

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA
CURSO DE ENGENHARIA QUÍMICA**

YASMIN PINTO RODRIGUES

**AVALIAÇÃO DO SISTEMA DE TRATAMENTO DE ÁGUA EM UMA UNIDADE
CLÍNICA DE HEMODIÁLISE**

**Bagé
2019**

YASMIN PINTO RODRIGUES

**AVALIAÇÃO DO SISTEMA DE TRATAMENTO DE ÁGUA EM UMA UNIDADE
CLÍNICA DE HEMODIÁLISE**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Química da Universidade Federal do Pampa, como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Química.

Orientador: Prof. Dr. Edson Abel dos Santos Chiaramonte

**Bagé
2019**

Ficha catalográfica elaborada automaticamente com os dados fornecidos
pelo(a) autor(a) através do Módulo de Biblioteca do
Sistema GURI (Gestão Unificada de Recursos Institucionais) .

R696a Rodrigues , Yasmin Pinto
Avaliação do sistema de tratamento de água em uma
unidade clínica de hemodiálise / Yasmin Pinto Rodrigues.
56 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação)--
Universidade Federal do Pampa, ENGENHARIA QUÍMICA, 2019.
"Orientação: Edson Abel dos Santos Chiaramonte".

1. Hemodiálise. I. Título.

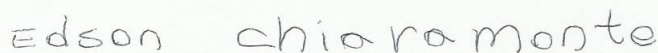
YASMIN PINTO RODRIGUES

**AVALIAÇÃO DO SISTEMA DE TRATAMENTO DE ÁGUA EM UMA UNIDADE
CLÍNICA DE HEMODIÁLISE**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Engenharia
Química da Universidade Federal do
Pampa, como requisito parcial para
obtenção do Título de Bacharel em
Engenharia Química.

Trabalho de Conclusão de Curso defendido em: 25 de junho de 2019.

Banca examinadora:



Prof. Dr. Edson Abel dos Santos Chiaramonte
Orientador
UNIPAMPA



Prof. Dr Alexandre Denes Arruda
UNIPAMPA



Prof. Dr Sérgio Meth
UNIPAMPA

RESUMO

A insuficiência renal crônica (IRC) é uma doença caracterizada pela perda da função dos rins em realizar suas funções de eliminar através da urina as substâncias tóxicas, excesso de água e sais minerais do organismo. Diante disso, dentre os tratamentos disponíveis para a manutenção da sobrevivência do paciente, existem atualmente a diálise peritoneal, a hemodiálise e o transplante renal, os quais se diferenciam pelas condições de saúde do paciente. A hemodiálise é um dos tratamentos mais utilizados para pacientes portadores de IRC e é um tratamento que substitui as funções dos rins, mediante a passagem do sangue do paciente, por membranas semipermeáveis que filtram os produtos indesejáveis presentes no sangue. Para esse procedimento, é necessário um acesso vascular para que o sangue seja levado do corpo do paciente à máquina de diálise e desta para o corpo, num período de aproximadamente 4 horas, durante 3 dias na semana. Para a realização de uma sessão de hemodiálise, é necessária uma grande quantidade de água com padrão específico determinado pela legislação, caso contrário, a saúde dos pacientes pode vir a ser colocada em risco. O padrão específico de qualidade da água é atingido mediante de seu tratamento. O sistema trata a água potável. Em grande parte das unidades clínicas de hemodiálise, realizam o tratamento da água potável através de osmose reversa. O sistema de tratamento de água que utiliza a osmose reversa é, em sua maioria, composto por filtros de areia, filtros de carvão, abrandadores e também membranas filtrantes, assim como tanques de armazenamento para a água tratada. Este trabalho foi realizado mediante um estudo de caso em uma unidade clínica de hemodiálise localizada no Rio Grande do Sul. Através da realização de um levantamento bibliográfico, foi possível identificar a função de cada equipamento no processo de tratamento de água, bem como identificar, perante a legislação vigente, os padrões exigidos para a água utilizada na clínica de hemodiálise. Foram realizadas análises da água tratada na clínica em pontos específicos do sistema de tratamento, conforme exige a legislação regulamentadora. As análises foram realizadas na UNIPAMPA e no laboratório credenciado na Rede Brasileira de Laboratórios Analíticos em Saúde. As análises realizadas no mês de maio estavam em acordo com as legislações vigentes e, portanto, a água da clínica possuía qualidade necessária para utilização.

Palavras-chave: Hemodiálise. Tratamento de água. Legislação.

ABSTRACT

Chronic renal failure (CKD) is a disease characterized by loss of kidney function in performing its functions of eliminating through the urine the toxic substances, excess water and minerals of the body. Therefore, peritoneal dialysis, hemodialysis and renal transplantation are among the treatments available to maintain patient survival, which are differentiated by the patient's health conditions. Hemodialysis is one of the most commonly used treatments for patients with CRF and is a treatment that replaces the functions of the kidneys by passing the patient's blood through semipermeable membranes that filter the undesirable products present in the blood. For this procedure, vascular access is required for the blood to be drawn from the patient's body to the dialysis machine and into the body, over a period of approximately 4 hours, for 3 days a week. For a hemodialysis session, a large amount of water with a specific standard is required by law, otherwise the health of the patients may be put at risk. The specific water quality standard is achieved through its treatment. The system treats drinking water. In most of the clinical hemodialysis units, the treatment of drinking water is performed through reverse osmosis. The reverse osmosis water treatment system consists mostly of sand filters, carbon filters, softeners as well as filter membranes, as well as storage tanks for treated water. This work was carried out through a case study in a clinical unit of hemodialysis located in Rio Grande do Sul. Through a bibliographical survey, it was possible to identify the function of each equipment in the water treatment process, as well as identify, before the current legislation, the standards required for water used in the hemodialysis clinic. Analyzes of the water treated in the clinic were carried out at specific points in the treatment system, as required by the regulatory legislation. The analyzes were carried out in UNIPAMPA and in the laboratory accredited in the Brazilian Network of Analytical Laboratories in Health. The analyzes carried out in May were in agreement with the current legislation and, therefore, the water of the clinic had the required quality for use.

Keywords: Hemodialysis. Water treatment. Legislation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Diálise peritoneal	16
Figura 2 - Fístula arteriovenosa para hemodiálise.....	17
Figura 3 - Modelo esquemático do tratamento de água para hemodiálise	25
Figura 4 - Modelo real de tratamento de água para hemodiálise.....	26
Figura 5 - Amostras coletadas.....	32
Figura 6 - Equipamentos utilizados para análise de potabilidade da água.....	33

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Relação entre os sintomas e os possíveis contaminantes na água.....	19
Tabela 2 - Padrão microbiológico da água para consumo humano.....	20
Tabela 3 - Padrão de turbidez para água destinada para consumo humano	22
Tabela 4 - Características físicas e organolépticas da água potável	22
Tabela 5 - Padrão de qualidade da água para hemodiálise	23
Tabela 6 - Procedimentos de manutenção do STDAH.....	24
Tabela 7 - Preenchimento da APP.....	34
Tabela 8 - Frequência de um determinado evento.....	35
Tabela 9 - Severidade de um determinado evento.....	36
Tabela 10 - Turbidez das amostras	38
Tabela 11 - pH das amostras.....	39
Tabela 12 - O2 dissolvido das amostras	39
Tabela 13 - Análise da água do Pré-tratamento.....	41
Tabela 14 - Análise da água do reservatório	41
Tabela 15 - Análise da água pós passagem pela osmose reversa	42
Tabela 16 - Análise da água destinada ao reuso.....	42
Tabela 17 - Análise da água na máquina de hemodiálise 1	43
Tabela 18 - Análise da água na máquina de hemodiálise 2.....	43
Tabela 19 - Análise da água na máquina de hemodiálise 3.....	43
Tabela 20 - Matriz de riscos, severidade e frequência	45
Tabela 21 - Classificação dos riscos identificados	45

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

- AAMI – Advancing Safety in Health Technology
- ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária
- APP – Análise Preliminar de Perigo
- PHA – Preliminary Hazard Analysis
- CPHD – Concentrado polieletrólítico para hemodiálise
- DNA – Ácido desoxirribonucleico
- IRC – Insuficiência Renal Crônica
- NTU – Unidade Nefolométrica de Turbidez
- OR – Osmose Reversa
- pH – Potencial Hidrogênionico
- Psi – *Pound force per square inch.*
- RDC – Resolução da Diretoria Colegiada
- RS – Rio Grande do Sul
- SAAP – Subsistema de Abastecimento de Água Potável
- STAH – Subsistema de Tratamento de Água para Hemodiálise
- SDATH – Subsistema de Distribuição de Água Tratada para Hemodiálise
- TCC – Trabalho de Conclusão de Curso
- UFC – Unidade Formadora de Colônia
- UNIPAMPA – Universidade Federal do Pampa
- uT– Unidades de Turbidez
- UTI – Unidade de Tratamento Intensivo
- UV– Ultravioleta
- VMP – Valor Máximo Permitido

LISTA DE SÍMBOLOS

μm – Micrometro

§ – Parágrafo

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	12
2. OBJETIVOS.....	14
2.1 Objetivo geral.....	14
2.2 Objetivos específicos.....	14
3. REVISAO BIBLIOGRÁFICA.....	15
3.1 Doença renal crônica.....	15
3.1.1 Tratamentos.....	15
3.2 Hemodiálise.....	17
3.2.1 Dialisador.....	18
3.2.2 Qualidade da água para hemodiálise.....	18
3.2.3 Legislação.....	20
3.2.4 Subsistema de Abastecimento de Água Potável (SAAP).....	24
3.2.5 Sistema de Tratamento de Água para Hemodiálise (STAH).....	24
3.2.5.1 Filtro de sedimentação (areia).....	26
3.2.5.2 Filtro de carvão.....	27
3.2.5.3 Abrandadores.....	27
3.2.5.4 Osmose reversa.....	28
3.2.5.5 Radiação ultravioleta.....	29
3.2.5.6 Concentrador de ozônio.....	29
3.2.6 Subsistema de Distribuição de Água Tratada para Hemodiálise (SDATH).....	29
4. METODOLOGIA.....	31
4.1 Coleta das amostras.....	31
4.2 Análise das amostras de água.....	32
4.3 Análise Preliminar de Perigo (APP).....	33
5. RESULTADOS.....	37
5.1 Análises realizadas na UNIPAMPA.....	38
5.2 Análises realizadas pelo laboratório.....	40
5.3 Análise Preliminar de Perigo (APP).....	43
6. CONCLUSÃO.....	46
REFERÊNCIAS.....	48
APÊNDICE.....	53

1. INTRODUÇÃO

A insuficiência renal crônica é uma doença caracterizada pela perda progressiva e, na maioria das vezes, irreversível da função renal de depuração, em que o rim não consegue realizar sua função filtradora, isto é, retirar do sangue todas as escórias metabólicas.

Atualmente os pacientes com insuficiência renal crônica podem ser tratados por diálise peritoneal, hemodiálise ou transplante renal (COSTA, 2012). Dentre as modalidades de tratamento para a insuficiência renal, a hemodiálise é um processo realizado em um circuito extracorpóreo, utilizando-se uma membrana artificial. Um ou mais vasos sanguíneos do paciente são puncionados para que o sangue percorra um circuito tubular e passe pelo filtro, que contém grande número de pequenos capilares, constituídos por um material que serve como membrana semipermeável, banhados externamente pela solução de diálise (VASCONCELOS, 2012). Normalmente este tratamento é realizado três vezes por semana, num período entre três a quatro horas para cada sessão (FARIA, 2018).

Nas sessões de hemodiálise, utiliza-se a água tratada e soluções concentradas de sais conhecidas como concentrado polieletrólítico (CPHD). Estes produtos se misturam na máquina de hemodiálise e formam a solução dialítica ou dialisato, necessária ao processo de filtração do sangue, através de uma membrana semipermeável presente nos dialisadores (LUGON; STROGOFF; WARRAK, 2003).

Como esta solução irá entrar em contato com o sangue, através da membrana semipermeável do filtro capilar, faz-se necessário que a água utilizada seja purificada. No Brasil, os padrões de qualidade da água para hemodiálise são definidos pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), sendo a mais recente atualização definida através da Resolução da Diretoria Colegiada, RDC 11, de 13 de março de 2014, publicada no Diário Oficial da União em 14 de março de 2014, a qual “Dispõe sobre os Requisitos de Boas Práticas de Funcionamento para os Serviços de Diálise e dá outras providências” (BRASIL, 2014a).

Sendo assim, a Resolução RDC, de 11 de março de 2014 (BRASIL, 2014a) apresenta que as clínicas devem possuir um Sistema de Tratamento e Distribuição de Água para Hemodiálise (STDAH) que permita garantir a qualidade necessária para o tratamento dos pacientes com segurança. Normalmente, o STDAH possui um sistema final de purificação baseado no princípio da Osmose Reversa (OR), no qual uma bomba de alta pressão permite o processo inverso ao da osmose, produzindo água para hemodiálise, livre de micro-organismos, endotoxinas e partículas orgânicas e inorgânicas (FARIA, 2018).

No que concerne à composição do STAH que, por sua vez, depende das características físico-químicas e microbiológicas da água a ser tratada, conforme cita Azevedo (2018). Os principais equipamentos utilizados são filtros de areia, filtro de carvão, abrandador e membranas de osmose reversa.

Baseando-se neste contexto, o presente trabalho visa apresentar um estudo de caso realizado em uma clínica de hemodiálise localizada no Rio Grande do Sul, onde foram identificados cada etapa do processo de tratamento de água para hemodiálise, os equipamentos e a realização de análises da água utilizada na clínica antes e depois do tratamento da água.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

- Identificar os equipamentos do tratamento de água para hemodiálise (Filtro de Areia, Abrandador, Filtro de Carvão Ativado, Filtro Microporoso e Osmose Reversa), quanto à sua funcionalidade na remoção de contaminantes da água, em uma clínica de hemodiálise situada no Rio Grande do Sul.

2.2 Objetivos específicos

- Revisar a literatura referente aos temas abordados no presente trabalho.
- Averiguar a funcionalidade dos equipamentos (Filtro de Areia, Abrandador, Filtro de Carvão Ativado, Filtro Microporoso e Osmose Reversa) no processo de tratamento de água.
- Identificar mediante a literatura as consequências de uma falha em uma etapa de tratamento do sistema nas fases subsequentes.
- Verificar os equipamentos presentes no sistema de tratamento de água da clínica de hemodiálise em estudo.
- Verificar a qualidade da água potável utilizada na clínica.
- Identificar a qualidade da água na etapa final do tratamento fornecida para hemodiálise.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Doença renal crônica

A doença renal crônica é classificada como uma lesão renal e consiste na perda progressiva e irreversível da função dos rins. Em sua fase mais avançada (chamada de fase terminal de insuficiência renal crônica - IRC), Romão Júnior (2004) cita que os rins não conseguem mais manter sua condição de normalidade do meio interno do paciente.

De acordo com Marinho *et al.* (2017), o aumento no número de casos reportados nas últimas décadas em diferentes contextos, estão associados ao envelhecimento e à transição demográfica da população, como resultado da melhora na expectativa de vida e do rápido processo de urbanização.

Segundo Brasil (2014b), os rins possuem múltiplas funções, como a excreção de produtos finais de diversos metabolismos, produção de hormônios, controle do pH sanguíneo, controle do nível de líquido do corpo humano, controle dos níveis eletrólitos (sais minerais) e da pressão arterial. Existem diversas formas de aferir as funções renais, mas, do ponto de vista clínico, a função excretora é aquela que tem maior correlação com os desfechos clínicos. O paciente com doença renal crônica apresenta deficiências em cada uma dessas funções.

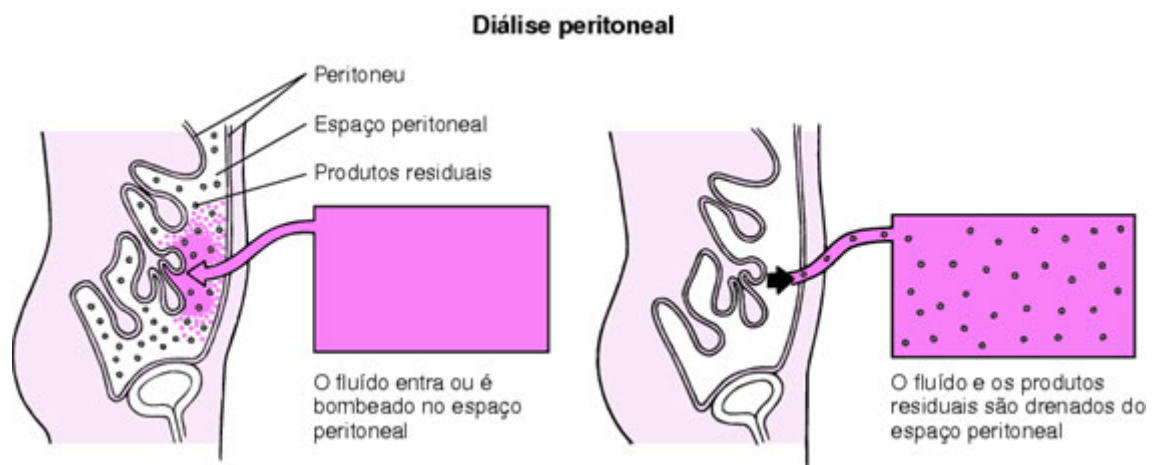
O aparecimento tardio dos sinais e sintomas da IRC, frequentemente, é decorrente de complicações de outras doenças que levaram à falência renal (KUSOMOTA; RODRIGUES; MARQUES, 2004). Assim, muitas vezes, os portadores da patologia, por desconhecimento da sua gravidade, má interpretação dos sinais e sintomas, tardam a procurar ajuda de profissionais de saúde que possam diagnosticar a doença.

3.1.1 Tratamentos

Assim que diagnosticada a patologia, inicia-se a busca pelo melhor tratamento conforme cada paciente necessita. Existem três tipos de tratamento para a insuficiência renal crônica: a diálise peritoneal, a hemodiálise e o transplante renal. De acordo com Almeida e Meleiro (2000), os métodos de diálise e de transplante renal aplicados na terapia de pacientes renais crônicos possibilitaram uma alteração no modo de vida destes, de forma que propiciou a melhora do prognóstico e possibilitou o aumento da sobrevida. Algumas décadas atrás o diagnóstico da doença renal crônica significava morte em curto prazo para o paciente.

Conforme a Sociedade Brasileira de Nefrologia (2018), a diálise peritoneal é uma das opções de tratamento em que o processo ocorre dentro do corpo do paciente, com auxílio de um filtro natural como substituto da função renal. Esse filtro é denominado peritônio. O peritônio é uma membrana porosa e semipermeável, que reveste os principais órgãos abdominais. Um líquido de diálise é inserido na cavidade e drenado, através de um cateter (tubo flexível biocompatível), conforme mostra a Figura 1.

Figura 1 - Diálise peritoneal



Fonte: Sociedade Brasileira de Nefrologia (2018)

Uma segunda alternativa de tratamento é o transplante renal. O procedimento cirúrgico de transplante renal é realizado por médicos especialistas, conforme cita Marinho *et al.* (2006), eles introduzem o rim sadio de um doador (vivo ou cadáver) em um receptor que já não realiza as funções renais normais.

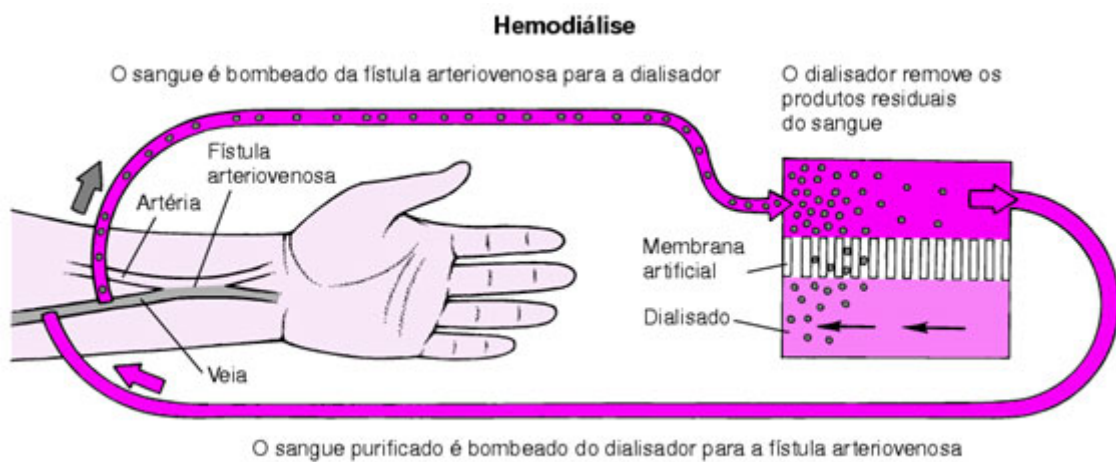
O transplante renal é considerado o melhor tratamento da doença renal crônica. Está associado à diminuição do risco de mortalidade, além de melhorar a qualidade de vida e proporcionar o fim das restrições alimentares, que ocorrem aos pacientes submetidos à diálise peritoneal e à hemodiálise. Estima-se que há aproximadamente mais de dois milhões de pessoas no mundo portadoras de DRC, realizando algum tipo de tratamento, em fase terminal (ROCHA *et al.*, 2017).

Riella (2003) relata que mais de um milhão de pessoas no mundo têm sua vida garantida na ausência de um órgão vital, neste caso o rim, graças à terapia renal substitutiva. Além disso, o tratamento dialítico propicia as condições clínicas necessárias àqueles que aguardam pelo transplante renal. Em contrapartida, seja pela escassez de órgãos ou por razões

clínicas associadas aos pacientes, apenas uma pequena minoria dos pacientes em diálise realiza o transplante.

A hemodiálise consiste em um processo mecânico que tem por objetivo filtrar e depurar o sangue do paciente, retirando dele as substâncias indesejadas ao organismo. É feita através de uma máquina e um dialisador, onde o sangue é retirado do organismo e levado até o dialisador para que seja filtrado e retorne ao organismo limpo (SOCIEDADE BRASILEIRA DE ENFERMAGEM EM NEFROLOGIA, 2017). Conforme a Sociedade Brasileira de Nefrologia (2018), a máquina recebe o sangue do paciente por um acesso vascular, que pode ser um cateter (tubo) ou uma fístula arteriovenosa, que é o mais indicado, conforme representado na Figura 2. Após é impulsionado por uma bomba até o filtro de diálise.

Figura 2 - Fístula arteriovenosa para hemodiálise



Fonte: Sociedade Brasileira de Nefrologia (2018)

3.2 Hemodiálise

Procedimento que promove a filtração do sangue por via extracorpórea, através de uma membrana sintética especial (contida em um dispositivo chamado dialisador). O sangue é bombeado através de tubos até o dialisador, onde ocorrem trocas seletivas de substâncias com o meio externo e retorna em seguida ao corpo do paciente (BRASIL, 2002). A máquina automática de hemodiálise é controlada por dois sistemas de transporte de líquidos: um sistema de circulação extracorpórea do sangue (circuito do sangue) e outro de preparação e circulação do banho de diálise (circuito hidráulico). A máquina contém a bomba que impulsiona o sangue e o sistema de sensores que controla a solução de diálise, as pressões e o fluxo de sangue. O sistema extracorpóreo é constituído dos sistemas de tubulação do sangue,

da solução do dialisato, do filtro com membrana semipermeável (dialisador) e do sistema do soro fisiológico.

3.2.1 Dialisador

Para Vasconcelos (2012), dialisador é a máquina onde ocorrem as trocas por difusão e a ultrafiltração do plasma sanguíneo. O filtro do dialisador é constituído por dois compartimentos: um por onde circula o sangue e outro por onde passa o dialisato (solução de diálise). Esses compartimentos são separados por uma membrana semipermeável e o fluxo de sangue e do dialisato são contrários, permitindo elevar ao máximo a diferença de concentração dos solutos em todo o alcance do filtro.

3.2.2 Qualidade da água para Hemodiálise

A água é um componente fundamental no tratamento de diálise, visto que, um paciente em tratamento periódico entra em contato, por meio de hemodialisador, com 52 a 78 litros de água por dia, o que equivale a aproximadamente 19.000 a 28.500 litros por ano (NOELL *et al.*, 2011).

Silva *et al.* (1996) relata que um dos primeiros eventos mórbidos relacionados à qualidade da água em unidades clínicas de hemodiálise foi a conhecida como “síndrome da água dura”, que se caracterizava pelo aparecimento de sintomas como náuseas, vômitos, fraqueza muscular intensa e hipertensão arterial nos pacientes durante as sessões de diálise. O surgimento da síndrome da água dura foi diretamente associado à presença elevada de cálcio e magnésio na água não tratada utilizada nas sessões dialíticas.

No Brasil, em 1996, na cidade de Caruaru (Recife), ocorreu um surto em uma clínica de hemodiálise que atendia 131 pacientes. Cem desses pacientes desenvolveram falência aguda do fígado, sendo que 52 foram a óbito em consequência da contaminação da água de hemodiálise por ciano bactérias (SIMÕES *et al.*, 2005).

Costa (2012) afirma que a qualidade da água utilizada na hemodiálise é uma das maiores preocupações para os serviços de saúde em relação ao tratamento aos pacientes renais. Em seu relato, consta que diversos pacientes já foram levados a óbito em decorrência de contaminantes na água utilizada em tratamento hemodialítico.

Quando existem falhas no sistema de tratamento e distribuição de água para hemodiálise, contaminantes microbiológicos podem ser encontrados. Entre os mais

frequentes, podem-se destacar bactérias, fungos, endotoxinas, entre outros (GLORIEUX *et al.*, 2012).

Em seu estudo, Noll e Cassali (2011) citam que a presença de ferro na água utilizada oferece risco potencial de hemossiderose (patologia caracterizada por depósitos anormais de hemoglobina), bem como efeitos degradantes nos equipamentos de hemodiálise. A demasia de flúor pode ocasionar aumento de produção óssea e deficiência na mineralização. Assim como a presença de alumínio na água pode interferir na mineralização, bem como contribuir para a demência dialítica. A presença de nitrato pode conduzir a metemoglobinemia (excesso de hemoglobina que impede o transporte de oxigênio). A passagem de toxinas bacterianas (endotoxinas), através da membrana dialítica, pode ocasionar reações pirogênicas (febre, calafrios).

Simões *et al.* (2005) relatou os sinais e sintomas que alguns contaminantes podem ocasionar no organismo humano, conforme apresentado na Tabela 1.

Tabela 1 - Relação entre os sintomas e os possíveis contaminantes na água

Sinais e sintomas	Possíveis contaminantes
Anemia	Alumínio, cloraminas, cobre e zinco
Doença óssea	Alumínio, flúor
Hemólise	Cloraminas, cobre, nitratos
Hipertensão	Cálcio, sódio
Acidose metabólica	pH baixo, sulfatos
Fraqueza muscular	Cálcio, magnésio
Náuseas, vômitos	Bactérias, cálcio, cobre, endotoxinas, pH baixo, magnésio, nitratos, sulfato, zinco
Deterioração neurológica e encefalopatia	Alumínio

Fonte: Simões *et al.* (2005)

Antes do tratamento, é necessária a realização de um pré-tratamento da água para a retirada de substâncias e partículas que possam comprometer os equipamentos de purificação, acarretando na diminuição da sua eficácia. São utilizados filtros de areia, carvão ativado e abrandadores no pré-tratamento. Da água obtida, é realizada a purificação utilizando, os sistemas de osmose reversa ou de deionização. Apesar de esses dois métodos serem eficientes, o tratamento da água com osmose reversa é o mais indicado por causa da qualidade da água obtida (LYDIO, 2013).

3.2.3 Legislação

Segundo relato de Bugno *et al.* (2007), até aproximadamente a década de 70, a água potável era utilizada na hemodiálise, sem nenhum tratamento prévio. Entretanto, evidenciou-se correlação entre os contaminantes na água potável e eventos patológicos ocasionados, sendo necessária a utilização de tratamentos complementares, com o intuito de adequar as características físico-químicas e microbiológicas da água potável utilizada para os procedimentos dialíticos.

A legislação brasileira vigente determina procedimentos e responsabilidades relativos à vigilância da qualidade da água para consumo humano (MOSSONI *et al.*, 2014). A atual portaria que rege a consolidação das normas sobre as ações e os serviços do Sistema Único de Saúde é a Portaria de Consolidação N°5, de 28 de setembro de 2017.

No capítulo V, que retrata a vigilância em saúde, a seção II abrange normas para Controle e Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano e seu Padrão de Potabilidade, o Anexo XX, estabelece que:

- I - água para consumo humano: água potável destinada à ingestão, preparação e produção de alimentos e à higiene pessoal, independentemente da sua origem;
- II - água potável: água que atenda ao padrão de potabilidade estabelecido neste Anexo e que não ofereça riscos à saúde;
- III - padrão de potabilidade: conjunto de valores permitidos como parâmetro da qualidade da água para consumo humano, conforme definido neste Anexo;
- [...]
- V - água tratada: água submetida a processos físicos, químicos ou combinação destes, visando atender ao padrão de potabilidade; [...]. (BRASIL, 2017).

A legislação define que a água potável deve estar em conformidade com os padrões microbiológicos exigidos. Dentre os fatores necessários para estabelecer a qualidade da água, a Tabela 2 retrata o padrão microbiológico da água destinada para consumo humano.

Tabela 2 - Padrão microbiológico da água para consumo humano

(continua)

Tipo de Água	Parâmetro	VMP
Água para consumo humano	<i>Escherichia coli</i>	Ausência em 100 mL

Tabela 2 - Padrão microbiológico da água para consumo humano

(conclusão)

Água tratada	Na saída do tratamento	Coliformes totais		Ausência em 100 mL
		<i>Escherichia Coli</i>		Ausência em 100 mL
	No sistema de distribuição (reservatórios e rede)	Coliformes totais	Sistemas ou soluções alternativas coletivas que abastecem menos de 20.000 habitantes	Apenas uma amostra, entre as amostras examinadas no mês, poderá apresentar resultado positivo.
			Sistemas ou soluções alternativas coletivas que abastecem a partir de 20.000 habitantes	Ausência em 100 mL em 95% das amostras examinadas no mês.

Fonte: Brasil (2017)

No que rege o padrão de potabilidade, consta nos artigos 27 e 28 (BRASIL, 2017):

§ 1º No controle da qualidade da água, quando forem detectadas amostras com resultado positivo para coliformes totais, mesmo em ensaios presuntivos, ações corretivas devem ser adotadas e novas amostras devem ser coletadas em dias imediatamente sucessivos até que revelem resultados satisfatórios.

A determinação de bactérias heterotróficas deve ser realizada como um dos parâmetros para avaliar a integridade do sistema de distribuição (reservatório e rede).

Ainda para a garantia da qualidade microbiológica da água destinada para consumo humano, a Portaria de Consolidação N°5, de 28 de setembro de 2017 (BRASIL, 2017)

ênfatiza que deve ser atendido o padrão de turbidez expresso no Anexo XX da portaria em questão. A Tabela 3 estabelece o padrão de turbidez para água pós-filtração ou pré-desinfecção.

Tabela 3 - Padrão de turbidez para água destinada para consumo humano

Tratamento da água	VMP
Desinfecção (para águas subterrâneas)	1,0 uT em 95% das amostras
Filtração rápida (tratamento completo ou filtração direta)	0,5 uT em 95% das amostras
Filtração lenta	1,0 uT em 95% das amostras

Fonte: Adaptada de Brasil (2017)

Em relação à qualidade da água destinada para tratamento, dentre as exigências previstas, é obrigatória a manutenção de, no mínimo, 0,2 mg/L de cloro residual livre ou 2 mg/L de cloro residual combinado ou de 0,2 mg/L de dióxido de cloro em toda a extensão do sistema de distribuição (reservatório e rede) (BRASIL, 2017).

Em relação à qualidade da água destinada para tratamento de hemodiálise, atualmente, de acordo com Soares *et al.* (2016), a legislação brasileira que vigora, determina parâmetros físico-químicos e microbiológicos que indicam a qualidade da água para hemodiálise é a RDC Nº 11/2014. Esta que, por sua vez, revogou a RDC Nº 154/2004, que dispõe sobre os Requisitos de Boas Práticas de Funcionamento para os Serviços de Diálise e especifica cuidados, parâmetros e periodicidade das ações a serem executadas nas unidades clínicas de hemodiálise, conforme exposto nas Tabelas 4, 5 e 6.

Tabela 4 - Características físicas e organolépticas da água potável

(continua)

Característica	Parâmetro aceitável	Frequência de verificação
Cor aparente	Incolor	Diária
Turbidez	Ausente	Diária
Sabor	Insípido	Diária
Odor	Inodoro	Diária
Cloro residual livre	Água da rede pública > 0,2 mg/L Água de fonte alternativa > 0,5 mg/L	Diária

Tabela 4 - Características físicas e organolépticas da água potável

(conclusão)

pH	6,0 - 9,5	Diária
----	-----------	--------

Fonte: Brasil (2014a)

Tabela 5 - Padrão de qualidade da água para hemodiálise

Componente	Valor máximo permitido	Frequência de análise
Coliforme total	Ausência em 100 mL	Mensal
Contagem de bactérias heterotróficas	100 UFC/mL	Mensal
Endotoxinas	0,25 EU/mL	Mensal
Alumínio	0,01 mg/L	Semestral
Antimônio	0,006 mg/L	Semestral
Arsênico	0,005 mg/L	Semestral
Bário	0,1 mg/L	Semestral
Berílio	0,0004 mg/L	Semestral
Cádmio	0,001 mg/L	Semestral
Cálcio	2 mg/L	Semestral
Chumbo	0,005 mg/L	Semestral
Cloro total	0,1 mg/L	Semestral
Cobre	0,1 mg/L	Semestral
Cromo	0,014 mg/L	Semestral
Fluoreto	0,2 mg/L	Semestral
Magnésio	4 mg/L	Semestral
Mercúrio	0,0002 mg/L	Semestral
Nitrato (N)	2 mg/L	Semestral
Potássio	8 mg/L	Semestral
Prata	0,005 mg/L	Semestral
Selênio	0,09 mg/L	Semestral
Sódio	70 mg/L	Semestral
Sulfato	100 mg/L	Semestral
Tálio	0,002 mg/L	Semestral
Zinco	0,1 mg/L	Semestral

Fonte: Adaptada de Brasil (2014a)

Tabela 6 - Procedimentos de manutenção do STDAH

Procedimento	Frequência
Limpeza do reservatório de água potável	Semestral
Controle bacteriológico do reservatório de água potável	Mensal
Limpeza e desinfecção do reservatório e da rede de distribuição de água para hemodiálise	Mensal

Fonte: Brasil (2014a)

Conforme classificação da RDC N°. 33 (BRASIL, 2008), o Sistema de Tratamento e Distribuição de Água para Hemodiálise (STDAH) é composto pelos seguintes subsistemas:

- I - Subsistema de Abastecimento de Água Potável (SAAP);
- II - Subsistema de Tratamento de Água para Hemodiálise (STAH);
- III - Subsistema de Distribuição de Água Tratada para Hemodiálise (SDATH).

3.2.4 Subsistema de Abastecimento de Água Potável (SAAP)

Compreende os equipamentos e serviços destinados ao abastecimento de água potável a partir do ponto de alimentação da clínica para fins de armazenagem e distribuição até chegar ao Subsistema de Tratamento de Água para Hemodiálise STAH. Esse subsistema é composto pelo encanamento de entrada, sistema de bombas, reservatórios elevados e tubulação de distribuição interna (FARIA, 2018).

O SAAP deve conter ponto de coleta de água de abastecimento para análise em concordância com a Resolução da Diretoria Colegiada RDC N° 11 (BRASIL, 2014a) e deve possuir identificação dos ramais de derivação e distribuição da água armazenada e pontos de coleta antes do STAH, conforme descrito pela Resolução da Diretoria Colegiada RDC N° 33 (BRASIL, 2008).

3.2.5 Sistema de tratamento de água para hemodiálise (STAH)

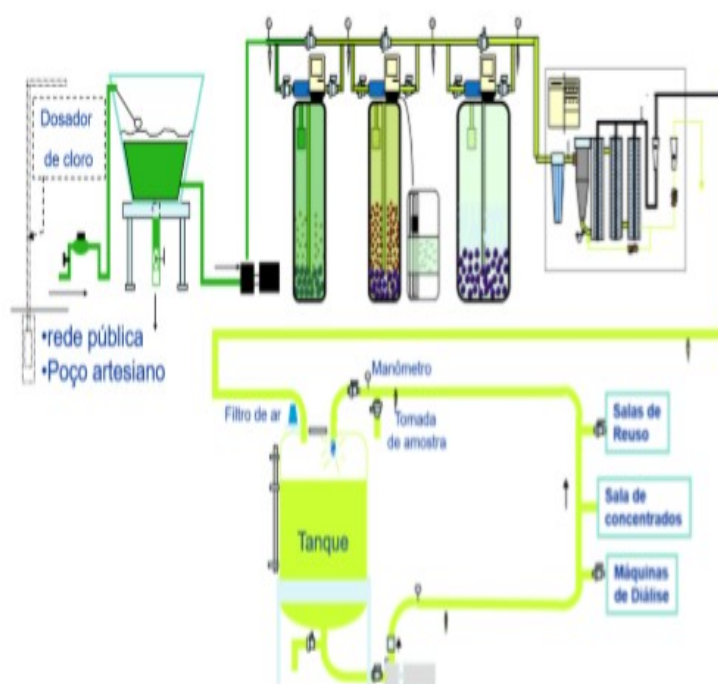
O Subsistema de Tratamento de Água para Hemodiálise representa os equipamentos destinados ao tratamento da água potável, com o objetivo de alcançar os parâmetros definidos

pela ANVISA para hemodiálise, através da Resolução da Diretoria Colegiada RDC Nº. 11 (BRASIL, 2014a).

A água utilizada para hemodiálise no presente deve ser adicionalmente tratada na clínica de diálise, empregando-se um sistema de tratamento. A escolha do equipamento mais apropriado depende de uma análise da água que chega ao centro de diálise oriunda da rede pública (RIELLA *et al.*, 2003).

Segundo Costa (2012), o sistema de tratamento de água que utiliza a osmose reversa é, em sua maioria, composto por tubulações, conexões, válvulas, manômetros, bombas, condutivímetros, filtros de areia, resina e carvão e também membranas filtrantes, e tanques de armazenamento para a água tratada, conforme modelo esquemático mostrado na Figura 3 e modelo real, na Figura 4.

Figura 3 - Modelo esquemático do tratamento de água para hemodiálise



Fonte: Azevedo (2018)

O filtro de areia tem a finalidade de cumprir a retenção de partículas, associado ao filtro de carvão ativado granular, para remoção de cloro livre e cloramina e também pela resina de troca iônica ou abrandador, cuja principal finalidade é a remoção de cálcio e magnésio, conforme Faria (2018) relata.

De acordo com Candido e Almeida (2014), caso haja interesse pela parte da clínica de hemodiálise, existem componentes para o pós-tratamento da água, onde os componentes são

filtro microporoso ou ultrafiltro, radiação ultravioleta (UV) e concentrador de ozônio. Esses componentes deixariam o sistema excelente, porém a utilização de um ou outro é facultativa, tanto para um, como para todos esses elementos.

Figura 4 - Modelo real de tratamento de água para hemodiálise



Fonte: Dialitec (2018)

3.2.5.1 Filtro de sedimentação (areia)

Conforme Faria (2018), a função principal desses filtros é a remoção de partículas em suspensão, cor, odor e turbidez. Normalmente os filtros mais utilizados são os filtros de areia ou filtros multicamadas com variações de granulometria.

Remove as partículas em suspensão na água, retendo-as em filtros. Estes devem ser periodicamente limpos por uma retro lavagem ou, então, substituídos quando começarem a ficar obstruídos pelas partículas. Normalmente são de areia ou de uma rede de material sintético (BRASIL, 2002).

Candido e Almeida (2014) colaboram, acrescentando que filtros de areia são sistemas onde a água passa através de um tanque cilíndrico de fibra de vidro, aço carbono ou inox com diferentes meios filtrantes: seixos rolados, antracita, quartzo e outros. Este processo é considerado o primeiro passo para a obtenção da água purificada e remove mecanicamente partículas em suspensão de até aproximadamente 15 μm . É um equipamento de relativo baixo custo operacional e manutenção. Diariamente é feita uma retro lavagem no período noturno para manutenção da limpeza do filtro, sendo que este processo é automatizado.

3.2.5.2 Filtro de carvão

Conforme Candido e Almeida (2014), os filtros de carvão, no tratamento de água, têm a função de absorver cloretos, cloraminas e substância orgânicas. Possuem estrutura porosa e tem alta afinidade por matéria orgânica, o que, por sua vez, facilita a contaminação e proliferação bacteriana quando a sua manutenção não é feita adequadamente.

Esse filtro é capaz de adsorver compostos de várias naturezas e propicia as condições ideais para degradação biológica de substâncias orgânicas, além de ser utilizado para remoção de cor verdadeira, odores e sabores presentes na água (DUARTE, 2011).

Segundo Candido e Almeida (2014), o conteúdo de um tanque de carvão deve ser calculado de acordo com o tempo de contato entre o carvão e a substância a ser eliminada. No caso do cloro, estima-se que o tempo é de 6 minutos e da cloramina, 10 minutos. A presença de cloro promove a reação de hidrólise na membrana de osmose reversa. Para monitorar a presença de cloro, diariamente, antes de liberar o tratamento para os pacientes de hemodiálise, é feita a análise para verificação do funcionamento do filtro de carvão. Os pontos verificados para análise são na entrada e saída do filtro, sendo que o valor de cloro livre antes do filtro de carvão deve ser de 1,2 a 2,0 mg/L e depois do filtro de carvão, 0 mg/L.

O carvão recomendado para uso em hemodiálise deve ser lavado a ácido, visando à remoção de metais como o alumínio (FARIA, 2018).

3.2.5.3 Abrandadores

Abrandadores são equipamentos que removem principalmente cálcio, magnésio e outros cátions polivalentes (CANDIDO; ALMEIDA, 2014). As resinas utilizadas nesses filtros têm afinidade com os íons de Cálcio (Ca^{+2}) e Magnésio (Mg^{+2}), nas quais ocorrem a troca iônica pelos íons do Sódio (Na^+). Conforme o uso, essas resinas começam a saturar, sendo necessário realizar regenerações periódicas com cloreto de sódio (NaCl) (AMATO; CURTIS; PAYNE, 2013).

Os abrandadores, conforme citam Candido e Almeida (2014), além de controlar a dureza da água, diminuem os níveis de íons positivos como alumínio e ferro, além de proteger as membranas do sistema de osmose, pois a deposição de cálcio e magnésio nas membranas leva a um mau funcionamento do aparelho. A precipitação desses sais leva a irregularidades no circuito hidráulico, facilitando o alojamento e proliferação bacteriana, com a consequente formação de biofilmes (SOUZA, 2015).

Conforme citam Candido e Almeida (2014), os abrandadores são vasos de pressão geralmente construídos em aço carbono revestidos com polietileno ou fibra de vidro, onde seu interior é composto por uma coluna abrandadora com resinas de poliestireno (carregadas com NaCl, devido ao banho de salmoura), uma camada de areia, um tanque de salmoura e cabeçote de controle. Para o processo de regeneração, a diluição do sal é completamente automática, ou seja, não é necessário preparar manualmente a salmoura. O tanque do regenerante é também fabricado em polietileno, evitando-se assim a possibilidade de ocorrer a corrosão do tanque. Diariamente, antes de iniciar o tratamento, é feito o controle de dureza no abrandador e a regeneração das resinas é feita diariamente à noite.

Visando maior vida útil dos filtros abrandadores, eles poderiam ser instalados após o filtro de carvão ativado, pois as resinas são sensíveis à presença do cloro. Porém, nessa configuração, há maior possibilidade de contaminação microbiológica, visto que há uma grande área sem proteção. Dessa forma, as clínicas de hemodiálise tendem a instalar o filtro abrandador antes do filtro de carvão ativado, justamente para se evitar a contaminação do filtro e das membranas de OR. Embora haja, nessa configuração, uma perda de durabilidade da resina, o risco microbiológico é mais importante de ser evitado (AMATO; CURTIS; PAYNE, 2013).

3.2.5.4 Osmose reversa

De acordo com Souza (2015), a osmose reversa é o processo pelo qual água pura pode ser retirada de uma solução salina, por meio de uma membrana semipermeável, após aplicação de pressão superior à pressão osmótica relacionada à sua concentração salina. Os riscos desse tratamento incluem a rotura da membrana, a deterioração progressiva e a colonização bacteriana das membranas. As duas primeiras permitem a passagem de grandes quantidades de contaminantes químicos e microbiológicos para a água, causando sérios riscos aos pacientes.

Segundo Amato, Curtis e Payne (2013), o sistema de osmose reversa inclui em sua estrutura um pré-filtro, uma bomba de alta pressão e membranas de osmose reversa. O primeiro componente tem como função proteger a bomba e as membranas dos resíduos de carvão, de resina ou de algum outro meio filtrante, advindo dos componentes anteriores do tratamento de água. A bomba tem a finalidade de elevar a pressão da água até que chegue às membranas de osmose reversa, operando geralmente em torno de 250 *psi*.

O emprego de tratamento por osmose reversa possibilita uma água extremamente pura do ponto de vista físico, químico e bacteriológico, com índices de retenção de contaminantes químicos entre 95% a 99% e retenção de praticamente todas as bactérias, fungos, algas e vírus, além de reter os pirogênicos e os materiais proteicos de alto peso molecular (AMATO; CURTIS; PAYNE, 2013).

Essa retenção será concentrada e drenada como água de rejeito. Os sistemas de OR utilizados em clínicas de hemodiálise normalmente já trabalham com um percentual de recuperação dessa água na ordem de 50% a 75%. Com isso, parte da água de rejeito será recuperada pelo sistema, sendo adicionada à entrada do sistema (AMATO; CURTIS; PAYNE, 2013).

3.2.5.5 Radiação ultravioleta

Conforme Lacerda (2013), o sistema de irradiação ultravioleta no tratamento da água ocorre após a passagem pelas membranas de osmose reversa. Possui a finalidade de destruir o DNA de bactérias e vírus que eventualmente não tenham sido removidos no processo de tratamento de água. Contudo, destruir o DNA não desintegra bactérias e vírus, apenas os inativam.

3.2.5.6 Concentrador de ozônio

O concentrador de ozônio elimina a possibilidade de utilização de hipoclorito de sódio na rotina de desinfecção da tubulação do sistema de distribuição da água tratada (LACERDA, 2013).

3.2.6 Subsistema de distribuição de água tratada para hemodiálise (SDATH)

Esse sistema é responsável pelo armazenamento de água tratada por OR. Esse tanque deve ser constituído de material opaco, liso, resistente, impermeável, inerte e isento de amianto. Deve também possuir sistema de fechamento hermético que impeça contaminações provenientes do exterior, além de fundo cônico e acesso para inspeção, limpeza, desinfecção e filtro microbiológico para entrada e saída de ar, conforme recomendação do Ministério da Saúde, através da Resolução da Diretoria Colegiada RDC N°. 11 (BRASIL, 2014a).

Existem dois tipos de projetos de sistemas, indiretos e diretos, para distribuição da água tratada antes que a água seja combinada com os concentrados para fazer o dialisado. Sistemas indiretos circulam constantemente a água através do pré-tratamento/tratamento previamente descrito, mesmo quando as máquinas não estão em uso, e encaminham a água tratada não utilizada de volta ao ponto antes do tratamento de RO ou a um tanque de armazenamento após a RO. Os sistemas diretos são unidirecionais e, quando as máquinas estão desligadas, a água está estagnada. O projeto direto do sistema não é recomendado devido à oportunidade de crescimento microbiano e formação de biofilme que pode ocorrer durante períodos de baixo ou nenhum fluxo. Se um tanque de armazenamento for incorporado ao circuito, os tanques deverão ter uma base cônica/em forma de tigela e uma tampa estanque com filtro de ar hidrofóbico ($0.22\text{--}0.45\ \mu\text{m}$), e deve ser limpo e desinfetado regularmente (por exemplo, semanalmente, quinzenalmente, mensalmente, etc.), conforme determinado mensalmente (ou estabelecido cronograma de monitoramento) resultados bacteriológicos e avaliação visual. (COULLIETTE; ARDUINO, 2013).

4. METODOLOGIA

Este capítulo consiste na descrição dos materiais e metodologias que foram empregadas no desenvolvimento do trabalho.

O estudo foi realizado em uma unidade clínica de hemodiálise, situada no estado do Rio Grande do Sul, durante os semestres 2018/2 e 2019/1.

A metodologia iniciou-se no levantamento de dados sobre cada fase do tratamento de água para hemodiálise, bem como a legislação vigente.

Posteriormente foram realizadas visitas na clínica para levantamento de dados em todo processo de tratamento de água referente aos equipamentos utilizados em cada etapa, bem como todos os dados que foram pertinentes para a realização deste estudo.

A segunda parte da metodologia do presente estudo consistiu na coleta de amostras de água em pontos determinados do sistema de tratamento e, após, foram realizados os ensaios de potabilidade da água, perante disponibilidade de reagentes e equipamentos necessários ao cumprimento dos objetivos propostos.

As demais análises (físico-químicas e microbiológicas) foram realizadas no laboratório responsável, onde a clínica de hemodiálise realiza as suas análises mensais e semestrais.

4.1 Coleta das amostras

A coleta das amostras foi realizada junto ao laboratório responsável das análises da clínica durante o semestre de 2019/1.

O procedimento de coleta das amostras sucedeu-se em pontos específicos da estação de tratamento de água situada em anexo à clínica de hemodiálise.

Conforme cita Brasil (2014a), na sessão VIII, referente à qualidade de água:

As amostras da água para hemodiálise para fins de análises físico-químicas devem ser coletadas em ponto após o subsistema de tratamento de água para hemodiálise.

As amostras da água para hemodiálise para fins de análises microbiológicas devem ser coletadas, no mínimo, nos seguintes pontos:

I – no ponto de retorno da alça de distribuição (loop);

II – em um dos pontos na sala de processamento.

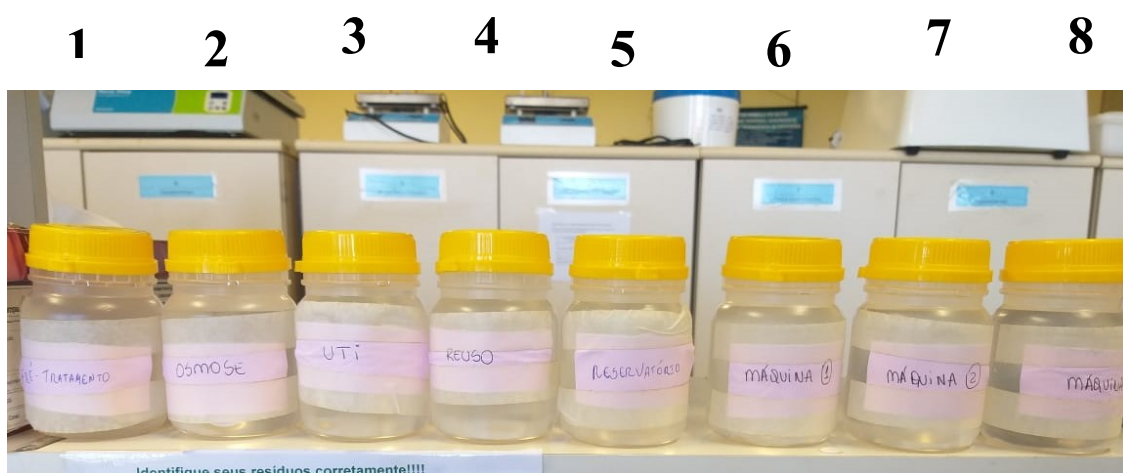
Foram coletadas amostras de 8 pontos, que são:

1 - Pré-tratamento;

- 2 - Osmose reversa;
- 3 - UTI;
- 4 - Reuso;
- 5 - Reservatório;
- 6 - Máquina de hemodiálise 01;
- 7 - Máquina de hemodiálise 02;
- 8 - Máquina de hemodiálise 03.

Essas 8 (oito) amostras foram utilizadas para posterior análise de potabilidade e são apresentadas na Figura 5.

Figura 5 - Amostras coletadas



Fonte: Autora (2019)

Os pontos de coleta para análise da potabilidade da água e demais análises exigidas (realizadas pelo laboratório responsável) para águas de hemodiálise foram os mesmos.

4.2 Análise das amostras de água

As análises das amostras de água ocorreram conforme disponibilidade de equipamentos e reagentes da UNIPAMPA. Foram realizadas oito análises em triplicatas de pH, turbidez e O₂ dissolvido.

As análises de turbidez foram realizadas em pHmetro da marca Metrohm, modelo 827 pH lab. A turbidez foi obtida através de turbidímetro da marca Del Lab, modelo DLT WV. Já

os resultados referentes ao O₂ dissolvido das amostras foram obtidos através do condutivímetro modelo HI 9835, conforme mostra a Figura 6.

Figura 6 - Equipamentos utilizados para análise de potabilidade da água



Fonte: Autora (2019)

As demais análises necessárias exigidas para o padrão de água utilizada em hemodiálise, conforme a RDC N° 11/2014 (BRASIL, 2014a), foram realizadas em um laboratório situado no Rio Grande do Sul, por ser responsável pelas análises mensais e semestrais da clínica.

4.3 Análise Preliminar de Perigo (APP)

É possível identificar as possíveis falhas futuras no sistema de tratamento de água para hemodiálise, através da realização de uma APP, a fim de evitar o mau funcionamento de um equipamento do sistema e consequentemente evitar riscos a qualidade da água fornecida aos pacientes.

A Análise Preliminar de Perigos – APP (*Preliminary Hazard Analysis – PHA*) tem o objetivo de prever e identificar os riscos envolvidos em determinado processo, tanto na fase de implantação quanto na fase de operação, com o intuito de eliminar, minimizar e/ou controlar os riscos antes que estes se instalem.

Segundo Aguiar (2011), esta metodologia pode ser empregada como revisão de segurança para sistemas/instalações já em operação.

A qualificação dos riscos é realizada com base nos parâmetros da norma militar americana MIL-STD-882 (*System Safety Program Requirements*), adotada como padrão em inúmeras situações (AMBIECON, 2019).

De acordo com a metodologia da APP, os cenários de acidente devem ser classificados em categorias de frequência, as quais fornecem uma indicação qualitativa da frequência esperada de ocorrência para cada um dos cenários identificados.

A metodologia foi desenvolvida pelo Departamento de Defesa dos Estados Unidos e baseia-se no preenchimento de tabela descrita a seguir. A Tabela 7 mostra as categorias de frequências em uso atualmente para a realização de APP.

Tabela 7 - Preenchimento da APP

(continua)

Coluna	Descrição
1ª coluna: Número de Ordem	Preenchida com um número de ordem identificador do risco.
2ª coluna: Perigos Identificados	Define os perigos para o sistema em estudo, ou seja, eventos que podem causar danos às instalações, aos operadores, ao meio ambiente, entre outros, como por exemplo, vazamentos de produto, mau funcionamento de equipamentos, etc.
3ª coluna: Causas	Identificação das causas básicas possíveis dos perigos, definidas como evento ou sequência que produzem uma consequência. Essas causas podem envolver tanto falhas intrínsecas de equipamentos, como erros de operação e manutenção.
4ª coluna: Consequências	Conclusão dos resultados de uma ou mais causas é definido como consequência.
5ª coluna: Frequência	A Tabela 6 apresenta as categorias de probabilidade de ocorrência (frequência) de um determinado evento.
6ª coluna: Severidade	A Tabela 7 apresenta as categorias de severidade quanto à ocorrência de um determinado evento.

Tabela 7 - Preenchimento da APP

(conclusão)

7ª coluna: Risco	Pode ser classificado como tolerável, moderado ou não tolerável.
8ª coluna: Medidas Preventivas e Corretivas	Listagem das medidas estruturais e não estruturais, procedimentos, de forma a prevenir ou corrigir eventos indesejáveis, correspondentes a cada perigo identificado.

Fonte: Adaptada de Ambiecon (2019)

A Tabela 8 apresenta as categorias de probabilidade de ocorrência (frequência) de um determinado evento.

Tabela 8 - Frequência de um determinado evento

Categoria	Denominação	Faixa de frequência (anual)	Descrição
A	Frequente	$f > 10^{-1}$	Esperado de ocorrer várias vezes durante a vida útil do processo.
B	Provável	$10^{-2} < f < 10^{-1}$	Esperado ocorrer até uma vez durante a vida útil do processo.
C	Improvável	$10^{-3} < f < 10^{-2}$	Pouco provável de ocorrer durante a vida útil do processo.
D	Remota	$10^{-4} < f < 10^{-3}$	Não esperado ocorrer durante a vida útil do processo/instalação.
E	Extremamente remota	$f < 10^{-4}$	Conceitualmente possível, mas extremamente improvável de ocorrer durante a vida útil do processo/instalação.

Fonte: Adaptada de Ambiecon (2019)

A Tabela 9 apresenta as categorias de severidade quanto à ocorrência de um determinado evento.

Tabela 9 - Severidade de um determinado evento

Classificação	Denominação	Descrição
I	Desprezível	A falha não irá resultar numa degradação maior do sistema, nem irá produzir danos funcionais ou lesões, ou contribuir com um risco ao sistema.
II	Marginal ou Limítrofe	A falha irá degradar o sistema numa certa extensão, porém sem desenvolver danos maiores ou lesões, podendo ser compensada ou controlada adequadamente.
III	Crítica	A falha irá degradar o sistema causando lesões, danos substanciais ou irá resultar num risco inaceitável, necessitando ações corretivas imediatas.
IV	Catastróficas	A falha irá produzir severa degradação ao sistema, resultando em uma perda total, lesões ou óbito.

Fonte: Adaptada de Ambiecon (2019)

5. RESULTADOS

Neste capítulo são apresentados os resultados obtidos no presente trabalho conforme metodologia descrita.

Todas as substâncias de pequeno peso molecular presentes na água têm acesso direto à corrente sanguínea do paciente, levando ao aparecimento de efeitos adversos, muitas vezes letais. Por essa razão, é muito importante que a pureza da água utilizada para diálise seja conhecida e controlada (RAMIREZ, 2009).

Para melhor entendimento do tratamento de água para hemodiálise, é interessante entender o caminho que a água segue desde o momento que chega via rede pública na clínica até o momento em que é destinada as máquinas de hemodiálise.

O fluxo de água da clínica consiste primeiramente na chegada da água fornecida por concessionária na cidade através de tubulações. Assim que chega, a água passa por um pré-tratamento para a retirada de substâncias e partículas que possam comprometer os equipamentos de purificação. Ramirez (2009) relata que o pré-tratamento é a etapa que consiste em filtração, abrandamento e adsorção de substâncias através de carvão ativado.

Após o pré-tratamento, a água segue passagem para as membranas de osmose reversa.

A osmose reversa é a denominação do processo pelo qual a água pura pode ser retirada de uma solução salina por meio de uma membrana semipermeável, contanto que a solução em questão se encontre a uma pressão superior à pressão osmótica relacionada a sua concentração salina. (RAMIREZ, 2009).

Seguindo seu andamento, a água é bombeada para o reservatório de água tratada e após é destinada as máquinas de hemodiálise. Todo volume de água que não segue os padrões aceitáveis é destinado para reuso.

Faria (2016) descreve em seu estudo que embora a água de rejeito possua concentração mais elevada, devido à presença dos elementos orgânicos e inorgânicos removidos da água de origem, é possível reaproveitá-la diretamente na própria unidade, em processos que não exijam água potável, como por exemplo, na limpeza de calçadas e nas descargas dos sanitários.

A tecnologia moderna permite a obtenção de água sem contaminantes por um determinado período, antes do circuito de distribuição, porém, a evolução tecnológica não pode garantir resultados eficientes e constantes sem que se estabeleçam as desinfecções, manutenção e controle periódicos da qualidade da água (PORTORIERO *et al.*, 2005).

Diante o exposto, os resultados obtidos neste estudo estão representados nas seções de Análises realizadas na UNIPAMPA, Análises realizadas pelo laboratório e Análise Preliminar de Perigo.

5.1 Análises realizadas na UNIPAMPA

Até a década de 70, conforme cita Bugno (2007), a água potável era utilizada na hemodiálise em todo processo. Entretanto, evidenciou-se correlação entre os contaminantes na água potável e os efeitos adversos do procedimento.

Para análise das amostras obtidas, foram avaliadas as características físicas da água conforme equipamentos e reagentes disponíveis na UNIPAMPA.

Todas as análises relacionadas ao cloro residual livre são realizadas na própria clínica de hemodiálise (no espaço destinado ao tratamento da água).

Vale ressaltar que, para calibração dos equipamentos, foi utilizada a água coletada da osmose reversa, visto que seria necessária a calibração dos equipamentos com água *Milli-Q*, que é uma água deionizada e ultrapura.

Os resultados obtidos referentes à turbidez das amostras estão expostos na Tabela 10.

Tabela 10 - Turbidez das amostras

Amostra	Turbidez (NTU)
Pré-tratamento	0,17
Reservatório	0,03
Osmose	0,11
UTI	0,13
Máquina de hemodiálise 1	0
Máquina de hemodiálise 2	0
Máquina de hemodiálise 3	0
Reuso	0,14

Fonte: Autora (2019)

Conforme o padrão exigido para água destinada à hemodiálise, exposto na Tabela 4, a água necessita ser ausente de turbidez. A água analisada das máquinas de hemodiálise é ausente de turbidez.

Pode-se observar que os maiores níveis de turbidez são encontrados no pré-tratamento e na água destinada ao reuso. Entretanto, encontram-se dentro do VMP para águas destinadas a consumo humano, conforme relatado na Tabela 3.

Outro padrão referente à água potável utilizada em clínicas de hemodiálise é o pH. O pH necessita estar em uma faixa de 6,0-9,5. Segundo Infantini (2001), em função do pH, a água pode causar corrosão no sistema (se estiver ácida) e/ou incrustação (alcalina).

Os dados obtidos em relação ao pH das amostras estão expostos na Tabela 11.

Tabela 11 - pH das amostras

Amostra	pH
Pré-tratamento	7,54
Reservatório	7,07
Osmose	6,75
UTI	7,39
Máquina de hemodiálise 1	7,53
Máquina de hemodiálise 2	7,25
Máquina de hemodiálise 3	7,31
Reuso	7,06

Fonte: Autora (2019)

Em todos os pontos de coleta, os níveis de pH encontraram-se dentro da faixa aceitável estabelecida pela norma vigente.

A última análise realizada na UNIPAMPA referente à potabilidade da água foi em relação à presença de oxigênio dissolvido. Infantini (2001) relata que a presença de oxigênio dissolvido causa corrosão localizada.

Os dados obtidos em relação ao O₂ dissolvido das amostras estão expostos na Tabela 12.

Tabela 12 - O₂ dissolvido das amostras

(continua)

Amostra	O ₂ dissolvido (%)
Pré-tratamento	93,6
Reservatório	98,4
Osmose	97,5

Tabela 12 - O₂ dissolvido das amostras

(conclusão)

UTI	92,9
Máquina de hemodiálise 1	98,3
Máquina de hemodiálise 2	98,3
Máquina de hemodiálise 3	98,2
Reuso	97,6

 Fonte: Autora (2019)

É interessante observar que em todos os pontos de coleta a água possui altos níveis percentuais de oxigênio dissolvido, o que é um potencial fator de risco para a corrosão do sistema e também para a formação de microrganismos, uma vez que necessitam de oxigênio para propagar-se.

5.2 Análises realizadas pelo laboratório

As demais análises mensais exigidas pela RDC Nº 11/2014 foram realizadas por um laboratório situado no Rio Grande do Sul.

Essas análises de controle devem ser feitas por um laboratório credenciado na Rede Brasileira de Laboratórios Analíticos em Saúde (REBLAS), habilitado pela ANVISA, o qual deve emitir laudos atestando o padrão de potabilidade.

Art. 18. Compete às Secretarias de Saúde dos Estados habilitar os laboratórios de referência regional e municipal para operacionalização das análises de vigilância da qualidade da água para consumo humano.

Art. 21. As análises laboratoriais para controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano podem ser realizadas em laboratório próprio, conveniado ou subcontratado, desde que se comprove a existência de sistema de gestão da qualidade, conforme os requisitos especificados na NBR ISO/IEC 17025:2005. (BRASIL, 2017).

As análises realizadas no laboratório correspondem ao mês de maio de 2019, assim como as realizadas na UNIPAMPA. Foram realizadas as análises mensais, visto que as análises semestrais serão realizadas em julho deste mesmo ano.

O primeiro ponto de análise, conforme o fluxo do tratamento da água, é o pré-tratamento. É possível analisar na Tabela 13 o resultado das análises bacteriológicas na amostra em questão.

Tabela 13 - Análise da água do Pré-tratamento

Pré-tratamento		
Parâmetro	Resultado	Valor máximo permitido
Coliformes totais	Ausência	Ausência em 100 mL
<i>Echerichia coli</i>	Ausência	Ausência em 100 mL
Contagem de bactérias heterotróficas	60	100 UFC/mL

Fonte: Autora (2019)

Conforme padrão que rege a qualidade da água para consumo humano, é possível verificar que a amostra de pré-tratamento se encontra de acordo com o padrão microbiológico de potabilidade da água que consta no Art. 28: § 1º “A contagem de bactérias heterotróficas deve ser realizada em 20% (vinte por cento) das amostras mensais para análise de coliformes totais nos sistemas de distribuição (reservatório e rede).” (BRASIL, 2017).

A Tabela 14 apresenta os resultados mensais obtidos no ponto de coleta do reservatório de água.

Consta em Brasil (2017), que alterações bruscas ou acima do usual na contagem de bactérias heterotróficas devem ser investigadas para identificação de irregularidade e providências devem ser adotadas para o restabelecimento da integridade do sistema de distribuição (reservatório e rede), recomendando-se que não se ultrapasse o limite de 500 UFC/mL.

Tabela 14 - Análise da água do reservatório

Reservatório		
Parâmetro	Resultado	Valor máximo permitido
Coliformes totais	Ausência	Ausência em 100 mL
<i>Echerichia coli</i>	Ausência	Ausência em 100 mL
Contagem de bactérias heterotróficas	5	100 UFC/mL

Fonte: Autora (2019)

A amostra analisada referente ao reservatório está de acordo com o padrão microbiológico de potabilidade da água para consumo humano estabelecido na Portaria de

Consolidação N.º 5 (BRASIL, 2017) e também dentro dos VMP estabelecido para águas destinadas à hemodiálise.

Após passagem pelas membranas de osmose, foi coletada uma amostra e os parâmetros analisados encontram-se na Tabela 15.

Tabela 15 – Análise da água pós passagem pela osmose reversa

Osmose Reversa		
Parâmetro	Resultado	Valor máximo permitido
Coliformes totais	Ausência	Ausência em 100 mL
<i>Echerichia coli</i>	<0,25	Ausência em 100 mL
Contagem de bactérias heterotróficas	4	100 UFC/mL

Fonte: Autora (2019)

A água que passa pelo tratamento na clínica e é destinada ao reuso também foi analisada, e os resultados encontrados estão expostos na Tabela 16.

Tabela 16 - Análise da água destinada ao reuso

Reuso		
Parâmetro	Resultado	Valor máximo permitido
Coliformes totais	Ausência	Ausência em 100 mL
<i>Echerichia coli</i>	<1	Ausência em 100 mL
Contagem de bactérias heterotróficas	<0,25	100 UFC/mL

Fonte: Autora (2019)

A água destinada ao reuso está de acordo com os limites estabelecidos para os parâmetros analisados conforme a RDC N.º 11, de 13 março de 2014 (BRASIL, 2014a).

Os pontos finais de coleta são realizados nas máquinas de hemodiálise. Os resultados das análises realizadas em três máquinas encontram-se nas Tabelas 17, 18 e 19, respectivamente.

Tabela 17 - Análise da água na máquina de hemodiálise 1

Máquina de hemodiálise 1		
Parâmetro	Resultado	Valor máximo permitido
Contagem de bactérias heterotróficas	<1	100 UFC/mL

Fonte: Autora (2019)

Tabela 18 - Análise da água na máquina de hemodiálise 2

Máquina de hemodiálise 2		
Parâmetro	Resultado	Valor máximo permitido
Contagem de bactérias heterotróficas	<1	100 UFC/mL

Fonte: Autora (2019)

Tabela 19 - Análise da água na máquina de hemodiálise 3

Máquina de hemodiálise 3		
Parâmetro	Resultado	Valor máximo permitido
Contagem de bactérias heterotróficas	<1	100 UFC/mL

Fonte: Autora (2019)

A água, após passagem por todas as etapas de tratamento na clínica, necessita estar em condições extremamente específicas para entrar em contato com as tubulações da máquina de hemodiálise.

Os ensaios realizados referente à qualidade da água das máquinas de hemodiálise foram satisfatórios. Todos os parâmetros exigidos estão dentro do valor máximo permitido estabelecido pelo Ministério da Saúde.

5.3 Análise Preliminar de Perigo

Uma das maneiras de identificar mediante a literatura as consequências de uma falha em uma etapa de tratamento do sistema nas fases subsequentes é a Análise Preliminar de Perigo.

Conforme relata Silva *et al.* (1996), um sistema de tratamento de água para hemodiálise deve ser projetado de modo a garantir a purificação e manutenção de cada componente do equipamento.

Mesmo com todo o aparato tecnológico descrito nos capítulos anteriores, há um risco potencial de que os próprios componentes usados no tratamento, armazenamento e distribuição da água atuem como multiplicadores de bactérias e foco de contaminação por diversos fatores.

A colonização de algas no filtro de areia, a presença de matéria orgânica no filtro de carvão e a colonização bacteriana nas membranas da osmose reversa, dentre outros, são exemplos reais de condições de risco que podem ocorrer, caso os serviços não cumpram com rigorosos procedimentos necessários de prevenção e manutenção. Por isso, a rotina sistemática de desinfecção de todos os componentes e a manutenção preventiva dos equipamentos é fundamental (SILVA *et al.*, 1996; RAMIREZ, 2009).

As membranas da osmose reversa devem ser monitoradas quanto ao seu desempenho, pois uma eventual ruptura ou diminuição da sua capacidade de remoção de contaminantes microbiológicos, químicos, endotoxinas e materiais protéicos de alto peso molecular, por dano químico ou por colonização bacteriana, podem causar várias respostas fisiológicas agudas e também complicações em longo prazo nos pacientes (RAMIREZ, 2009).

A distribuição da água tratada deve ser realizada em tubulação ou alça de distribuição em formato de loop, de maneira que retorne para o tanque com pressão suficiente para manter o regime turbulento (BRASIL, 2008).

A AAMI oferece uma tabela com recomendações referentes à hemodiálise e à água destinada à hemodiálise de materiais comumente usados nos sistemas de distribuição e também desinfetantes compatíveis a serem utilizados em sistemas hospitalares. As recomendações presentes na AAMI foram harmonizadas em comunidade internacional do dialisado.

Capelli *et al.* (1995) enfatiza que embora a tabela AAMI ofereça uma lista geral de materiais, o PVC é um dos materiais mais utilizados em sistemas de hemodiálise. O PVC é o substrato mais comum utilizado devido à disponibilidade e custo. Entretanto, a sua avaliação mostrou que a água purificada, a desinfecção química e o fluxo de água desgastaram o material ao longo do tempo (14 anos) para criar uma superfície que sustentasse o crescimento bacteriano.

O equipamento de diálise que contém peças de alumínio tem sido responsável pela intoxicação por alumínio, devido à incompatibilidade do equipamento com o componente ácido concentrado dos fluidos de diálise à base de bicarbonato

Oliveira Júnior (2008) relata que o dispositivo de controle presente nos sistemas de tratamento de água para hemodiálise é composto por elementos mecânicos, hidráulicos e elétricos com a finalidade de monitorar todo o sistema para a sua segurança operacional e qualidade dos serviços. Monitora também controles que estão diretamente relacionados com a segurança no funcionamento do equipamento e com a qualidade da água produzida.

Descrita no Apêndice deste estudo, a Análise Preliminar de Perigo relata os possíveis fatores de risco presentes no sistema de tratamento de água para hemodiálise.

A matriz de risco resultante deste estudo, gerada através do Apêndice, que correlaciona severidade e frequência dos perigos identificados, está descrita na Tabela 20.

Tabela 20 - Matriz de riscos, severidade e frequência

Matriz de riscos		Frequência				
		A	B	C	D	E
Severidade	V	0	0	0	0	0
	IV	0	2	0	0	0
	III	0	5	1	0	0
	II	2	1	1	0	0
	I	0	0	0	0	0

Fonte: Autora (2019)

A classificação dos cenários de risco identificados na APP presente no Apêndice deste trabalho é mostrada na Tabela 21.

Tabela 21 - Classificação dos riscos identificados

Categoria de risco	Frequência
Tolerável	3
Moderado	4
Não tolerável	5

Fonte: Autora (2019)

6. CONCLUSÃO

Este trabalho buscou abranger a importância do tratamento de água em clínicas de hemodiálise, desde o momento em que a água chega à clínica através da rede pública até o momento em que é feito o contato com o paciente, assim como foi possível identificar todas as patologias prováveis de acontecer com os pacientes submetidos ao tratamento, caso identificado algum contaminante indesejável na água utilizada.

Foi possível concluir através do estudo realizado a importância da manutenção da qualidade da água destinada a tratamento mecânico de hemodiálise, visto todo contato que a água tem com o ser humano via corrente sanguínea.

Inicialmente o estudo de caso buscou identificar através de levantamento bibliográfico todos os equipamentos utilizados no sistema de tratamento de água para hemodiálise tal como a função de cada um deles. Através de levantamento de dados foi possível averiguar na clínica de hemodiálise em estudo o sistema de tratamento de água utilizado e os equipamentos presentes no tratamento.

Quanto à funcionalidade dos equipamentos utilizados para tratamento da água na clínica de hemodiálise em questão, pode-se notar que apresenta desempenho satisfatório, visto que todo aparato tecnológico disponível contém os parâmetros exigidos pelo Ministério da Saúde. Inclusive a adesão de equipamentos não obrigatórios, como a radiação ultravioleta e o concentrador de ozônio, ampliam ainda mais a remoção de contaminantes indesejados no produto final.

É possível determinar a eficiência do tratamento realizado na água através da diminuição de todos os parâmetros analisados em relação à qualidade da água potável da clínica e também da água destinada às máquinas de hemodiálise.

Como o sistema todo trabalha em conjunto, foi possível concluir que uma falha em uma etapa do tratamento ocasiona uma sucessão de perigos nas fases subsequentes. Com a realização da APP, foi possível identificar todos os perigos possíveis que ocasionariam danos aos equipamentos e conseqüentemente danos à saúde do paciente.

Pôde-se averiguar que a água potável utilizada na clínica atende os requisitos exigidos e apresenta boa qualidade.

Por fim, o objetivo principal é que a água utilizada apresente no final de todas as suas etapas de tratamento condições necessárias para entrar em contato com o paciente submetido à hemodiálise. Com as análises realizadas nas máquinas 1, 2 e 3, foi possível averiguar a ausência de turbidez, o pH dentro da faixa aceitável por legislação e também a baixa, quase

inexistente, presença de fatores microbiológicos indesejáveis, o que é satisfatório perante as legislações vigentes.

Diante disso, conclui-se que os objetivos propostos foram alcançados, da mesma forma que o objetivo do sistema de tratamento de água na hemodiálise foi atingido no mês de análise, de forma a garantir a qualidade do tratamento para os pacientes submetidos ao tratamento.

REFERÊNCIAS

AGUIAR, L. **Metodologias de análise de risco - APP & HAZOP**. Rio de Janeiro: [s. n.], 2011. Disponível em: http://files.visaosegura.webnode.com/200000056-584dc5947a/APP_e_HAZOP.pdf. Acesso em: 15 abr. 2019.

ALMEIDA, A. M.; MELEIRO, A. M. A. S. Depressão e insuficiência renal crônica: uma revisão. **Jornal Brasileiro de Nefrologia**, São Paulo 22, I, p. 192-200, 2000. Disponível em: <http://bases.bireme.br/cgi-bin/wxislind.exe/iah/online/?IsisScript=iah/iah.xis&src=google&base=LILACS&lang=p&nextAction=lnk&exprSearch=304975&indexSearch=ID>. Acesso em: 20 out. 2018.

AMATO, R. L.; CURTIS, J.; PAYNE, G. M. Water treatment for hemodialysis: an update. **CNE –Continuing Nursing Education**. V. 40, n. 5, p. 383-404, 465, 2013. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24308107>. Acesso em: 21 maio 2019.

AMBIECON. **APP – Análise Preliminar de Perigo**. Disponível em: <http://www.ambiecon.com.br/app>. Acesso em: 21 maio 2019.

AZEVEDO, M. S. de. **Monitoramento remoto das variáveis críticas do processo de tratamento de água por osmose reversa para terapia renal substitutiva**. Orientador: Valter Luís Fernandes de Sales. 2018. 73 f. Trabalho de conclusão de curso (Bacharel em Engenharia de Controle e Automação) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense. Campos dos Goytacazes, 2018. Disponível em: <http://bd.centro.iff.edu.br/jspui/handle/123456789/2098>. Acesso em: 20 maio 2019.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução da Diretoria Colegiada. **RDC Nº 11, de 12 de março de 2014**. Regulamento técnico de funcionamento de serviços que prestam atenção domiciliar. Brasília: RDC, 2014. Disponível em: <https://www20.anvisa.gov.br/segurancadopaciente/index.php/legislacao/item/rdc-154-de-15-de-junho-de-2004>. Acesso em: 20 out. 2018.

_____. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução da Diretoria Colegiada. **RDC Nº 33, de 03 de junho de 2008**. Regulamento técnico para planejamento, programação, elaboração, avaliação e aprovação dos sistemas de tratamento e distribuição de água para hemodiálise no Sistema Nacional de Vigilância Sanitária. Brasília: RDC, 2008. Disponível em: <https://cevs.rs.gov.br/upload/arquivos/201612/15135119-rdc-n-33-de-2008-agua-para-dilise.pdf>. Acesso em: 20 out. 2018.

_____. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução da Diretoria Colegiada. **RDC Nº de 154 de junho de 2004**. Regulamento técnico para o funcionamento dos serviços de diálise. Brasília: RDC, 2014. Disponível em: http://www.saude.mt.gov.br/upload/controle-infeccoes/pasta9/resolucao_rdc_n154_2004_regulamento_servicos_dialise.pd. Acesso em: 28 out. 2018.

_____. Ministério da Saúde. Consolidação das normas sobre as ações e os serviços de saúde do Sistema Único de Saúde. **Portaria de Consolidação Nº5**. Brasília: Ministério da Saúde, 28 set. 2014a. Disponível em: http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2017/prc0005_03_10_2017.html. Acesso em: 06 jun. 2019.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Diretrizes clínicas para o cuidado ao paciente com doença renal crônica-DRC no sistema único de saúde**. Secretaria de Atenção à Saúde Departamento de Atenção Especializada e Temática Coordenação Geral de Média e Alta Complexidade, Brasília: Ministério da Saúde, 2014b. Disponível em: http://bvsmms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/diretrizes_clinicas_cuidado_paciente_renal.pdf. Acesso em: 04 out. 2018.

_____. Ministério da Saúde. **Equipamentos médico-hospitalares e o gerenciamento da manutenção**. Brasília: Ministério da Saúde, 2002. Disponível em: http://bvsmms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/equipamentos_gerenciamento2.pdf. Acesso em 14 out. 2018.

BUGNO, A. *et al.* Detecção de bactérias Gran-negativas não fermentadoras em água tratada para diálise. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**. v. 66, n. 2, p. 172-175, 2007.

CANDIDO, A. C.; ALMEIDA, A. M. R. **Equipamentos utilizados em tratamento de água hospitalar para hemodiálise**. São Paulo: Fundação de Apoio a Tecnologia e a Ciência - FATEC, 2014. Disponível em <https://docplayer.com.br/6779970-Equipamentos-utilizados-em-tratamento-de-agua-hospitalar-para-hemodialise-equipment-used-in-water-treatment-for-hospital-hemodialysis.html>. Acesso em: 5 maio 2019.

CAPELLI, G. *et al.* Leaching and corrosion of polyvinyl chloride (PVC) tubes in a dialysis water distribution system. **The International Journal of Organs**, Ancona/Itália, v. 18, n.5, p. 261-263, jun. 1995. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/14633629_Leaching_and_Corrosion_of_Polyvinyl_Chloride_PVC_Tubes_in_a_Dialysis_Water_Distribution_System. Acesso em: 3 jun. 2019.

COSTA, J. S. **Proposta de monitoramento da qualidade da água utilizada no tratamento hemodialítico no estado da Bahia**. 2012. 86 f. Dissertação (Mestrado em Saúde Coletiva) - Universidade Federal da Bahia. Programa de Pós-Graduação em Saúde Coletiva, Salvador, 2012. Disponível em: <https://repositorio.ufba.br/ri/handle/ri/12012>. Acesso em: 4 jul. 2018.

COULLIETTE, D. A.; ARDUINO, J. M. Hemodialysis and water quality. **Semin Dial**, v.26, n.4, p. 427-438, Jul./Aug. 2013. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4596525>. Acesso em: 3 jun. 2019.

DIALITEC. **Equipamentos hospitalares**. Disponível em: <https://www.dialitec.com/products/sistema-de-tratamento-de-agua-para-hemodialise/>. Acesso em: 2 nov. 2018. Il.

DUARTE, M. A. C. **Tratamento de água para consumo humano de reservatório eutrofizado através de pré e interoxidação, adsorção em carvão ativado e dupla filtração**. 2011. 318 f. Tese (Doutorado em Engenharia Hidráulica e Saneamento) - Universidade de São Paulo. Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos, 2011. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18138/tde-05052011-085250/fr.php>. Acesso em: 2 nov. 2018.

FARIA, S. G. P. **Avaliação do reaproveitamento dos efluentes gerados por sistemas de tratamento de água para hemodiálise**. 2018. 97 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Curitiba, 2018. Disponível em: <http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/3387>. Acesso em: 24 maio 2018.

FARIA, S. P. G. *et al.* Reaproveitamento do concentrado gerado por sistema de tratamento de água por osmose reversa em uma clínica de hemodiálise. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 21, n. 2, abr./jun. 2016. Disponível em: <https://www.tratamentodeagua.com.br/artigo/reaproveitamento-do-concentrado-gerado-por-sistema-de-tratamento-de-agua-por-osmose-reversa-em-uma-clinica-de-hemodialise/>. Acesso em: 21 maio 2019.

GLORIEUX, G. *et al.* Dialysis water and fluid purity: more than endotoxin. **Nephrology Dialysis Transplantation**, Oxford, v. 27, n. 11, p. 4010-4021, 2012. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22844107>. Acesso em: 14 jun. 2018.

INFANTINI, L. Qualidade de água hospitalar. *In*: CONGRESSO LATINOAMERICANO DE INGENIERÍA BIOMÉDICA. 2., 2011. **Resumos**. La Habana/Cuba: SLD, 2011. Disponível em: <http://www.sld.cu/eventos/habana2001/arrepdf/00236.pdf>. Acesso em: 14 jun. 2018.

KUSOMOTA, L.; RODRIGUES, L. P. A. R.; MARQUES, S. Idosos com insuficiência renal crônica: alterações do estado de saúde. **Revista Latino Americana de Enfermagem**, v. 12, n.3, p. 525-532, 2004. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0104-11692004000300011&script=sci_abstract&tlng=pt.. Acesso em: 23 jan. 2019.

LACERDA, F. S. M. **Aspectos higiênico-sanitários dos serviços de terapia renal substitutiva, uma revisão de literatura**. Orientadora: Marilise Oliveira Mesquita. 2013. 55 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Saúde Coletiva) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2013. Disponível em: https://lume.ufrgs.br/handle/10183/15757/browse?locale-attribute=pt_BR&value=Lacerda%2C+M%C3%A1rio+S%C3%A9rgio+Ferreira&type=author/. Acesso em: 11 nov. 2018.

LUGON, J. R.; STROGOFF, J. P.; WARRAK, E. A. Hemodiálise. *In*: RIEELA, M. C. **Princípios de nefrologia e distúrbios hidroeletrólíticos**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2003. Disponível em: <https://docero.com.br/doc/xn180c>. Acesso em: 11 dez. 2018.

LYDIO, L. R. **Fatores de risco associados ao desenvolvimento de infecção em pacientes submetidos à hemodiálise**. Orientadora: Dra. Débora Leandro Rama Gomes. 2013. 49 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Farmácia) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia, Rio de Janeiro, 2013. Disponível em: <https://revistascientificas.ifrj.edu.br/revista/index.php/saudeeconsciencia/article/view/350>. Acesso em: 14 dez. 2018.

MARINHO, B. G. W. A. *et al.* Prevalência da doença renal crônica em adultos no Brasil: revisão sistemática da literatura. **Cadernos da Saúde Coletiva**, Rio de Janeiro, 25, 3, p. 379-388, 2017. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1414-462X2017005004103&script=sci_abstract&tlng=pt. Acesso em: 14 dez. 2018.

- MARINHO, R. F. *et al.* Crenças Relacionadas ao processo de adoecimento e cura em pacientes renais crônicos. **Revista de Psicologia Hospitalar**. São Paulo, v. 3, n. 2, s.p. 2006. Disponível em: http://pepsic.bvsalud.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1677-74092005000200005. Acesso em: 19 jan. 2019.
- MOSSONI, S. A. G. *et al.* Qualidade da água utilizada para equipamentos de hemodiálise em Unidade de Terapia Intensiva. **Revista Visa em Debate - Sociedade, Ciência & Tecnologia**, v. 2, p.37-43, 2014. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/265775254_Qualidade_da_agua_utilizada_para Equipamentos_de_hemodialise_em_Unidade_de_Terapia_Intensiva. Acesso em: 17 nov. 2018.
- NOLL, R.; CASSALI, L. S. Clínicas de hemodiálise - um alerta às companhias de saneamento. *In*: CONGRESSO INTERAMERICANO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL. 27., 2011, Porto Alegre. **Resumo**. Porto Alegre: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2011. Disponível em: <http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/saneab/vii-018.pdf>. Acesso em: 19 jun. 2018.
- OLIVEIRA JÚNIOR, V. T. Água filtrada na hemodiálise. **Revista e Portal Meio Filtrante**. Ano VII, n. 32, maio/jun., 2008. Disponível em: www.meiofiltrante.com.br. Acesso em: 25 maio 2019.
- PORTORIERO, G. *et al.* The quality of dialysis water. **Neprology Dialysis Transplantation**, v. 18, n.7, p. 21-254, 2003. Disponível em: <https://watermark.silverchair.com/>. Acesso em: 4 jun. 2019.
- RAMIREZ, S. S. **Água pra hemodiálise no estado do Rio de Janeiro: Uma avaliação dos dados gerados pelo programa de monitoramento da qualidade nos anos de 2006-2007**. 2009. 54 f. Dissertação (Mestrado em Vigilância Sanitária) - Instituto Nacional de Controle de Qualidade em Saúde, Fundação Oswaldo Cruz. Programa de Pós-Graduação em Vigilância Sanitária, Rio de Janeiro, 2009. Disponível em: <https://www.arca.fiocruz.br/handle/icict/14190>. Acesso em: 14 jun. 2018.
- RIELLA, M. C. **Princípios de nefrologia e distúrbios hidroeletrólíticos**. 4. ed. Aparecida /SP: Guanabara Koogan, 2003. Disponível em: <https://www.passeidireto.com/arquivo/6036826/nefrologia-riella>. Acesso em: 11 mar. 2018.
- ROCHA, F. D. *et al.* Avaliação da adesão à terapia imunossupressora por autorrelato de pacientes submetidos ao transplante renal. **Scientia Medica**, v. 27, n. 4, p. 1-7, 2017. Disponível em: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6234562>. Acesso em: 16 mar. 2018.
- ROMÃO JÚNIOR, J. E. Doença renal crônica: definição, epidemiologia e classificação. **Jornal Brasileiro de Nefrologia**, São Paulo, v. 25, p.188-199, 2004. Disponível em: <http://www.bjn.org.br/details/1183/pt-BR/doenca-renal-cronica--definicao--epidemiologia-e-classificacao>. Acesso em: 18 out. 2018.

SILVA, M. M. A. *et al.* Revisão/atualização em diálise: água para hemodiálise. **Jornal Brasileiro de Nefrologia**, São Paulo, v. 18, p. 180-188, 1996. Disponível em: https://scholar.google.com/scholar_lookup?title=Revis%C3%A3o/atualiza%C3%A7%C3%A3o+em+di%C3%A1lise:+%C3%A1gua+para+hemodi%C3%A1lise&author=SILVA+A.M.&author=MARTINS+C.T.&author=FERRABOLI+R.&author=JORGETTI+V.&author=ROM%C3%83O+JR+J.E.&publication_year=1996&journal=Jornal+Brasileiro+de+Nefrologia&volume=18&pages=180-8. Acesso em: 12 set. 2018.

SIMÕES, M. *et al.* Água de diálise: parâmetros físico-químicos na avaliação do desempenho das membranas de osmose reversa. **Revista Inst. Adolfo Lutz**, São Paulo, v. 64, n. 2, p. 173-178, 2005. Disponível em: [https://www.bvs-vet.org.br/vetindex/periodicos/revista-do-instituto-adolfo-lutz/64-\(2005\)-2/agua-de-dialise-parametros-fisico-quimicos-na-avaliacao-do-desempenho-/](https://www.bvs-vet.org.br/vetindex/periodicos/revista-do-instituto-adolfo-lutz/64-(2005)-2/agua-de-dialise-parametros-fisico-quimicos-na-avaliacao-do-desempenho-/). Acesso em: 19 out. 2018.

SOARES, S. M. A. N. *et al.* Sistema de tratamento de água: estudo de caso em um serviço de diálise no município de Governador Valadares – MG. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL, 8., 2016, Campina Grande/PB. **Trabalhos 2016**. Campina Grande/PB: Instituto Brasileiro de Estudos Ambientais, 2016. Disponível em: <https://www.ibeas.org.br/congresso/Trabalhos2016/XI-037.pdf>. Acesso em: 23 set. 2018.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE ENFERMAGEM EM NEFROLOGIA. **Água para hemodiálise**. 12 ago. 2017. Disponível em: <https://soben.org.br/agua-para-hemodialise/#>. Acesso em: 27 out. 2018.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE NEFROLOGIA. **Diálise peritoneal**. Disponível em: <https://sbn.org.br/publico/tratamentos/dialise-peritoneal/>. Acesso em: 23 out. 2018.

SOUZA, A. G. B. **Qualidade microbiológica de água tratada para hemodiálise e caracterização de bactérias patogênicas**. 2015. 100 f. Dissertação (Mestrado em Nutrição e Saúde) - Universidade Federal de Goiás. Programa de Pós-Graduação em Nutrição e Saúde, Goiânia, 2015. Disponível em: <https://repositorio.bc.ufg.br/tede/bitstream/tede/5137/5/Disserta%C3%A7%C3%A3o%20-%20B%a1rbarah%20Greg%b3rio%20de%20Ara%bajo%20Souza%20-%202015.pdf>. Acesso em: 16 jan. 2019.

VASCONCELOS, S. D. P. **Monitoramento da água de diálise: um estudo de caso em uma clínica no município de Recife**. 2012. 111 f. Monografia (Especialização em Gestão de Sistemas e Serviços de Saúde) - Fundação Oswaldo Cruz. Programa de Pós-Graduação Lato Sensu Gestão de Sistemas e Serviços de Saúde, Recife, 2012. Disponível em: <http://www.cpqam.fiocruz.br/bibpdf/2012vasconcelos-pds.pdf>. Acesso em: 23 set. 2018.

APÊNDICE

APÊNDICE – Análise Preliminar de Perigo

ANÁLISE PRELIMINAR DE PERIGO

Local: Clínica de Hemodiálise no Rio Grande do Sul

Realizada por: Yasmin Pinto Rodrigues

Data: 21/05/2019

Perigo	Causas	Consequências	Frequência	Severidade	Risco	Recomendações	#
Condutividade da água na saída da osmose reversa	Alta concentração de sais dissolvidos	Possível presença de potássio, sódio, cálcio, magnésio na forma de sulfatos, cloretos, carbonatos e bicarbonatos.	B	II	Moderado	Verificações diárias da condutividade da água em todo o sistema	001
Crescimento de bactérias no tanque de armazenamento de água.	Má higienização do tanque. Falta de acompanhamento diário no sistema de tratamento.	Aglomerção de bactérias na tubulação e passagem delas para as máquinas de hemodiálise (entupimento dos filtros)	B	III	Não tolerável	Verificações diárias de temperatura, pH e demais fatores favoráveis ao crescimento de possíveis bactérias	002
Depósito de cálcio e magnésio nas membranas de osmose reversa.	O abrandador não está sendo suficientemente eficiente	Ineficiência das membranas de osmose reversa	B	III	Moderado	Verificação da qualidade da resina iônica do abrandador	003

Dureza da água de saída do abrandador	O abrandador não está sendo suficientemente eficiente	Ineficiência das membranas de osmose reversa	B	III	Moderado	Verificação da qualidade da resina iônica do abrandador	004
Falha no pré-filtro presente no sistema de membranas de osmose reversa.	Lavagem ou retro lavagem não estão sendo adequadamente executadas	Passagem de partículas indesejadas para as membranas de osmose reversa, ocasionando a falha das mesmas.	A	II	Moderado	Manutenção periódica do filtro	005
Mau funcionamento do filtro de areia.	Lavagem ou retro lavagem não estão sendo adequadamente executadas, e/ou areia necessita ser trocada.	Entupimento do filtro de carvão e incrustação nas membranas de osmose reversa	B	III	Tolerável	Manutenção periódica do filtro	006
Pressão insuficiente no sistema de distribuição	Desgaste da bomba	Falha no sistema de distribuição de água	B	IV	Não tolerável	Manutenção preventiva na bomba	007

Presença de nitrato na água	Falha no sistema de tratamento	Desgaste da tubulação.	B	III	Tolerável	Verificações da presença de nitrato na água	008
Utilização de PVC nas tubulações.	Muito tempo de utilização.	Desgaste da tubulação e alojamento de bactérias.	B	IV	Não tolerável	Troca do material utilizado	009
Solda/união não uniforme nas conexões das tubulações.	Instalação inadequada e/ou desgaste da tubulação.	Criação de espaços indesejados propiciando a formação de bactérias e fluxo não uniforme.	A	II	Tolerável	Manutenção do sistema de distribuição da água	010
Utilização de alumínio no sistema de tratamento de água para hemodiálise	Incompatibilidade do alumínio com o componente ácido utilizado do fluido de diálise a base de bicabornato.	Intoxicação dos pacientes por alumínio. Passagem de alumínio para o restante do sistema de tratamento.	C	III	Não tolerável	Não utilizar alumínio no sistema de tratamento de água	011
Ruptura das membranas de osmose reversa	Falta de monitoramento no sistema de osmose reversa	Contaminação do reservatório de água tratada	C	II	Não tolerável	Manutenção dos filtros antes da osmose reversa	012