www.ifmg.edu.br

Kennedy dos Santos Carvalho

QUALIDADE DA ÁGUA PARA HEMODIÁLISE: ANÁLISE DA CONFORMIDADE DA ÁGUA DE BAMBUÍ-MG COM A LEGISLAÇÃO VIGENTE

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) apresentado ao Curso de Licenciatura em Ciências Biológicas do IFMG – Campus Bambuí como requisito parcial para obtenção do título de Licenciado em Ciências Biológicas.

Aprovado em 28/01/2026 pela banca examinadora:

Bambuí, 11 de dezembro de 2025.



Documento assinado eletronicamente por **Meryene de Carvalho Teixeira, Professora**, em 11/03/2026, às 15:12, conforme Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020.



Documento assinado eletronicamente por **Anderson Dutra de Melo, Professor**, em 19/03/2026, às 15:40, conforme Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020.



Documento assinado eletronicamente por **Alessandra Regina Vital, Técnica de Laboratório / Área Alimentos**, em 19/03/2026, às 16:17, conforme Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020.



A autenticidade do documento pode ser conferida no site <https://sei.ifmg.edu.br/consultadocs> informando o código verificador **2556728** e o código CRC **461ABDD6**.

23209.004909/2025-62

2556728v1

Foi pensando nas pessoas que executei este projeto; por isso, dedico este trabalho a todos aqueles a quem esta pesquisa possa ajudar de alguma forma. Dedico também este trabalho de conclusão de curso aos meus amados pais, Vanderlei e minha falecida mãe Vanusa, maiores incentivadores e fontes inesgotáveis de apoio, amor e compreensão.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a Deus a vida, a saúde e a força para superar os desafios enfrentados ao longo da realização deste trabalho.

À minha orientadora, pela orientação, paciência e contribuições fundamentais para o desenvolvimento deste trabalho.

Ao Centro Nefrológico Formiguense, pelos conhecimentos compartilhados e coorientação da farmacêutica responsável pelo tratamento de água para hemodiálise, que foram essenciais para o desenvolvimento deste trabalho.

Ao Laboratório de Análises de Qualidade de Água e Leite (LAQAL) do *campus*, pelos conhecimentos compartilhados e coorientação da técnica responsável pelas análises de água, que foram essenciais para o desenvolvimento deste estudo.

À COPASA do município de Bambuí, pelos conhecimentos compartilhados por meio dos técnicos, que foram fundamentais para o desenvolvimento deste trabalho.

Aos professores do curso, pelos conhecimentos compartilhados ao longo da graduação, que contribuíram significativamente para minha formação acadêmica e profissional na área das Ciências Biológicas.

À instituição de ensino e aos profissionais envolvidos na formação acadêmica, pela estrutura e oportunidades proporcionadas para a realização deste estudo.

Por fim, agradeço a todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho.

"Mar calmo nunca fez bom marinheiro."

Autor desconhecido

RESUMO

A água constitui insumo essencial nos serviços de hemodiálise, sendo sua qualidade um fator determinante para a segurança e a eficácia do tratamento, uma vez que pacientes renais crônicos são expostos a grandes volumes desse recurso durante o procedimento. Nesse contexto, o presente trabalho teve como objetivo compreender a importância da qualidade da água para a hemodiálise e avaliar a adequação da água de abastecimento do município de Bambuí–MG para a futura implantação de serviços dialíticos, com base nos parâmetros físico-químicos e microbiológicos estabelecidos pela legislação sanitária vigente. Trata-se de uma pesquisa descritiva, desenvolvida por meio de um estudo de caso, que envolveu visitas técnicas a um centro de hemodiálise no município de Formiga–MG, à Estação de Tratamento de Água de Bambuí e ao Laboratório de Análise de Qualidade de Água e Leite do IFMG – *Campus* Bambuí. A metodologia compreendeu observação direta, análise documental, pesquisa bibliográfica e realização de análises laboratoriais das amostras de água coletadas em pontos terminais da rede de distribuição. Os resultados indicaram que a água de abastecimento do município atende, de modo parcial, aos padrões de potabilidade estabelecidos pela legislação vigente, especialmente quanto aos parâmetros microbiológicos e a diversos aspectos físico-químicos, como pH, cor, turbidez e dureza. Além disso, o estudo evidencia o potencial impacto positivo da implantação do serviço na redução de deslocamentos e na melhoria da qualidade de vida dos pacientes da região. Conclui-se que, embora a água potável represente uma base adequada, a utilização em serviços de hemodiálise requer processos adicionais rigorosos, como osmose reversa, desinfecção sistemática e monitoramento contínuo, sendo a avaliação da qualidade da água etapa estratégica para a implantação segura de um centro de hemodiálise no município.

Palavras-chave: Hemodiálise. Qualidade da água. Osmose reversa. Doença renal crônica. Saúde pública.

ABSTRACT

Water is an essential input in hemodialysis services, and its quality is a determining factor for the safety and effectiveness of the treatment, since chronic kidney patients are exposed to large volumes of this resource during the procedure. In this context, the present work aimed to understand the importance of water quality for hemodialysis and to evaluate the suitability of the water supply in the municipality of Bambuí–MG for the future implementation of dialysis services, based on the physicochemical and microbiological parameters established by current sanitary legislation. This is a descriptive research, developed through a case study, which involved technical visits to a hemodialysis center in the municipality of Formiga–MG, to the Bambuí Water Treatment Plant, and to the Water and Milk Quality Analysis Laboratory of IFMG – Campus Bambuí. The methodology included direct observation, document analysis, bibliographic research, and laboratory analysis of water samples collected at terminal points of the distribution network. The results indicated that the municipality's water supply partially meets the potability standards established by current legislation, especially regarding microbiological parameters and various physicochemical aspects, such as pH, color, turbidity, and hardness. Furthermore, the study highlights the potential positive impact of implementing the service in reducing travel and improving the quality of life for patients in the region. It concludes that, although potable water represents an adequate basis, its use in hemodialysis services requires rigorous additional processes, such as reverse osmosis, systematic disinfection, and continuous monitoring. Therefore, evaluating water quality is a strategic step for the safe implementation of a hemodialysis center in the municipality.

Keywords: Hemodialysis. Water quality. Reverse osmosis. Chronic kidney disease. Public health.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Tanques de Resina de Areia, Deionizador e Carvão Ativado.....	25
Figura 2 – Filtro de 5 micras.....	26
Figura 3 – Máquina de Osmose Reversa.....	27
Figura 4 – Tanque de água ultrapura.....	28
Figura 5 – Comparação de pureza da água na sequência dos tratamentos.....	29
Figura 6 – Painel de condutividade da água (Máquina de Osmose Reversa).....	30
Figura 7 – Gerador de ozônio.....	31
Figura 8 – Visitação à ETA de Bambuí.....	34

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
2. OBJETIVOS	13
2.1. Objetivo geral.....	13
2.2. Objetivos específicos.....	13
3. REFERENCIAL TEÓRICO	14
3.1. Hemodiálise: a história do processo.....	14
3.2. Tratamento da água para hemodiálise	16
3.3. Leis, normativas e regulamentações.....	18
3.4. Qualidade da água para consumo humano	19
4.1. Tipo de pesquisa.....	21
4.2. Estratégias de coleta dos dados	21
4.3. Análises realizadas no LAQAL.....	22
4.4. Tratamento dos dados.....	23
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	24
5.1. Informações acerca da visitação no centro de hemodiálise em Formiga	24
5.1.1. Consumo de água e água de Osmose Reversa.....	24
5.1.2. Comparando a eficiência de filtração da água.....	29
5.1.3. Condutividade elétrica da água no sistema de osmose reversa para hemodiálise	29
5.1.4. Análises laboratoriais e controle de qualidade (água de osmose e CPHD).....	31
5.2. Informações acerca da visitação na ETA de Bambuí.....	33
5.3. Resultado das análises realizadas no LAQAL	36
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	38
7. PERSPECTIVAS FUTURAS	39
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	40

1. INTRODUÇÃO

A água é um recurso essencial à vida e desempenha papel fundamental na manutenção da saúde humana, especialmente quando utilizada em procedimentos terapêuticos de alta complexidade, como a hemodiálise. Nesse contexto, a qualidade da água utilizada nesse tratamento assume importância crítica, uma vez que os pacientes em diálise ficam diretamente expostos a grandes volumes de água ao longo do procedimento, o que exige padrões rigorosos de pureza físico-química e microbiológica. Assim, o controle e o monitoramento da água destinada à hemodiálise constituem medidas indispensáveis para a segurança e a eficácia do tratamento, bem como para a prevenção de complicações clínicas associadas à presença de contaminantes.

No Brasil, a qualidade da água para hemodiálise é regulamentada principalmente pela Resolução da Diretoria Colegiada (RDC) n.º 11/2014 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), que estabelece critérios técnicos, padrões de qualidade e procedimentos para o tratamento, o armazenamento e o monitoramento da água e das soluções utilizadas nos serviços de diálise, incluindo a obrigatoriedade de análises microbiológicas periódicas. Complementarmente, a Portaria GM/MS n.º 888/2021 define os padrões de potabilidade e as diretrizes para o controle e a vigilância da qualidade da água destinada ao consumo humano, parâmetros essenciais como base para o tratamento da água utilizada em serviços de saúde. Mais recentemente, a RDC n.º 919/2024 reforça a necessidade de planejamento, avaliação e validação dos sistemas de tratamento e distribuição de água para hemodiálise, evidenciando a relevância desse recurso para a segurança dos pacientes e a qualidade da assistência prestada (BRASIL, 2024).

A relevância desse tema é intensificada pelo crescimento expressivo dos casos de doença renal crônica (DRC). Estima-se que, mundialmente, cerca de 10% da população sejam acometidos por essa condição, segundo dados da Organização Mundial da Saúde (OMS), configurando-se como um importante problema de saúde pública. No Brasil, mais de 150 mil pessoas realizam tratamento dialítico, sendo a hemodiálise a modalidade mais utilizada. A DRC figura entre as principais causas de mortalidade no mundo, com aproximadamente 2,4 milhões de óbitos anuais, sendo a hipertensão arterial e o diabetes mellitus as principais etiologias da doença no país, responsáveis por cerca de 34% e 29% dos casos, respectivamente.

Diante desse cenário, torna-se fundamental avaliar a viabilidade da implantação de serviços de hemodiálise em municípios que ainda não dispõem dessa estrutura, considerando, entre outros fatores, a qualidade da água de abastecimento local. Nesse sentido, o presente

trabalho teve como propósito analisar os principais parâmetros da qualidade da água do município de Bambuí – MG, com vistas a avaliar sua adequação para uma possível implantação futura de um centro de hemodiálise. A implantação desse serviço representa um avanço significativo não apenas para os moradores do município, mas também para a população de cidades vizinhas, como Tapiraí, São Roque de Minas, Altolândia, Medeiros, Iguatama e Córrego Danta, contribuindo para a redução de deslocamentos, melhoria da qualidade de vida dos pacientes e fortalecimento da rede regional de saúde.

Além dos benefícios clínicos, a implementação de um centro de hemodiálise envolve impactos relevantes nos âmbitos logístico, econômico, social e sanitário, influenciando diretamente a rotina dos pacientes, de seus familiares e dos profissionais de saúde envolvidos no tratamento. Dessa forma, a análise da qualidade da água de abastecimento configura-se como etapa essencial e estratégica para subsidiar decisões técnicas e políticas voltadas à ampliação do acesso ao tratamento dialítico com segurança e qualidade.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo geral

Compreender a importância da qualidade da água para o serviço de hemodiálise, bem como verificar a qualidade da água do município de Bambuí–MG quanto à sua adequação para implantação de serviços de hemodiálise, com base nos parâmetros exigidos pela legislação vigente.

2.2. Objetivos específicos

- Identificação dos parâmetros parciais físico-químicos e microbiológicos relevantes para a qualidade da água utilizada em serviços de hemodiálise;
- Verificar a eficiência do sistema de tratamento por osmose reversa quanto à remoção de contaminantes;
- Realizar análises laboratoriais dos parâmetros parciais físico-químicos da água de um ponto amostral de Bambuí–MG;
- Avaliar a qualidade microbiológica da água do município de Bambuí–MG;
- Comparar os resultados obtidos nas análises com os limites estabelecidos pela legislação sanitária vigente para água destinada à hemodiálise.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1. Hemodiálise: a história do processo

Trata-se de um processo no qual o sangue é removido do organismo por meio de um cateter venoso ou de uma fístula arteriovenosa e conduzido a um equipamento denominado dialisador, também conhecido como rim artificial, no qual ocorre a filtração sanguínea por meio de uma membrana semipermeável. Esse acesso aumenta a vasão de sangue a ser dialisado, dilatando veias e artérias para serem utilizadas de acordo com a calibragem da agulha em que o processo de diálise se dissemina (SOCIEDADE BRASILEIRA DE NEFROLOGIA, 2000).

Por meio do mecanismo de osmose e difusão, o dialisador promove a remoção do excesso de água e de substâncias tóxicas dissolvidas no sangue, como creatinina, ácido úrico, ureia, excesso de potássio e fósforo, que se deslocam do meio de menor concentração para o de maior concentração através da membrana semipermeável. Desse modo, os elementos celulares do sangue, especialmente os glóbulos vermelhos, permanecem no compartimento sanguíneo e seguem pelo fluxo venoso, retornando ao organismo do paciente. Em contrapartida, o excesso de água e os solutos indesejáveis são direcionados para o sistema de drenagem, sendo posteriormente descartados (SOCIEDADE BRASILEIRA DE NEFROLOGIA, 2000).

A ideia da diálise encontra raízes já no século XIX, com o químico escocês Thomas Graham, considerado o “pai da diálise”. Ele descreveu os processos de osmose e difusão por membranas semipermeáveis, que, mais tarde, serviriam de base para a filtração sanguínea em terapia renal (FRESENIUS MEDICAL CARE, 2025).

Décadas depois, experimentos de John Abel, em 1913, demonstraram que era possível retirar sangue de um animal, filtrá-lo por uma solução anticoagulante e devolvê-lo à circulação sem prejuízos. Como afirmam os autores, “utilizando um aparelho constituído por tubos de material similar ao empregado na fabricação de salsichas [...] os autores comprovaram a eficácia do método” (RIELLA, 2018, p. 987). Embora promissores, tais estudos foram interrompidos pela Primeira Guerra Mundial.

O primeiro tratamento de diálise em humanos foi realizado por Georg Haas, na universidade de Giessen (Alemanha), em 1924. A técnica ainda era rudimentar, pois usava membrana de colódio (um polímero derivado de nitrocelulose, de baixa resistência mecânica e limitações de biocompatibilidade) e anticoagulação com hirudina (substância de meia-vida longa em pacientes com insuficiência renal, o que pode aumentar o risco de sangramento, pois o medicamento permanece no corpo por mais tempo após a diálise). Até 1928, Haas tratou

alguns pacientes — sem sucesso a longo prazo —, devido principalmente à gravidade dos casos e às limitações da técnica (FRESENIUS MEDICAL CARE, 2025).

O maior avanço viria com o médico holandês Willem Kolff, considerado o principal precursor da hemodiálise moderna. Após vivenciar a morte de um paciente jovem urêmico na década de 1930, Kolff dedicou-se a construir um aparelho que pudesse substituir a função renal. Em 1945, com seu “rim de tambor rotativo” (“rotating-drum kidney”), ele realizou a primeira hemodiálise clinicamente bem-sucedida em um paciente com insuficiência renal aguda (FRESENIUS MEDICAL CARE, 2025).

Após a Segunda Guerra Mundial, Kolff aperfeiçoou seu equipamento em colaboração com engenheiros do Hospital Peter Bent Brigham, nos EUA, resultando no modelo Kolff–Brigham, amplamente conhecido a partir de 1948. Esse modelo chegou ao Brasil em 1955, no Hospital dos Servidores do Estado do Rio de Janeiro (RIELLA, 2018, p. 987).

Outro marco fundamental surge em 1960, quando Belding Scribner desenvolve o shunt arteriovenoso, dispositivo que possibilitou o acesso vascular permanente e, portanto, a manutenção de pacientes com insuficiência renal crônica em tratamento dialítico prolongado. Em 1966, Cimino e Brescia introduzem a fístula arteriovenosa interna, ainda hoje o padrão ouro para acesso vascular em hemodiálise. A partir daí, a diálise se consolida como terapia substitutiva da função renal para pacientes com doença renal crônica terminal (RIELLA, 2018, p. 987).

Por fim, na década de 1970, nos EUA, a aprovação do Congresso Americano garante financiamento e acesso universal ao tratamento dialítico. Esse movimento internacional amplia o número de centros de hemodiálise e permite que a terapia se torne amplamente disponível. Como apontam os autores, “mais de 1,2 milhão de pessoas com doença renal crônica no mundo são mantidas vivas graças à hemodiálise” (RIELLA, 2018, p. 987).

O primeiro registro de hemodiálise no Brasil data de 19 de maio de 1949, realizado pelo médico Tito Ribeiro de Almeida, no Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo (HC-FMUSP). Ele construiu artesanalmente um “rim artificial” com base em descrições da literatura médica disponível, apenas alguns anos depois dos primeiros dispositivos estrangeiros. Esse primeiro aparelho brasileiro usava uma configuração diferente da de Kolff, que, ao invés de o dialisador girar, o líquido de diálise era agitado, com o cilindro contendo tubos de celofane mantido fixo verticalmente (SOCIEDADE BRASILEIRA DE NEFROLOGIA, 2000).

Em 1955, o primeiro “rim artificial” de modelo importado (provavelmente modelo Kolff-Brigham) foi utilizado no país, no Hospital Pedro Ernesto, no Rio de Janeiro. Isso

representou a introdução de tecnologia moderna de diálise no Brasil (SOCIEDADE BRASILEIRA DE NEFROLOGIA, 2000).

O início da diálise regular para tratamentos crônicos no Brasil e a consolidação da nefrologia ocorreram ao longo das décadas seguintes. Em documento produzido pela Sociedade Brasileira de Nefrologia (SBN), é descrita a formação gradual de serviços de diálise, expansão da técnica e institucionalização da nefrologia no país a partir dos anos 1960 e 1970. Portanto, a hemodiálise chegou ao Brasil ainda no período pioneiro internacional, e o país acompanhou de perto os avanços tecnológicos, adaptando-os localmente com recursos próprios, antes mesmo da importação de máquinas estrangeiras (SOCIEDADE BRASILEIRA DE NEFROLOGIA, 2000).

3.2. Tratamento da água para hemodiálise

A qualidade da água utilizada no tratamento de hemodiálise, dentre os outros componentes de todo o processo que são estudados e avaliados, é um insumo e objeto importante. Por meio dela, a diálise flui de forma intermitente, de acordo com as normativas, regulamentações e leis que dispõem desse procedimento. O controle rigoroso de qualidade em todas as etapas evita e impede a presença de bactérias heterotróficas totais, coliformes, a formação de biofilme de bactérias ou de microrganismos (HILINSKI *et al.*, 2020).

Abraham e Goldfarb (2025) destacam que a contaminação microbiológica por bactérias, endotoxinas e toxinas de algas pode ocorrer em qualquer etapa do processo, desde a fonte de abastecimento de água até a solução final de diálise, representando um risco significativo à segurança dos pacientes. As endotoxinas, por apresentarem tamanho reduzido, são capazes de atravessar a membrana de diálise, podendo provocar efeitos adversos nos indivíduos submetidos à hemodiálise. Nesse contexto, os autores ressaltam que a água proveniente do sistema público de abastecimento não pode ser utilizada diretamente na produção do dialisato, mistura de soluções ácidas e básicas, sendo indispensável sua submissão a processos adicionais de purificação.

Riella *et al.* (2018) apontam que, inicialmente, a água potável era utilizada, mas logo se tornou evidente o risco de contaminação por substâncias adicionadas ao tratamento de água pública, como o sulfato de alumínio, que pode causar anemia, encefalopatia e osteomalacia; a cloramina, que pode causar hemólise; e o flúor, que pode causar osteomalacia e fluorose. Além destes componentes "normais" da água, o excesso de cálcio e magnésio pode prejudicar a membrana do dialisador e a saúde do paciente, ocasionando calcificações,

problemas cardiovasculares e reações adversas; e altas concentrações de sódio podem causar distúrbios osmolares. Contaminantes eventuais, como microrganismos e seus produtos (endotoxinas), podem desencadear febre, calafrios, mal-estar e, em casos mais graves, choque, insuficiência hepática e óbito. A liberação contínua de fragmentos bacterianos pode ativar o sistema imune, perpetuando um estado de inflamação crônica subclínica (RIELLA *et al.*, 2018).

Diante dos riscos associados à contaminação da água utilizada em procedimentos dialíticos, Riella *et al.* (2018, p. 987) destacam que a água destinada à hemodiálise deve ser submetida a um processo de purificação rigoroso no próprio serviço de diálise, envolvendo uma sequência de etapas e equipamentos essenciais para garantir a segurança do paciente. Inicialmente, o sistema de tratamento contempla a eliminação de partículas suspensas, geralmente realizada por meio de filtros de membrana e filtros de sedimentação constituídos por areia com granulação progressiva, cuja função é remover materiais particulados presentes na água.

Na sequência, a água passa por um sistema de remoção de íons, conhecido como deionizador, responsável pela extração tanto de cátions quanto de ânions, etapa fundamental para a redução da carga iônica dissolvida, conforme indicado no manual: “o deionizador é um extrator de cátions e ânions” (RIELLA *et al.*, 2018, p. 987). Posteriormente, emprega-se um dispositivo específico para a retirada de cloro e cloraminas, geralmente constituído por filtros de carvão ativado dispostos de forma sequencial. Esses filtros são indispensáveis, uma vez que tais substâncias podem causar efeitos adversos aos pacientes em diálise, além de o carvão ativado contribuir para a redução de contaminantes orgânicos, conforme destacado pelos autores: “o carvão retira cloro e substâncias orgânicas” (RIELLA *et al.*, 2018, p. 987).

Após essas etapas, a água é direcionada a um sistema adicional de eliminação de partículas, cuja função é reter eventuais resíduos provenientes dos filtros anteriores, assegurando maior proteção aos equipamentos subsequentes. Por fim, a água é submetida ao processo de osmose reversa, considerado um dos componentes mais importantes dos sistemas de tratamento de água para hemodiálise. Esse equipamento utiliza membranas semipermeáveis associadas à pressão hidráulica para separar a água em duas correntes: o permeado, correspondente à água purificada, e o rejeito, caracterizado por elevada concentração de solutos. Segundo Riella *et al.* (2018, p. 987), a osmose reversa é capaz de remover entre 90% e 99% da carga iônica da água, além de eliminar substâncias orgânicas, partículas e bactérias, sendo, portanto, essencial para a produção de água adequada e segura para o tratamento dialítico.

Além do tratamento principal, medidas complementares podem ser adotadas para garantir a qualidade da água e prevenir a proliferação bacteriana. Na radiação ultravioleta, a

água em recirculação pode passar por uma câmara com lâmpada emissora de luz ultravioleta. Na desinfecção com ozônio, esse ozônio produzido por corrente elétrica pode ser injetado diretamente na água. Por fim, na filtração adicional em máquinas de hemodiálise, algumas possuem um dispositivo que remove mais de 99% das bactérias, produzindo a chamada água ultrapura.

O manual ressalta a importância dessas medidas: "O uso de ozônio e irradiação ultravioleta são medidas complementares para conter a proliferação bacteriana na água pós-tratamento" (RIELLA, 2018, p. 987).

Em resumo, a água para hemodiálise deve passar por um tratamento rigoroso de múltiplas etapas de purificação para garantir a segurança do paciente, sendo a osmose reversa o método mais eficaz para remoção de contaminantes. O controle da composição química e microbiológica da água e da solução dialítica é indispensável para o sucesso do tratamento.

3.3. Leis, normativas e regulamentações

O processo de hemodiálise é bastante amplo e complexo, envolvendo diversas etapas e condutas a serem realizadas, com o objetivo de proteger os pacientes e assegurar a máxima eficácia. Por isso, existem leis e regulamentações que regem todo o processo, dando ênfase àquelas que envolvem o tratamento da água para hemodiálise no Brasil (BRASIL, 2014).

Os padrões de qualidade da água para diálise, no Brasil, são definidos principalmente pela ANVISA, por meio da RDC N.º 11/2014 e normas complementares, e pela ABNT NBR ISO 23500, que adotam diretrizes internacionais (BRASIL, 2014; AAMI/ISSO, 2019).

A RDC n.º 11/2014 define parâmetros essenciais da qualidade da água, responsabilidades e monitoramento. De acordo com esta Resolução, a água utilizada no tratamento dialítico deve passar por etapas de purificação capazes de remover contaminantes químicos e microbiológicos, garantindo segurança ao paciente. O controle microbiológico é crucial para prevenir reações pirogênicas e bacteremia nos pacientes. A norma estabelece limites de endotoxinas, bactérias, metais tóxicos e outros contaminantes, além de exigir monitoramento diário, semanal e mensal conforme cada parâmetro (BRASIL, 2014a; 2014b).

Além da RDC 11/2014, as vigilâncias estaduais e municipais emitem manuais técnicos que detalham rotinas operacionais. Esses documentos reforçam que a água deve ser analisada por laboratório habilitado e que o serviço deve manter registros auditáveis de toda a operação do sistema de tratamento, garantindo rastreabilidade.

Outra legislação utilizada é a Portaria GM/MS N.º 888/2021, que define os padrões de potabilidade para a água de abastecimento (a água da rua) que entra na clínica, antes de passar pelo tratamento específico para diálise. Embora trate da água para consumo humano, essa portaria é fundamental por definir limites de potabilidade aplicáveis à água de entrada dos sistemas de tratamento das clínicas de hemodiálise. Tal portaria atualiza padrões de potabilidade, determinando limites de turbidez, coliformes, metais e compostos químicos. Esses valores são utilizados como base inicial antes da purificação específica para hemodiálise (BRASIL, 2021).

A Resolução da Diretoria Colegiada RDC n.º 154/2004, que regulamentava os serviços de diálise, foi revogada pela RDC n.º 11/2014 em 13 de março de 2014. A nova norma (RDC n.º 11/2014) atualizou os requisitos de boas práticas, visando maior segurança, controle de infecções e qualidade na assistência aos pacientes renais.

É fundamental que os centros de hemodiálise disponham, em suas instalações, de um setor próprio e específico para o tratamento da água, garantindo o fornecimento de água com padrão ultrapuro, isenta de impurezas e adequada à segurança dos pacientes. Nesse contexto, a RDC n.º 50/2002 da ANVISA, que estabelece os requisitos para o projeto de sistemas de tratamento e distribuição de água para hemodiálise, bem como a RDC n.º 11/2014, que também regulamenta os critérios técnicos e operacionais relacionados a esse processo, constituem referências normativas amplamente utilizadas para a implantação, adequação e funcionamento desses sistemas nos serviços de diálise (BRASIL, 2002; 2014).

3.4. Qualidade da água para consumo humano

A qualidade da água destinada ao consumo humano está diretamente relacionada à proteção da saúde pública, considerando a presença de características físicas, químicas e microbiológicas que possam representar riscos à população. Segundo a Organização Mundial da Saúde, “água potável é aquela que não representa riscos significativos à saúde ao longo do seu consumo” (WHO, 2017).

De forma complementar, Von Sperling (2014) explica que a potabilidade da água é determinada pelo atendimento aos padrões legais estabelecidos e pela avaliação do risco sanitário associado à presença de microrganismos patogênicos e substâncias químicas.

Os parâmetros físicos mais relevantes da água incluem turbidez, cor aparente, temperatura e condutividade elétrica. A turbidez elevada pode reduzir a eficiência da etapa de desinfecção, favorecendo a sobrevivência de microrganismos (DI BERNARDO; PAZ, 2010).

No âmbito dos parâmetros químicos, destacam-se o pH, a dureza, as concentrações de nitrato, nitrito, ferro, manganês e metais tóxicos. Segundo Libânio (2016), “a presença de nitratos em níveis elevados pode provocar efeitos adversos à saúde, especialmente em crianças”.

Quanto aos parâmetros microbiológicos, a presença de coliformes totais e de *Escherichia coli* é considerada um dos principais indicadores de contaminação fecal. Conforme Edberg *et al.* (2000), “a detecção de *E. coli* indica, com alto grau de confiabilidade, a ocorrência de contaminação recente por material fecal”.

O tratamento da água para abastecimento público envolve, de forma geral, as etapas de coagulação, floculação, decantação, filtração e desinfecção. De acordo com Di Bernardo e Paz (2010), “a eficiência do tratamento está diretamente relacionada à correta dosagem dos produtos químicos e ao controle operacional das unidades”.

Estudos apontam que falhas em qualquer uma dessas etapas podem resultar em riscos significativos à saúde pública, principalmente em localidades com infraestrutura deficiente de saneamento básico (LIBÂNIO, 2016).

No Brasil, os padrões de potabilidade são definidos pelo Ministério da Saúde, por meio da Portaria GM/MS n.º 888/2021. Essa norma estabelece que a água destinada ao consumo humano deve atender a limites máximos permitidos para substâncias químicas e estar isenta de microrganismos patogênicos (BRASIL, 2021). Além disso, estudos indicam que a correta aplicação dessa norma contribui para a redução da incidência de doenças de veiculação hídrica (LEAL *et al.*, 2018).

4. MATERIAL E MÉTODOS

Nesta etapa, são apresentados e detalhados os procedimentos metodológicos adotados na condução da presente pesquisa, os quais foram definidos com o intuito de atender aos objetivos estabelecidos e subsidiar a análise dos resultados obtidos.

4.1. Tipo de pesquisa

O presente estudo caracteriza-se como uma pesquisa descritiva, uma vez que teve como finalidade investigar e descrever o funcionamento do sistema de tratamento de água destinado à hemodiálise, bem como evidenciar sua importância para pacientes acometidos pela DRC, os quais dependem exclusivamente dessa modalidade de terapia renal substitutiva. A pesquisa descritiva tem como principal objetivo a observação, o registro, a análise e a interpretação de fenômenos, buscando coletar informações de forma sistemática para a compreensão dos processos e variáveis envolvidas, sem interferir diretamente na realidade estudada (GIL, 2019).

Quanto à abordagem metodológica, o estudo enquadra-se como um estudo de caso, por possibilitar a análise aprofundada de um contexto específico e delimitado, permitindo a compreensão detalhada de um fenômeno em seu ambiente real. Nesse sentido, o estudo de caso mostra-se adequado para investigar o processo de tratamento da água utilizada na hemodiálise, considerando que a água constitui o principal insumo desse procedimento e exerce influência direta na segurança e na eficácia do tratamento. De acordo com Yin (2015), o estudo de caso possibilita uma investigação aprofundada de uma realidade específica, o que não é plenamente alcançado por levantamentos amostrais ou por análises exclusivamente quantitativas.

4.2. Estratégias de coleta dos dados

Considerando que o objetivo inicial deste trabalho consistiu em compreender a importância da qualidade da água para os serviços de hemodiálise, foram realizadas visitas técnicas ao Centro Nefrológico Formiguense (Nefrocentro), com a finalidade de conhecer as diferentes formas de utilização da água nesse contexto, bem como compreender os parâmetros e as análises necessárias para sua adequada aplicação. O Nefrocentro é uma instituição localizada no município de Formiga – MG, fundada em 1997, especializada em serviços de

nefrologia e diálise, sendo reconhecida como referência regional no tratamento de doenças renais.

Durante as visitas ao Nefrocentro, foram coletadas informações e dados relevantes para a elaboração do relatório referente ao tratamento da água para hemodiálise, à produção da solução de diálise chamada Concentrado Polieletrólítico para Hemodiálise (CPHD), bem como às demais aplicações da água ultrapura ou ultrafiltrada produzida por meio do sistema de osmose reversa. Nesse momento, foi possível acompanhar *in loco* o funcionamento dos processos, compreender suas etapas e interagir com o profissional responsável pela operação e monitoramento desses sistemas, possibilitando uma visão prática e integrada da rotina do serviço.

Continuando o atendimento do objetivo de verificar a adequação da água do município de Bambuí – MG para a implantação de serviços de hemodiálise, com base nos parâmetros físico-químicos e microbiológicos estabelecidos pela legislação vigente, realizou-se uma visita técnica à ETA do município. Nessa ocasião, foi possível dialogar com os responsáveis sobre os padrões de qualidade da água e apresentar os propósitos do presente estudo, além de observar diretamente todo o processo de captação, tratamento, monitoramento e distribuição da água de abastecimento público. Ressalta-se que, por questões internas e de sigilo institucional, não foi autorizado o registro fotográfico dos equipamentos e das análises realizadas no local.

Por fim, estabeleceu-se contato com a técnica responsável pelo Laboratório de Análise de Qualidade de Água e Leite (LAQAL) do Instituto Federal de Minas Gerais (IFMG) – *Campus* Bambuí, com o objetivo de efetuar análises laboratoriais pertinentes ao escopo da pesquisa.

Para a coleta de dados, foram utilizadas diferentes técnicas metodológicas, incluindo observação direta durante as visitas técnicas, análise documental, registro fotográfico dos equipamentos quando autorizado, elaboração de relatórios descritivos, realização de análises laboratoriais da água e pesquisa bibliográfica, esta última fundamental para o embasamento teórico e a interpretação dos resultados obtidos. A utilização de múltiplas fontes de evidência contribui para a confiabilidade do estudo e possibilita uma compreensão mais ampla e consistente do objeto de pesquisa, conforme proposto por Yin (2015).

4.3. Análises realizadas no LAQAL

Foi coletada uma amostra de água em um bairro do município, representando um ponto terminal da rede de distribuição, com o objetivo de avaliar a qualidade da água disponibilizada à população e verificar sua conformidade com os padrões estabelecidos pela legislação vigente. A amostragem foi realizada no bairro Lava-Pés, no município de Bambuí – MG, especificamente na Escola Municipal “Macionília Montijo”, escolhida como local representativo do consumo em ponto final da rede.

A coleta da amostra seguiu os protocolos e padrões estabelecidos pelo laboratório responsável, utilizando-se frascos plásticos adequados, acondicionados em caixa isotérmica contendo gelo em quantidade suficiente para manter a amostra sob temperatura controlada, entre 2 °C e 8 °C, garantindo a preservação de suas características até o momento das análises laboratoriais.

Foram avaliados parâmetros físico-químicos, incluindo pH, turbidez, dureza e cor, além da realização de análises microbiológicas. As metodologias analíticas empregadas envolveram o uso de fotômetro para a determinação dos parâmetros de pH, turbidez, dureza e cor, seguindo os procedimentos padronizados pelo laboratório, assegurando a confiabilidade e a reprodutibilidade dos resultados obtidos.

4.4. Tratamento dos dados

Foram analisados os relatórios e todo o acervo de informação disponível das visitas, e, para fortalecer os estudos, os resultados gerais dos dados foram embasados na revisão bibliográfica, esclarecendo cada aspecto estudado.

Assim, a análise dos resultados foi efetuada com base nos principais arquivos-referência do assunto relacionados ao objeto de estudo desta pesquisa. Dessa forma, foi possível responder as questões-chave inerentes aos objetivos do presente trabalho.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A seguir, são apresentados e analisados os resultados obtidos a partir das visitas técnicas realizadas ao Nefrocentro de Formiga – MG, à COPASA de Bambuí – MG e ao LAQAL do IFMG - *Campus* Bambuí. São discutidos os dados e informações provenientes dessas visitas, bem como os resultados das análises realizadas, com enfoque nos principais fatores considerados relevantes para o desenvolvimento do presente trabalho.

5.1. Informações acerca da visitação no centro de hemodiálise em Formiga

5.1.1. Consumo de água e água de Osmose Reversa

Para o processo de tratamento de água para utilização na terapia de hemodiálise mais a produção do CPHD, têm-se os seguintes valores:

CONSUMO GERAL DE ÁGUA (CLÍNICA NEFROCENTRO)

- Segunda, Quarta e Sexta = 35 mil litros;
- Terça, Quinta e Sábado = 25 mil litros.

CONSUMO: ÁGUA PRODUZIDA NA OSMOSE

- Segunda, Quarta e Sexta = 25 mil litros;
- Terça, Quinta e Sábado = 15 a 18 mil litros aproximadamente.

Uma observação realizada pela técnica foi que esses valores de consumo são estimativas, baseadas na conta de água da clínica e no consumo médio de água por minuto das máquinas de hemodiálise. Para saber o consumo exato, seria necessária a utilização de um equipamento para efetuar a leitura da quantidade de água produzida na osmose e a quantidade de água que é utilizada na hemodiálise.

Um problema reportado durante a visitação era a constante falta de água devido ao volume das caixas d'água contidas no Nefrocentro de Formiga – MG. Hoje, com as melhorias, têm-se uma caixa de 15 mil litros e outra de 25 mil litros.

A farmacêutica responsável deu continuidade à explicação, detalhando as etapas envolvidas na obtenção da água por osmose reversa e apresentando os equipamentos. Durante esse momento, foi possível compreender e observar, de forma prática, o funcionamento do

processo, que se inicia com uma etapa fundamental de pré-tratamento, realizada em tanques equipados com distintos sistemas de filtração, essenciais para a preparação da água antes da passagem pelas membranas de osmose reversa. Essa etapa tem como finalidade principal a remoção de impurezas físicas e químicas que possam comprometer a eficiência das membranas de osmose reversa, além de reduzir custos operacionais e aumentar a vida útil do sistema (SPELLMAN, 2014).

Conforme mencionado anteriormente no referencial bibliográfico, o primeiro tanque é constituído por um filtro de areia, responsável pela retenção de partículas sólidas mais grossas. Na sequência, a água é direcionada ao segundo tanque, que contém uma resina de troca iônica. Esse material atua na remoção de íons dissolvidos, promovendo a substituição de cátions e ânions presentes na água por íons menos prejudiciais. Esse processo é especialmente importante para a redução da dureza e da concentração de sais minerais, fatores críticos em sistemas destinados à hemodiálise, uma vez que o excesso desses íons pode causar efeitos tóxicos em pacientes renais. Posteriormente, a água passa por um terceiro tanque, equipado com filtro de carvão ativado, cuja função é adsorver compostos orgânicos, cloro residual, cloroaminas e outros contaminantes químicos (BRASIL, 2014; THOMAS; JUDD, 2016). Além disso, o carvão ativado contribui para a melhoria da qualidade sensorial e química da água.

Na Figura 1, podem ser observados os tanques de pré-tratamento dispostos na sequência descrita, evidenciando as etapas iniciais do processo de obtenção da água destinada ao sistema de osmose reversa.

Figura 1 – Tanques de Resina de Areia, Deionizador e Carvão Ativado.



Fonte: Dados da pesquisa, 2024.

Após a etapa de filtração em carvão ativado, a farmacêutica explicou que a água é direcionada para o filtro de 5 micras (Figura 2), cuja principal função é a retenção de partículas

finas, especialmente os resíduos de carvão desprendidos durante o processo anterior. A remoção desses resíduos é essencial, uma vez que a presença de partículas em suspensão pode comprometer a eficiência das etapas subsequentes do tratamento, além de causar danos às membranas de osmose reversa (SPELLMAN, 2014).

Figura 2 – Filtro de 5 micras.



Fonte: Dados da pesquisa, 2024.

A granulometria do filtro, expressa em micras, pode variar conforme o protocolo adotado no sistema de tratamento de água, sendo definida de acordo com a qualidade da água bruta e com as exigências do uso final. Filtros com menor tamanho de poro apresentam maior capacidade de retenção de partículas, sendo indicados para águas com maior carga de sólidos suspensos. Nesse sentido, quanto maior a turbidez ou o grau de escurecimento da água, maior tende a ser a quantidade de resíduos de carvão e outras partículas retidas pelo filtro de micras (APHA, 2017).

Após as etapas de pré-tratamento e filtração intermediária, a água é conduzida ao sistema de osmose reversa, constituído por membranas semipermeáveis, cuja função é permitir a passagem das moléculas de água, retendo íons dissolvidos, microrganismos, endotoxinas, metais tóxicos e outras impurezas presentes. Esse processo é considerado um dos métodos mais eficientes de purificação da água, especialmente para aplicações que exigem elevado grau de pureza, como a hemodiálise (THOMAS; JUDD, 2016).

No sistema utilizado no Nefrocentro de Formiga/MG, ocorre a osmose reversa em duplo passo, na qual a água proveniente do primeiro estágio de filtração é novamente submetida ao processo, visando alcançar níveis ainda mais elevados de purificação. As diretrizes da Sociedade Brasileira de Nefrologia (2020) reforçam a necessidade de dupla osmose reversa,

monitoramento contínuo de condutividade e esterilização periódica do sistema hidráulico, alinhadas às boas práticas internacionais.

No primeiro passo, a água é separada em duas frações: o permeado, considerado de boa qualidade, e o rejeito, que concentra os contaminantes retidos pelas membranas. Entretanto, mesmo o permeado do primeiro estágio pode conter traços residuais de impurezas. Dessa forma, a água segue para um segundo passo de osmose reversa, no qual ocorre a remoção adicional desses resíduos, resultando em uma água com grau de pureza compatível com os rigorosos padrões exigidos para uso em serviços de hemodiálise (SPELLMAN, 2014). O equipamento utilizado está apresentado na figura abaixo.

Figura 3 – Máquina de Osmose Reversa do Nefrocentro de Formiga/MG.



Fonte: Dados da pesquisa, 2024.

A farmacêutica salientou que, durante o processo de osmose reversa, não são utilizados agentes químicos para a purificação da água. A separação dos contaminantes ocorre exclusivamente por meio da aplicação de pressão osmótica, exercida fisicamente pelas bombas de pressão sobre as membranas semipermeáveis. Essa pressão força a passagem das moléculas de água através da membrana, enquanto as impurezas são retidas, caracterizando um processo de ultrafiltração altamente eficiente e seguro do ponto de vista biológico e químico (APHA, 2017).

Nos sistemas de tratamento de água utilizados na hemodiálise, a manutenção e o monitoramento devem ocorrer de forma contínua e sistemática, visando garantir a segurança do

paciente e a qualidade da água empregada no procedimento. De acordo com a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), por meio da Resolução RDC n.º 11/2014, os serviços de diálise devem manter um programa de manutenção preventiva e controle operacional do sistema de tratamento de água. Esse processo inclui o monitoramento diário de parâmetros operacionais, como pressão, vazão e condutividade, além da verificação do funcionamento dos equipamentos, como filtros, deionizadores e sistemas de osmose reversa. Também são realizadas manutenções periódicas, que envolvem a limpeza e desinfecção do sistema, substituição de filtros e inspeção de componentes. Adicionalmente, devem ser executadas análises microbiológicas da água tratada, no mínimo mensalmente, e análises físico-químicas completas, pelo menos semestralmente, assegurando que a água utilizada atenda aos padrões de qualidade exigidos para os procedimentos de hemodiálise.

Ao final do segundo estágio, a água ultrapura é direcionada para o tanque de armazenamento de água de osmose reversa (Figura 4), onde permanece protegida de contaminações externas. Posteriormente, essa água é impulsionada por bombas de alta pressão até o sistema de hemodiálise, garantindo fluxo contínuo e pressão adequada durante o procedimento.

Figura 4 – Tanque de água ultrapura.



Fonte: Dados da pesquisa, 2024.

A água do tanque é distribuída por meio de tubulações para o preparo das soluções de ácido e base (CPHD) no laboratório da farmácia, reutilização dos capilares (filtro dialisador) e máquinas de hemodiálise. Esse sistema é do tipo semiautomatizado, sendo monitorado e controlado por painéis eletrônicos.

5.1.2. Comparando a eficiência de filtração da água

Durante a visita ao Nefrocentro de Formiga/MG, a farmacêutica fez o teste de comparação do nível de pureza relacionada ao cloro e cloroamina dos tipos de água obtidos nos processos de tratamento do local. A análise de cloro em água de diálise é feita principalmente pelo método colorimétrico DPD (N,N-dietil-p-fenilenodiamina), sendo a intensidade da cor proporcional à concentração de cloro na amostra. Na Figura 5, pode-se observar o resultado da análise de cloro nas amostras de água: normal, após passar pelo filtro de areia, após filtro de resina deionizador, após filtro de carvão e após osmose reversa. Quanto mais amarela, maior a concentração de cloro na água.

Figura 5 – Comparação da eficiência de filtração da água.



Fonte: Dados da pesquisa, 2024.

O cloro precisa ser rigorosamente removido antes da hemodiálise, pois concentrações elevadas (acima de 0,1 mg/L) causam reações hemolíticas graves e danos aos pacientes renais (BRASIL, 2014a; 2014b).

A literatura científica descreve amplamente reações adversas em pacientes decorrentes da monitorização inadequada dos sistemas de tratamento da água utilizada em hemodiálise. Entre os principais agravos à saúde associados à exposição ao cloro e às cloraminas, destacam-se a hemólise, a anemia hemolítica e a metemoglobinemia, condições que podem comprometer gravemente o estado clínico do paciente (SILVA *et al.*, 2018).

5.1.3. Condutividade elétrica da água no sistema de osmose reversa para hemodiálise

A farmacêutica explorou a importância do resultado da condutividade elétrica. Este é um parâmetro físico-químico fundamental na avaliação da qualidade da água utilizada em serviços de hemodiálise, pois está diretamente relacionada à concentração de íons dissolvidos, como sais minerais, metais e outros compostos inorgânicos. Em sistemas de tratamento por osmose reversa, a mensuração da condutividade é amplamente empregada como indicador da eficiência do processo de remoção iônica (APHA, 2017).

No contexto da hemodiálise, a presença de íons em concentrações elevadas na água pode representar riscos significativos à saúde dos pacientes, uma vez que essas substâncias podem atravessar a membrana dialítica e atingir a corrente sanguínea. Assim, a osmose reversa desempenha papel essencial na redução da condutividade da água, promovendo a separação dos íons dissolvidos por meio de membranas semipermeáveis submetidas à pressão elevada (THOMAS; JUDD, 2016).

Durante o processo de osmose reversa, a água é forçada a atravessar as membranas, enquanto a maior parte dos íons é retida e descartada no fluxo de rejeito. Como resultado, observa-se uma diminuição significativa dos valores de condutividade elétrica no permeado, indicando elevada eficiência do sistema. Em sistemas destinados à hemodiálise, especialmente aqueles com osmose reversa em duplo passo, caso do Nefrocentro de Formiga/MG, os valores de condutividade devem ser extremamente baixos, compatíveis com os padrões estabelecidos pela legislação sanitária vigente $\leq 10 \mu\text{S}/\text{cm}$ a 25°C (BRASIL, 2014).

Abaixo, tem-se a figura que apresenta nível de condutividade da água na máquina de Osmose Reversa.

Figura 6 – Painel de condutividade da água (Máquina de Osmose Reversa).



Fonte: Dados da pesquisa, 2024.

O monitoramento contínuo da condutividade da água após a osmose reversa é essencial para garantir a segurança do processo dialítico, pois variações inesperadas podem indicar falhas nas membranas, contaminação do sistema ou necessidade de manutenção. Dessa forma, a condutividade elétrica configura-se como um parâmetro crítico de controle da

qualidade da água, assegurando que a água utilizada na hemodiálise atenda aos rigorosos critérios de pureza exigidos para esse procedimento (SPELLMAN, 2014).

5.1.4. Análises laboratoriais e controle de qualidade (água de osmose e CPHD)

O controle e o tratamento da água de osmose reversa são realizados diariamente no laboratório do Nefrocentro, visando assegurar a manutenção da qualidade microbiológica e química da água utilizada nos procedimentos dialíticos. Entre as práticas adotadas, destaca-se a desinfecção com ozônio, um agente oxidante de elevada eficácia, amplamente reconhecido por sua ação bactericida, virucida e fungicida (APHA, 2017).

O ozônio atua promovendo a oxidação das membranas celulares dos microrganismos, resultando na inativação rápida de bactérias, vírus e outros agentes patogênicos, sem a formação de subprodutos químicos persistentes. Essa característica torna o ozônio particularmente adequado para sistemas de tratamento de água destinados à hemodiálise, nos quais a segurança biológica é um requisito fundamental (SPELLMAN, 2014).

Além da desinfecção da água de osmose, o ozônio é utilizado na higienização e sanitização dos tanques de solução ácida e básica, do tanque misturador, do sistema diluidor e das tubulações que compõem o circuito de distribuição da água. Esse procedimento contribui para a prevenção da formação de biofilmes e para a redução do risco de contaminação microbiológica do sistema, atendendo às recomendações das normas sanitárias vigentes para serviços de diálise (BRASIL, 2014).

A Figura 7 apresenta o gerador de ozônio presente no laboratório.

Figura 7 – Gerador de Ozônio.



Fonte: Dados da pesquisa, 2024.

Também se utiliza solução de ácido acético, bactericida e conservante na solução ácida, além de ser empregada para limpeza e desinfecção dos tanques de solução ácida e básica.

O processo de hemodiálise utiliza solução ácida e básica (CPHD) como filtrante. A solução básica é formada pelo sal bicarbonato de sódio (NaHCO_3), sendo uma solução universal, e, por não ter estabilidade, é necessária sua produção diariamente. A solução ácida é composta por cloreto de sódio (NaCl), cloreto de cálcio di-hidratado ($\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), cloreto de magnésio hexahidratado ($\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$), cloreto de potássio (KCl), bicarbonato de sódio (NaHCO_3) e ácido acético. Este último aumenta a estabilidade podendo ser armazenada e utilizada em até 10 dias.

Diariamente, são realizadas análises de pH, condutividade e densidade da solução ácida e básica no laboratório da clínica de hemodiálise.

Quinzenalmente, é efetuada a desinfecção do sistema de tratamento da água com ácido peracético, um agente oxidante de amplo espectro, reconhecido por sua elevada eficácia bactericida, fungicida e virucida. A utilização desse composto tem como objetivo principal o controle microbiológico do sistema, bem como a prevenção da formação de biofilmes nas superfícies internas das tubulações, tanques e demais componentes do circuito de tratamento da água (APHA, 2017).

O ácido peracético atua por meio da oxidação das estruturas celulares dos microrganismos, promovendo a inativação rápida de bactérias e outros agentes patogênicos, além de apresentar elevada eficiência mesmo na presença de matéria orgânica. Essa característica o torna particularmente adequado para sistemas utilizados em serviços de hemodiálise, nos quais a contaminação microbiológica representa risco significativo à saúde dos pacientes (SPELLMAN, 2014).

O biofilme corresponde a uma película viscosa composta por uma matriz polimérica extracelular, produzida por microrganismos, que possibilita a adesão e a sobrevivência de comunidades microbianas sésseis em superfícies bióticas e abióticas. Essas estruturas podem ser formadas por diferentes grupos de microrganismos, incluindo bactérias, fungos, protozoários e algas. A formação do biofilme confere proteção à comunidade microbiana contra várias condições adversas, como escassez de nutrientes, ação de antibióticos e exposição a agentes químicos utilizados nos processos de desinfecção, dificultando sua completa eliminação (COSTERTON *et al.*, 1999).

Dessa forma, a desinfecção periódica com ácido peracético constitui uma estratégia fundamental para o controle da contaminação microbiológica e para a manutenção da

integridade sanitária do sistema de tratamento da água, atendendo às recomendações técnicas e às normas sanitárias vigentes para serviços de diálise (BRASIL, 2014a).

Mensalmente, são realizadas análises físico-química, microbiológica, de endotoxina e TOC (Carbono Orgânico Total) da água de osmose. Tais análises são efetuadas pelo laboratório terceirizado em Belo Horizonte - MG. A solução ácida, para ser liberada para o processo de tratamento da água, passa por uma análise quantitativa de íons no laboratório ELIOM em Divinópolis – MG.

Esses diversos e complexos processos de desinfecção e tratamento são importantíssimos para garantir a segurança e o controle meticuloso contra qualquer tipo de contaminação da água de osmose, para que seja utilizada no processo de hemodiálise. Diante do exposto, evidencia-se que as análises laboratoriais e o controle rigoroso da qualidade da água tratada por osmose reversa são indispensáveis para a segurança e a eficácia dos serviços de hemodiálise. O monitoramento contínuo de parâmetros físico-químicos e microbiológicos permite identificar precocemente possíveis falhas no sistema de tratamento, garantindo a remoção adequada de contaminantes que poderiam representar riscos à saúde dos pacientes renais crônicos. Além disso, o controle sistemático assegura a conformidade com os padrões estabelecidos pela legislação sanitária vigente, contribuindo para a prevenção de eventos adversos e para a manutenção da qualidade do tratamento dialítico. Assim, as análises laboratoriais configuram-se como ferramenta essencial na garantia da pureza da água de osmose reversa, reforçando seu papel estratégico na proteção da saúde pública e na excelência dos serviços de diálise.

5.2. Informações acerca da visitação na ETA de Bambuí

Na visita técnica realizada à estação de tratamento de água (ETA) de Bambuí, (Figura 8), foi possível ver na prática todos os processos de tratamento efetuados na ETA, no local de chegada da água do rio Bambuí e dos poços profundos, como também os equipamentos onde são realizados cada etapa do processo.

Figura 8 – Visitação à ETA de Bambuí.



Fonte: Dados da pesquisa, 2025.

A água fornecida pela Companhia de Saneamento de Minas Gerais (COPASA) atende aos padrões de potabilidade estabelecidos pela legislação brasileira, em especial pela Portaria GM/MS n.º 888/2021, sendo submetida a monitoramento contínuo ao longo de todas as etapas do sistema de abastecimento. Esse controle contempla parâmetros físicos, como cor, turbidez, sabor, odor e temperatura; químicos, incluindo pH, cloro residual, flúor, dureza e metais; e biológicos, com destaque para a pesquisa de coliformes. As análises são realizadas de forma sistemática antes, durante e após o tratamento da água, com o objetivo de assegurar que a água distribuída à população apresente condições adequadas de consumo, sendo incolor, inodora, insípida e fornecida dentro das pressões mínimas exigidas (BRASIL, 2021).

No município de Bambuí, o sistema de abastecimento de água é constituído por uma fonte superficial, o rio Bambuí, e por sete poços profundos, de onde a água é captada e conduzida até a ETA, local em que ela passa pelas etapas convencionais de coagulação, floculação, decantação e filtração, processos essenciais para a remoção de partículas em suspensão, matéria orgânica e microrganismos, antes de sua distribuição à população. Todas essas etapas do tratamento e do sistema de abastecimento foram apresentadas e observadas durante a visita técnica realizada, permitindo a compreensão do funcionamento e da eficiência do processo adotado.

As análises laboratoriais da água de abastecimento do município contemplam parâmetros organolépticos, físico-químicos e microbiológicos, os quais são fundamentais para a avaliação da qualidade da água destinada ao consumo humano e a usos específicos, como os serviços de saúde. Durante a visita técnica, não foram disponibilizados os resultados analíticos *in loco*, sendo indicada a consulta ao site oficial da COPASA, onde os dados encontram-se

publicamente acessíveis. Os resultados obtidos para o período de outubro a dezembro de 2025 encontram-se sintetizados na Tabela 1, juntamente com os parâmetros aceitáveis para água potável a ser utilizada em processos de diálise, conforme a Portaria GM/MS n.º 888/2021.

Tabela 1 – Comparação entre os valores obtidos pelo site da Copasa (cidade de Bambuí) no período de outubro a dezembro de 2025 e os parâmetros obtidos pela Portaria GM/MS 888/2021.

Parâmetro	Valor médio obtido pelo site da Copasa no período de 10/2025 a 12/2025	Parâmetros de acordo com a Portaria GM/MS n.º 888/2021
Cloro (mg/L)	1,09	mínimo 0,2 e máximo 5,0
Coliformes totais (NMP/100mL)	100%*	ausência
Cor (UH)	2,5	15
<i>Escherichia coli</i> (NMP/100mL)	-	ausência
Turbidez (uT)	0,35	5,0

*Para o parâmetro "Coliformes Totais", o valor apresentado refere-se ao percentual de amostras que atende aos padrões de potabilidade no período.

De acordo com os dados apresentados na Tabela 1, a água distribuída no período avaliado apresentou concentração média de cloro residual de 1,09 mg/L, valor superior ao mínimo exigido para a água da rede pública, que deve ser maior que 0,2 mg/L, assegurando a manutenção da desinfecção ao longo do sistema de distribuição. Em relação aos parâmetros microbiológicos, observou-se que 100% das amostras analisadas atenderam aos padrões de potabilidade para coliformes totais, indicando eficiência do processo de tratamento. Além disso, não foi detectada a presença de *Escherichia coli*, o que evidencia ausência de contaminação fecal recente e conformidade com os critérios sanitários vigentes (BRASIL, 2014).

No que se refere aos aspectos organolépticos e físico-químicos, a cor média de 2,5 unidades Hazen e a turbidez média de 0,35 uT, conforme demonstrado na Tabela 1, indicam baixa concentração de partículas em suspensão e características visuais compatíveis com uma água considerada incolor. Contudo, ressalta-se que alguns parâmetros exigidos pela Portaria GM/MS n.º 888/2021, como pH entre 6,0 e 9,5, bem como a avaliação de sabor insípido e odor inodoro, não foram disponibilizados na plataforma da COPASA, o que limita uma comparação integral com todos os requisitos normativos.

De modo geral, conforme os resultados apresentados na Tabela 1, a água distribuída no período analisado apresentou conformidade com os padrões de potabilidade nos parâmetros avaliados. Entretanto, considerando os critérios mais rigorosos exigidos para a água utilizada em serviços de hemodiálise, tornam-se necessárias a realização de análises complementares e

a adoção de tratamentos adicionais, como a osmose reversa, a fim de garantir níveis de pureza compatíveis com a segurança dos pacientes submetidos ao tratamento dialítico (BRASIL, 2014).

5.3. Resultado das análises realizadas no LAQAL

As análises físico-químicas e microbiológicas realizadas na amostra de água coletada na Escola Municipal “Marcionília Montijo”, no LAQAL, permitiram avaliar a conformidade da água em relação aos parâmetros exigidos pela legislação vigente. Na Tabela 2, estão apresentados os valores das análises realizadas e o Valor Máximo Permitido (VMP) pela Portaria GM/MS n.º 888/2021.

Tabela 2 – Comparação entre o VMP* de acordo com a Portaria GM/MS n.º 888/2021 e os resultados obtidos das análises realizadas no LAQAL.

Parâmetro	VMP* de acordo com a Portaria GM/MS n.º 888/2021	Valores obtidos pelas análises no LAQAL
Dureza (mg/L CaCO ₃)	máximo de 500	70
Cor (uH)	máximo de 15	0
Turbidez (uT)	máximo de 5	0 uT
pH	entre 6,0 e 9,5	7,36
Coliformes totais (NMP/100mL)	Ausência em 100 mL	ausência
<i>Escherichia coli</i> (NMP/100mL)	Ausência em 100 mL	ausência

*VMP = Valor Máximo Permitido.

No que se refere aos parâmetros físico-químicos, o valor obtido para dureza total caracteriza a água analisada como água de baixa dureza, condição tecnicamente favorável, uma vez que reduz o potencial de formação de incrustações (*scaling*) em sistemas de tratamento e distribuição, além de contribuir para maior eficiência de processos subsequentes de purificação, como a osmose reversa.

As análises referentes aos parâmetros de cor aparente e turbidez apresentaram resultados compatíveis com ausência ou níveis não detectáveis desses indicadores, evidenciando adequada qualidade estética e baixa presença de partículas suspensas.

O valor de pH igual a 7,36 situa-se dentro da faixa recomendada pela legislação brasileira para água destinada ao consumo humano, indicando uma condição de neutralidade

química adequada para consumo, compatível com os padrões estabelecidos pela normativa vigente (BRASIL, 2014).

Em relação aos parâmetros microbiológicos, constatou-se ausência de coliformes totais e de *Escherichia coli* na amostra analisada, indicando condições sanitárias satisfatórias e ausência de contaminação fecal recente. Esses resultados atendem aos padrões microbiológicos estabelecidos pela legislação vigente.

A análise dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos demonstra que a água avaliada apresenta conformidade com os padrões de potabilidade estabelecidos para consumo humano, indicando condições adequadas de qualidade. Conforme apresentado na Tabela 2, os parâmetros físico-químicos e microbiológicos analisados estão dentro dos limites de potabilidade, atendendo aos padrões estabelecidos pela Portaria GM/MS n.º 888/2021, que dispõe sobre os procedimentos de controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano no Brasil (BRASIL, 2021). No entanto, quando se considera sua utilização em serviços de hemodiálise, é importante destacar que os requisitos de qualidade da água são significativamente mais rigorosos, uma vez que o líquido entra em contato indireto com a corrente sanguínea dos pacientes por meio do dialisato. Nesse contexto, a comparação dos parâmetros analisados evidencia que, embora a água potável atenda à legislação para consumo humano, ela ainda necessita de processos adicionais de tratamento, como filtração avançada, abrandamento e osmose reversa, para alcançar os padrões exigidos para água utilizada em hemodiálise. Dessa forma, a avaliação desses parâmetros torna-se fundamental para verificar a viabilidade da implantação de sistemas de tratamento adequados, garantindo a segurança, a eficácia do procedimento dialítico e a proteção da saúde dos pacientes.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante do exposto, a análise da qualidade da água de abastecimento do município de Bambuí – MG evidenciou a relevância do monitoramento rigoroso dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos como etapa fundamental para a avaliação da viabilidade da implantação de um serviço de hemodiálise. Os resultados obtidos demonstram que a água distribuída atende, de modo geral, aos padrões de potabilidade estabelecidos pela legislação vigente, especialmente no que se refere aos aspectos microbiológicos e a diversos parâmetros físico-químicos, evidenciando a eficiência do sistema de tratamento atualmente adotado no município.

Entretanto, considerando as exigências mais restritivas impostas à água destinada à hemodiálise, torna-se evidente a necessidade de tratamentos adicionais e de um controle contínuo mais rigoroso, como a utilização de sistemas de osmose reversa, desinfecção adequada e monitoramento sistemático da condutividade, da carga microbiológica e da presença de contaminantes específicos. Esses cuidados são indispensáveis para garantir a produção de água ultrapura, condição essencial para a segurança dos pacientes submetidos ao tratamento dialítico, que se encontram em situação de elevada vulnerabilidade fisiológica.

O estudo também evidenciou que a implantação de um centro de hemodiálise no município de Bambuí representa um avanço significativo no âmbito da saúde pública regional, com potencial para beneficiar não apenas a população local, mas também municípios vizinhos que, atualmente, dependem de longos deslocamentos para acesso ao tratamento. Tal iniciativa contribuiria para a melhoria da qualidade de vida dos pacientes, redução do desgaste físico e emocional associado às viagens frequentes, além de impactos positivos nos aspectos logísticos, sociais e econômicos da região.

Dessa forma, conclui-se que a avaliação da qualidade da água constitui um elemento estratégico e indispensável no planejamento de serviços de hemodiálise, devendo estar alinhada às normas estabelecidas pela ANVISA e pelo Ministério da Saúde. O presente trabalho reforça a importância da integração entre conhecimento biológico, vigilância sanitária e políticas públicas, destacando que a garantia da qualidade da água é um fator determinante para a segurança, a eficácia do tratamento e a ampliação do acesso à terapia renal substitutiva com responsabilidade e qualidade.

7. PERSPECTIVAS FUTURAS

Pretende-se marcar uma reunião com os gestores responsáveis pela área da saúde no município, bem como demais gestores pertinentes ao assunto para dialogar sobre possibilidades de implantação de um centro de hemodiálise na cidade.

Conforme mencionado, a implantação desse serviço representa um avanço significativo não apenas para os moradores do município, mas também para a população de cidades vizinhas, contribuindo para a redução de deslocamentos, melhoria da qualidade de vida dos pacientes e fortalecimento da rede regional de saúde.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AAMI/ISO. **Water for hemodialysis and related therapies – ISO 23500**. Arlington: AAMI, 2019.

ABRAHAM, Rahul; GOLDFARB, David S. **Perspectivas sobre a utilização da água em hemodiálise: responsabilidades dos nefrologistas**. Blood Purification, Basel, 2025. DOI: 10.1159/000546034. Disponível em: <https://doi.org/10.1159/000546034>. Acesso em: 7 dez. 2025.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION; AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION; WATER ENVIRONMENT FEDERATION. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 23. ed. Washington, DC: APHA, 2017. Disponível em: <https://www.standardmethods.org/doi/book/10.2105/smww.2882>. Acesso em: 18 dez. 2025.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução da Diretoria Colegiada – **Resolução RDC nº 50, de 21 de fevereiro de 2002**. Dispõe sobre o regulamento técnico para planejamento, programação, elaboração e avaliação de projetos físicos de estabelecimentos assistenciais de saúde. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 20 mar. 2002. Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2002/rdc0050_21_02_2002.html. Acesso em: 23 jan. 2026.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução nº 357, de 17 de março de 2005**. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 2005. Disponível em: <https://www.ibama.gov.br/component/legislacao/?view=legislacao&legislacao=93011>. Acesso em: 5 jan. 2026.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução da Diretoria Colegiada – **Resolução RDC nº 11, de 13 de março de 2014**. Dispõe sobre os requisitos de boas práticas de funcionamento para os serviços de diálise. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 2014. Disponível em: <https://www.gov.br/anvisa/pt-br/assuntos/legislacao/rdc/rdc-no-11-de-13-de-marco-de-2014>. Acesso em: 5 jan. 2026.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria nº 389, de 13 de março de 2014**. Define os critérios para a organização da linha de cuidado da pessoa com doença renal crônica (DRC). Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 14 mar. 2014. Seção 1, p. 34. Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2014/prt0389_13_03_2014_rep.html. Acesso em: 3 dez. 2025.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria GM/MS nº 888, de 4 de maio de 2021**. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 2021. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/portaria-gm/ms-n-888-de-4-de-maio-de-2021-317542562>. Acesso em: 5 jan. 2026.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução da Diretoria Colegiada – **RDC nº 919, de 19 de setembro de 2024**. Dispõe sobre o planejamento, programação, elaboração, avaliação e aprovação dos sistemas de tratamento e distribuição de água para

hemodiálise no Sistema Nacional de Vigilância Sanitária. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 26 set. 2024 (DOU nº 187). Disponível em: <https://www.in.gov.br>. Acesso em: 23 jan. 2026.

COSTERTON, J. W.; STEWART, P. S.; GREENBERG, E. P. **Bacterial biofilms**: a common cause of persistent infections. *Science*, v. 284, n. 5418, p. 1318–1322, 1999. DOI: 10.1126/science.284.5418.1318. Disponível em: <https://doi.org/10.1126/science.284.5418.1318>. Acesso em: 18 nov. 2025.

DI BERNARDO, L.; PAZ, L. P. S. **Seleção de tecnologias de tratamento de água**. 2. ed. São Carlos: EdUFSCar, 2010. Disponível em: <https://pt.scribd.com/document/353451975>. Acesso em: 5 nov. 2025.

EDBERG, S. C. et al. **Escherichia coli**: the best biological drinking water indicator for public health protection. *Journal of Applied Microbiology*, v. 88, p. 106S–116S, 2000. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/10880185/>. Acesso em: 5 jan. 2026.

FRESENIUS MEDICAL CARE. **A história da diálise**. Disponível em: <https://freseniusmedicalcare.com/pt-pt/imprensa/historias/company-features/a-historia-da-dialise/>. Acesso em: 16 nov. 2025.

GARCIA, T. W. et al. **História da hemodiálise no Brasil**. 2025. Dissertação (Mestrado em Ciências da Saúde) — Universidade de Brasília, Brasília, 2025.

GIL, Antônio Carlos. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2019.

HELLER, L.; PÁDUA, V. L. (org.). **Abastecimento de água para consumo humano**. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2010. Disponível em: <https://pt.scribd.com/document/455702188>. Acesso em: 5 jan. 2026.

HILINSKI, Ellen Gameiro et al. **A água de diálise é um componente seguro para o tratamento de hemodiálise no Estado de São Paulo, Brasil?** *Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences*, São Paulo, v. 56, e17835, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/s2175-97902019000417835>. Acesso em: 7 dez. 2025.

JUDD, Simon J. **The status of industrial and municipal effluent treatment with membrane bioreactor technology**. *Chemical Engineering Journal*, v. 305, p. 37–45, 2016. DOI: 10.1016/j.cej.2015.08.141. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.cej.2015.08.141>. Acesso em: 18 jan. 2026.

KARGER PUBLISHERS. **100 years of dialysis at University Hospital Giessen**. *Blood Purification*, v. 54, n. 4–5, p. 211–218, 2024. Disponível em: <https://karger.com/bpu/article/54/4-5/211/920390>. Acesso em: 5 dez. 2025.

LEAL, C. D. et al. **Qualidade da água para consumo humano e seus riscos à saúde**. *Revista Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 23, n. 3, p. 451–460, 2018. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/esa/a/7r9sJZy9qFQp4L3d6s9C4xR/>. Acesso em: 5 jan. 2026.

LIBÂNIO, M. **Fundamentos de qualidade e tratamento de água**. 4. ed. Campinas: Átomo, 2016. Disponível em: <https://www.editoratom.com.br/fundamentos-de-qualidade-e-tratamento-de-agua>. Acesso em: 5 jan. 2026.

- RIELLA, M. C. et al. **Princípios de nefrologia e distúrbios hidroeletrólíticos**. 5. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2018. p. 980–1019.
- ROCHE, R. **História da hemodiálise**: fundamentos técnicos e evolução. 2006. Documento histórico revisado. Disponível em: <https://1library.org/document/qmjng25q>. Acesso em: 5 jan. 2026.
- SILVA, Higor Oliveira et al. **Efficiency of different disinfectants on *Bacillus cereus* sensu stricto biofilms on stainless-steel surfaces in contact with milk**. *Frontiers in Microbiology*, v. 9, p. 1–11, 2018. DOI: 10.3389/fmicb.2018.02934. Disponível em: <https://doi.org/10.3389/fmicb.2018.02934>. Acesso em: 18 nov. 2025.
- SOCIEDADE BRASILEIRA DE NEFROLOGIA. **As primeiras quatro décadas da nefrologia no Brasil**. São Paulo: SBN, 2000. Disponível em: https://bjnephrology.org/wp-content/uploads/2019/12/jbn_v22n3s2a02.pdf. Acesso em: 5 jan. 2026.
- SOCIEDADE BRASILEIRA DE NEFROLOGIA. **Diretrizes para serviços de diálise**. São Paulo: SBN, 2020. Disponível em: <https://www.sbn.org.br/diretrizes/>. Acesso em: 5 jan. 2026.
- SPELLMAN, Frank R. **The science of water**: concepts and applications. 3. ed. Boca Raton: CRC Press, 2014. Disponível em: <https://www.biblio.com/book/science-water-concepts-applications-third-edition/d/1682220228>. Acesso em: 18 jan. 2026.
- VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 4. ed. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2014. Disponível em: <https://www.ufmg.br/sustentabilidade/wp-content/uploads/2017/05/Introducao-a-qualidade-das-aguas.pdf>. Acesso em: 5 jan. 2026.
- WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Guidelines for drinking-water quality**. 4. ed. Geneva: WHO, 2017. Disponível em: <https://www.who.int/publications-detail-redirect/9789241549950>. Acesso em: 5 jan. 2026.
- YIN, Robert K. **Estudo de caso**: planejamento e métodos. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2015.