

ARTIGO

Qualidade da água utilizada para equipamentos de hemodiálise em Unidade de Terapia Intensiva

Water quality of hemodialysis systems at Intensive Care Unit

**Simone Aparecida
Galerani Mossini**

*Universidade Estadual de
Maringá (UEM), Maringá,
PR, Brasil*

*E-mail: simonegmossini@
yahoo.com.br*

Caroline Tomoike

Cássia Yumie Kohiyama

Sérgio Seiji Yamada

Sandra Regina Bin Silva

Lourdes Botelho Garcia

**Maria Cristina Bronharo
Tognim**

Érika Bando

Paula Nishiyama

*Universidade Estadual de
Maringá (UEM), Maringá,
PR, Brasil*

RESUMO

Existem critérios e regulamentos para a avaliação da qualidade da água em serviços de unidade de terapia ambulatorial e recomendações específicas para os procedimentos realizados em unidades de terapia intensiva (UTI). Um estudo exploratório foi conduzido em equipamentos de hemodiálise em UTI, em uma cidade do Sul do Brasil. Amostras de água foram coletadas da rede de abastecimento público e pós-osmose reversa associada a dois aparelhos de hemodiálise, entre janeiro e junho de 2011. Espectrometria de emissão óptica com fonte de plasma indutivamente acoplado (ICP OES) foi utilizada para análise de metais em níveis de traços. Análises bacteriológicas foram realizadas para pesquisa de bactérias heterotróficas. Os dados obtidos mostraram que as concentrações dos metais não excederam os limites estabelecidos pela legislação. A análise bacteriológica da água para hemodiálise resultou em contagem inferior a 200 UFC/mL, em todos os meses avaliados, com exceção do mês de fevereiro. Os resultados obtidos corroboram o fato de que a manutenção e os cuidados necessários com a água para o tratamento dialítico têm sido efetivos. A prevenção de complicações decorrentes de contaminantes químicos ou microbiológicos na água para hemodiálise em UTI requer uma atenção constante, uma vez que as condições dos pacientes são diferentes daquelas encontradas em atendimento ambulatorial.

PALAVRAS-CHAVE: Água; Metais; Análise Bacteriológica; Hemodiálise

ABSTRACT

There are rules and regulations for assessment of water quality services in ambulatory care unit and specific recommendations for the procedures performed in intensive care units (ICU) services. An exploratory study was conducted at hemodialysis equipment in ICU in a Southern Brazil city. Water samples were directly collected from the network public supply and from post-reverse osmosis associated with hemodialysis equipments, monthly from January to June 2011. Mass spectrometry technique (quadrupolar type), associated with a source of inductive coupling plasma (ICP/MS) was applied to measure water trace metals levels. Bacteriological analyzes were performed to search for heterotrophic bacteria. Data showed that the metal concentrations in the purified water of hemodialysis centers did not exceed legal standards. The bacteriological analysis of water for hemodialysis systems resulted as < 200 CFU/mL, according to legal limits in all evaluated months, with an exception on February. The results corroborate the fact that maintenance and precaution with the hemodialysis water are being effective. The avoidance of complications arising from chemical or microbiologic water contaminants, in ICU requires a constant attention, since patients conditions are different from those found in outpatient care.

KEYWORDS: Water; Metal; Bacteriological Analysis; Hemodialysis



Introdução

A legislação brasileira determina procedimentos e responsabilidades relativos à vigilância da qualidade da água para consumo humano. Para garantir a potabilidade da água, as estações de tratamento geralmente contemplam a combinação de etapas de clarificação (coagulação, floculação, sedimentação, flotação e filtração), desinfecção, fluoretação e estabilização, podendo ainda requerer a adoção de processos especiais em seu tratamento, destinados à remoção de contaminantes, como substâncias químicas inorgânicas e orgânicas, e inclusive metais pesados e agrotóxicos^{1,2,3}.

Dessa forma, para obtenção de água relativamente pura e saudável, produtos químicos são frequentemente adicionados como tratamento, tais como fluoreto de alumínio, cloro e cloraminas. Isso torna a água imprópria para uso em hemodiálise, uma vez que essas substâncias tendem a se acumular no organismo de pacientes em diálise, resultando em significativa morbidade e mortalidade. O alumínio já foi o responsável por intoxicações graves, muitas vezes fatais. Metais presentes em algumas tubulações também já levaram a intoxicações e hoje não são mais adequados para a distribuição de água para diálise¹.

A água fornecida pela rede pública pode também sofrer variações sazonais dos níveis de alumínio na água que abastece os centros de diálise, de acordo com as condições climáticas que exigem maior ou menor adição de sais de alumínio para o tratamento da água. Esta oscilação muitas vezes não é detectada caso seja passageira e não represente risco de sobrecarga corporal de alumínio, se o tratamento de água do centro dialítico estiver funcionando adequadamente⁴. Variações sazonais também podem ocorrer com relação à presença de outros metais, em função das atividades agrícolas, industriais e do uso doméstico de produtos contendo metais².

Métodos para tratamento da água utilizada em hemodiálise foram desenvolvidos para minimizar a ocorrência da síndrome da água dura. Assim, foram introduzidos tratamentos adicionais, tais como deionização, filtração em carbono e osmose reversa, bem como o desenvolvimento de padrões nacionais e internacionais para níveis permitidos de contaminantes na água utilizada para hemodiálise⁵.

As Unidades de Terapia Intensiva (UTI) atendem pacientes que necessitam de monitorização constante dos seus sinais vitais, do estado hemodinâmico e da função respiratória. Métodos dialíticos que utilizam a circulação extracorpórea têm sido utilizados na assistência a pacientes graves em UTI, como no caso de insuficiência renal aguda (IRA)⁶. Pacientes com IRA, ficam expostos a um volume muito grande de água, cerca de 120 litros em cada sessão de hemodiálise; além disso a separação entre o sangue e o fluido de diálise é feita por meio de uma membrana semipermeável, proporcionando contato direto entre a corrente sanguínea e quaisquer contaminantes^{6,7}. Em pacientes atendidos em UTI, a situação torna-se mais delicada, pois as medicações e condições dos pacientes são diferentes, além de existirem metodologias específicas para pacientes

com instabilidade hemodinâmica, diferentes daquelas utilizadas nas hemodíalises ambulatoriais.

Entre os vários contaminantes que podem estar presentes na água e ocasionar complicações, os metais são capazes de modificar reações enzimáticas, gerando uma ampla sintomatologia e provocando alterações em diversos sistemas^{4,8,11,12}. A deposição do alumínio nos tecidos tem sido implicada na patogênese de vários distúrbios clínicos dos sistemas músculo-esquelético, nervoso central e hematológico^{4,8,12}. O cádmio, produto comum em revestimentos metálicos, materiais plásticos, pinturas e ligas metálicas é um elemento extremamente tóxico, sendo os principais sinais e sintomas de intoxicação o dano renal com proteinúria, alterações na memória, alterações cognitivas, velocidade psicomotora, doença óssea (osteomalácia), hipertensão arterial e carcinogenicidade^{8,11,12}. O chumbo é o sexto metal de maior utilidade industrial. Se a água potável for rica em chumbo, este poderá persistir mesmo após o tratamento^{8,11,12,15}. Esse metal afeta virtualmente todos os órgãos e sistemas do organismo; os mecanismos de toxicidade propostos envolvem processos bioquímicos fundamentais, que incluem a habilidade do chumbo de inibir ou imitar a ação do cálcio e de interagir com proteínas, provocando alterações nos sistemas hematológico, gastrointestinal, reprodutivo, renal, nervoso e musculoesquelético^{8,11-14}. As funções bioquímicas e os efeitos do cromo no organismo são dependentes do seu estado de oxidação. Os cromatos são amplamente empregados no tratamento de águas, sendo o cromo (VI) um agente carcinogênico^{8,11}.

O aspecto microbiológico do tratamento da água deve ser também levado em conta, pois os excessivos níveis de bactérias no dialisato são responsáveis por reações pirogênicas e bacteremia, uma das principais causas de morbidade e mortalidade em pacientes em hemodiálise¹⁶.

Em 2004 foi publicada a Resolução RDC nº 154/2004 da ANVISA¹⁷ (república em 2006)¹⁸, que estabeleceu regulamento técnico para o funcionamento dos serviços de diálise, onde o controle da água utilizada para hemodiálise passou a ter limites mais rigorosos. Ainda com a mesma preocupação, em 2008 uma nova resolução foi publicada, a RDC nº 33/2008¹⁹, para regulamentar o Sistema de Tratamento e Distribuição de Água tratada para hemodiálise (STDATH). Entretanto, como havia serviços de diálise, não abrangidos pela RDC nº 154/2004, foram estabelecidos parâmetros para execução de procedimentos dialíticos em ambiente hospitalar, por meio da Nota Técnica nº 006/2009 – GGTE/ANVISA²⁰, e em 13 de março de 2014 foi publicada a RDC nº 11, que dispõe sobre os Requisitos de Boas Práticas de Funcionamento para os Serviços de Diálise e dá outras providências²¹.

Dada a importância do assunto, estudos têm buscado disponibilizar novas tecnologias e métodos capazes de detectar e monitorar, de maneira eficiente, a qualidade da água²²⁻²⁷.

Considerando a importância da qualidade da água tratada utilizada em equipamentos de hemodiálise em UTI para prevenção de riscos aos pacientes com insuficiência renal, este



estudo apresentou como objetivo avaliar os procedimentos de tratamento e a qualidade da água para equipamentos de hemodiálise em unidade de terapia intensiva em um hospital público do sul do Brasil.

Metodologia

O estudo foi conduzido em um hospital no Sul do Brasil, que possui uma Unidade de Terapia Intensiva (UTI) com 2 equipamentos de hemodiálise atendendo 10 leitos adultos ininterruptamente. Os equipamentos foram identificados como equipamento número 01 (em uso há 4 meses) e equipamento número 02 (em uso há 24 meses), e a água utilizada para hemodiálise foi coletada mensalmente durante o período de janeiro a junho de 2011.

Coleta de Material

A definição do procedimento de coleta foi baseada na RDC nº 33/2008 da ANVISA¹⁹, sendo realizada em 2 aparelhos (nº 01 e nº 02), a partir de dois pontos, um antes da passagem da água pela osmose reversa (pré-purificação) e a partir de outro ponto, localizado após a passagem da água pela osmose reversa (pós-purificação). A coleta foi realizada mensalmente, durante um período de 6 meses, utilizando frascos estéreis de polietileno.

Em cada ponto de amostragem foi coletada duplicata da amostra em frascos contendo HNO₃ 40% como conservante para as análises químicas. Já para as análises bacteriológicas foi utilizado frasco sem conservantes. Foi feita uma desinfecção da torneira com algodão embebido em álcool 70% e desprezado um jato contínuo de água por 40 segundos. Para cada amostra, um volume de 100 ml de água foi coletado em frasco previamente esterilizado. Após a coleta os frascos foram mantidos sob refrigeração até o momento da realização das análises¹⁹.

Foram realizadas 34 coletas de água no período de janeiro a junho de 2011, no ponto de pré-purificação, e 34 coletas no ponto de pós-purificação, dos 2 equipamentos de hemodiálise da UTI do hospital, obtendo-se um total de 68 amostras de água.

Análises químicas

Amostras coletadas em duplicata nos pontos de pré e pós-purificação foram analisadas quanto à presença dos analitos Al, Cr, Pb e Cd, por meio da técnica de espectrometria de emissão óptica com plasma indutivamente acoplado com configuração axial e nebulização ultrasônica (USN-ICP OES), conforme Manual de Métodos Padronizados para Análise de Água e Esgoto²⁸. Os equipamentos utilizados (ICP – OES VISTA PRO – Varian) e Nebulizador ultrasônico (modelo U5000 – CETAC) estão instalados no Instituto Tecnológico do Paraná (TECPAR), em Curitiba, Paraná – Brasil, onde o método foi previamente validado.

A ICP OES é uma técnica analítica que pode ser utilizada para determinação de elementos maiores, menores e em níveis de traços. Baseada nos espectros de emissão dos elementos, a amostra acidificada é introduzida no plasma em forma de ae-

rossol por meio do sistema nebulizador. A alta temperatura e a atmosfera inerte do gás argônio do plasma diminuem as interferências não espectrais, resultando em boa sensibilidade, alta precisão e exatidão com baixos limites de detecção, requisitos fundamentais para aplicação na análise de águas²⁹.

Os parâmetros instrumentais utilizados no espectrômetro de emissão óptica com configuração axial foram: potência de 1,25 kW, fluxo de gás plasma 15 L/min, fluxo de gás auxiliar 1,5 L/min, tempo de integração 3 s, tempo de estabilização 20 s, velocidade da bomba 50 rpm, pressão no nebulizador 250 kPa, tempo de aspiração da amostra 30 s, temperatura de aquecimento 140° C e comprimentos de onda em nm: Al 396,152; Cr 267,716; Pb 220,353 e Cd 226,502.

Os parâmetros verificados no processo de validação foram linearidade, limite de detecção, limite de quantificação, precisão e exatidão, sendo que todos se encontraram dentro dos valores de aceitabilidade.

A solução padrão multielementar de 5 mg/L (Al e Cr), 2 mg/L (Pb) e 0,2 mg/L (Cd), foi preparada a partir das soluções estoque de 1000 mg/L de Al, Cr, Pb e Cd. Foram estabelecidas curvas de calibração nas concentrações de 5, 10, 20, 30 e 50 µg/L para Al e Cr; 2, 4, 8, 12 e 20 µg/L para Pb e 0,2, 0,4, 0,8, 1,2 e 2,0 µg/L para Cd. A linearidade foi verificada pelos coeficientes de correlação linear (r) obtidos das curvas de calibração. Os limites de detecção para cada analito foram obtidos pela determinação de 7 (sete) leituras de intensidade de emissão de cada branco da curva de calibração. Os limites de quantificação para cada analito foram estabelecidos como sendo o primeiro ponto de cada curva de calibração, ou seja, o de menor concentração, excluindo-se o branco. Para avaliar a precisão foram obtidos valores médios de coeficientes de variação em % para as três concentrações avaliadas (baixa, média e alta) nas três ocasiões estudadas (diferentes dias em que foram realizados os testes de reprodutibilidade). O teste realizado na primeira ocasião compreende o teste de repetitividade. A exatidão foi comprovada através do uso de materiais de referência certificados e por ensaios de recuperação.

Análises bacteriológicas

A contagem de bactérias heterotróficas foi realizada pelo método do plaqueamento em profundidade ou *Pour Plate*³⁰.

Para a realização das análises bacteriológicas as amostras foram homogeneizadas, invertendo-se os frascos no mínimo por 25 vezes. Para o preparo das diluições, volumes de 1,0 mL das amostras puras foram transferidos assepticamente para tubos de ensaio de 16 x 150 mm contendo 9,0 mL de água destilada esterilizada, seguido de agitação em agitador de tubos tipo “mixer”, por 20-25 segundos (diluição 1:10). O mesmo procedimento foi utilizado para preparar sucessivamente as diluições 1:100, 1:1.000 e 1:10.000.

Em seguida, volumes de 1,0 mL das amostras puras e de suas respectivas diluições foram transferidos assepticamente para placas de Petri estéreis previamente identificadas. A



cada placa foram adicionados 15 mL do meio de cultura “Plate Count Agar” (Difco Laboratories, Detroit, MI, USA), previamente esterilizado, liquefeito e mantido em banho-maria a 48° C. O inóculo foi homogeneizado cuidadosamente com o meio de cultura, através de movimentos circulares. Após a solidificação do meio as placas foram invertidas e incubadas em aerobiose a 37° C durante 72 horas. Todas as amostras puras e suas respectivas diluições foram cultivadas em duplicata. As contagens das bactérias heterotróficas foram realizadas nas placas que apresentaram até 300 colônias. Os resultados foram expressos em unidades formadoras de colônias por mililitro da água amostrada (UFC/mL)³¹.

Resultados

Os valores de *r* obtidos para a linearidade foram superiores a 0,99, demonstrando que as soluções utilizadas apresentaram uma boa relação sinal/concentração. Os limites de detecção obtidos para os analitos Al, Cr, Pb e Cd foram 0,0001, 0,00005, 0,0003 e 0,00006 mg/L, respectivamente. Não foram verificados coeficientes de variação superiores a 7,8%, o que comprova uma boa precisão. As recuperações obtidas para todos os analitos apresentaram valores entre 90 e 100%.

As Tabelas 1 e 2 demonstram os resultados obtidos a partir das análises dos metais Al, Cr, Pb e Cd nos equipamentos n° 01 e n° 02, conforme descrito em materiais e métodos.

Pode-se observar que os valores estão dentro dos limites estabelecidos pela RDC n° 154/04, que estabelece o Regulamento Técnico para o funcionamento dos Serviços de Diálise e pela Portaria n° 2914/11, que estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e à vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade^{3,17}.

A Tabela 3 mostra os resultados das análises bacteriológicas realizadas. Pode-se observar que quase todos os valores encontrados estão dentro do estabelecido pela RDC n° 154 de 15 de junho de 2004, e apenas no mês de fevereiro o aparelho

n° 02 apresentou valor acima do estabelecido, retornando ao valor normal nos meses seguintes. Não houve nenhum procedimento fora do padronizado para os aparelhos. A rotina de manutenção durante esse período ocorreu conforme procedimento padronizado pelo setor.

Discussão

Com o aumento do número de pacientes em tratamento dialítico e de sua sobrevivência acumularam-se evidências que permitiram correlacionar os contaminantes da água com efeitos adversos do procedimento¹¹. Assim, é importante a realização de estudos relacionados com pacientes dialíticos em UTI, pois os poucos estudos existentes envolvem pacientes que utilizam serviços de terapia renal substitutiva ambulatorial. A utilização dos mesmos critérios adotados para serviços ambulatoriais pode trazer problemas, uma vez que, embora o procedimento seja o mesmo, as medicações e condições dos pacientes são diferentes, além de existirem metodologias específicas para pacientes com instabilidade hemodinâmica diferentes daquelas utilizadas nas hemodíalises ambulatoriais.

Semelhante ao nosso estudo, Lima e colaboradores (2001) analisaram as concentrações de alumínio em amostras de água do centro de hemodíalise do Hospital das Clínicas em oito períodos diferentes, e obtiveram resultados inferiores a 0,005 mg/L em todas as análises. O teor de alumínio dosado na solução de diálise e na água pré-tratamento que abastecia o centro de diálise foi de 0,0016 mg/L e 0,063 mg/L, respectivamente⁴. Não existem muitos estudos sobre a presença do cádmio na água utilizada para hemodíalise, apesar do relato da ocorrência de intoxicações com este metal. Outro metal estudado neste trabalho foi o chumbo, virtualmente onipresente no meio ambiente como resultado de sua ocorrência natural e sua utilização industrial. Os casos de toxicidade resultam tanto da exposição ambiental quanto da industrial, assim como pode ocorrer ex-

Tabela 1. Teores de Alumínio, Cádmio, Chumbo e Cromo em água para serviço de diálise, coletada no ponto pré-purificação.

Mês	Alumínio (Al)		Cádmio (Cd)		Chumbo (Pb)		Cromo (Cr)	
	Aparelhos		Aparelhos		Aparelhos		Aparelhos	
	N° 01 ^a Média ^c (mg/L)	N° 02 ^b Média ^c (mg/L)	N° 01 ^a Média ^c (mg/L)	N° 02 ^b Média ^c (mg/L)	N° 01 ^a Média ^c (mg/L)	N° 02 ^b Média ^c (mg/L)	N° 01 ^a Média ^c (mg/L)	N° 02 ^b Média ^c (mg/L)
Janeiro	0,03	0,03	< 0,001	< 0,001	< 0,01	< 0,01	< 0,005	< 0,005
Fevereiro	0,040±0,013	0,022±0,007	< 0,0002	< 0,0002	< 0,002	< 0,002	< 0,005	< 0,005
Março	0,05	0,04	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,01	< 0,005	< 0,005
Abril	0,04	0,05	< 0,001	< 0,001	< 0,01	< 0,01	< 0,005	< 0,005
Mai	0,04	0,04	< 0,001	< 0,001	< 0,01	< 0,01	< 0,005	< 0,005
Junho	0,02	0,02	< 0,001	< 0,001	< 0,01	< 0,01	< 0,005	< 0,005
LQ (Limite de quantificação)	0,02		0,001		0,01		0,005	
Valor Máximo Permitido ^d	0,2 mg/L		0,005 mg/L		0,01 mg/L		0,05 mg/L	

^aAparelho em uso há 4 meses; ^bAparelho em uso há 24 meses; ^cValores reportados como média ± desvio padrão; ^dPortaria n° 239 de 14 de dezembro de 2011 MS.



Tabela 2. Teores de Alumínio, Cádmio, Chumbo e Cromo em água para serviço de diálise, coletada no ponto pós-purificação.

Mês	Alumínio (Al)		Cádmio (Cd)		Chumbo (Pb)		Cromo (Cr)	
	Aparelhos		Aparelhos		Aparelhos		Aparelhos	
	Nº 01 ^a Média ^c (mg/L)	Nº 02 ^b Média ^c (mg/L)	Nº 01 ^a Média ^c (mg/L)	Nº 02 ^b Média ^c (mg/L)	Nº 01 ^a Média ^c (mg/L)	Nº 02 ^b Média ^c (mg/L)	Nº 01 ^a Média ^c (mg/L)	Nº 02 ^b Média ^c (mg/L)
Janeiro	0,005±0,002	< 0,005	< 0,0002	< 0,0002	< 0,002	< 0,002	< 0,005	< 0,005
Fevereiro	0,005±0,002	0,005±0,002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,002	< 0,002	< 0,005	< 0,005
Março	0,007±0,002	0,008±0,003	< 0,0002	< 0,0002	< 0,002	< 0,002	< 0,005	< 0,005
Abril	< 0,005	< 0,005	< 0,0002	< 0,0002	< 0,002	< 0,002	< 0,005	< 0,005
Maiο	< 0,005	< 0,005	< 0,0002	< 0,0002	< 0,002	< 0,002	< 0,005	< 0,005
Junho	< 0,005	< 0,005	< 0,0002	< 0,0002	< 0,002	< 0,002	< 0,005	< 0,005
LQ (Limite de quantificação)	0,005		0,0002		0,002		0,005	
Valor Máximo Permitido ^d	0,01 mg/L		0,001 mg/L		0,005 mg/L		0,014 mg/L	

^aAparelho em uso há 4 meses; ^bAparelho em uso há 24 meses; ^cValores reportados como média ± desvio padrão; ^dResolução RDC nº 154 de 15 de junho de 2004.

posição através da água de diálise em pacientes portadores de insuficiência renal¹². Quanto ao cromo, não existem muitos estudos sobre sua presença na água utilizada para hemodiálise, apesar de ser tóxico e provocar falência de vários órgãos. No presente estudo nenhuma das amostras coletadas nos pontos de pré e pós-purificação, durante o período de janeiro a junho de 2011, apresentaram níveis de alumínio, cádmio, chumbo e cromo em desacordo com os valores limites permitidos de 0,01 mg/L, 0,001 mg/L, 0,005 mg/L e 0,014 mg/L, respectivamente. É importante salientar que este estudo foi realizado em um hospital que possui um tratamento adicional na saída da caixa d'água e, assim, a água que chega para a osmose reversa já passa por um sistema adicional de filtração.

Existem diversas recomendações oficiais para os parâmetros de qualidade bacteriológicos da água de hemodiálise publicados por órgãos governamentais e por organizações internacionais; entretanto, uma vez que a falta de pureza da água está relacionada com complicações agudas e crônicas em pacientes em tratamento por hemodiálise, os limites para contagem bacteriana têm sido reduzidos³². De acordo com a resolução RDC nº 154 de 15 de junho de 2004, o valor máximo permitido é de 200 UFC/mL¹⁷.

Nunes e colaboradores avaliaram a qualidade da água utilizada em três centros de hemodiálise no município de São Luís, onde microrganismos associados com a contaminação da água foram identificados em dois dos serviços analisados¹⁵. Montanari et al., (2009), em estudo realizado entre 2004 a 2006 no estado de São Paulo, Brasil, obtiveram 128 isolados bacterianos no sistema de distribuição de água, 43 isolados nas máquinas e 3 isolados na água tratada para diálise³³. Em estudo realizado por Marchet e Caldas, (2011), cerca de um terço das amostras de água analisadas apresentaram bactérias heterotróficas³⁴, índice de contaminação maior que o encontrado em Ponta Grossa/PR em estudo realizado nos anos de 2003 e 2004, onde apenas três das 72 amostras de água analisadas e duas das 72 amostras de água para diálise analisadas apresentaram contagem de bactérias heterotróficas superiores aos limites permitidos pela legislação³⁵. Em estudo realizado em siste-

Tabela 3. Resultado das contagens de bactérias heterotróficas das amostras de água para serviço de diálise, coletadas nos pontos de pré e pós-purificação.

Mês	Aparelhos (UFC/mL) pré-purificação		Aparelhos (UFC/mL) pós-purificação	
	Nº 01 ^{a,c} (UFC/mL)	Nº 02 ^{b,c} (UFC/mL)	Nº 01 ^{a,c} (UFC/mL)	Nº 02 ^{b,c} (UFC/mL)
	Fevereiro	8	19	35
Março	Sem crescimento	Sem crescimento	14	6
Abril	Sem crescimento	1	Sem crescimento	3
Maiο	9	Sem crescimento	14	1
Junho	5	3	13	13
Valor máximo permitido ^d	200 UFC/mL			

^aAparelho em uso há 4 meses; ^bAparelho em uso há 24 meses; ^cValores reportados como média; ^dResolução RDC nº 154 de 15 de junho de 2004.

mas de tratamento de água em clínicas de Curitiba-PR verificou-se que 96% das amostras de água potável apresentaram a contagem de bactérias heterotróficas inferior ao limite legal e 92% das amostras de água tratada para diálise apresentaram-se satisfatórias, com a contagem inferior a 200 UFC/mL³⁶. Ramirez (2009) em levantamento realizado com resultados de análises de sistemas de água de clínicas de hemodiálise do Rio de Janeiro - RJ, encontrou que 68% e 70% das amostras analisadas foram satisfatórias nos anos 2006 e 2007, respectivamente³⁷. Neste trabalho apenas um resultado excedeu o valor máximo permitido na legislação, no mês de fevereiro, no ponto de pós-purificação em um dos aparelhos (aparelho nº 02). Nas análises realizadas nos meses seguintes, esse resultado não se repetiu; entretanto, a quantidade de bactérias heterotróficas foi maior nos pontos de pós-purificação, mas não ultrapassou o valor máximo permitido. Esses resultados podem ser explicados em função da formação de biofilme ou do tratamento da água. Biofilme pode ser definido como uma estrutura comunitá-



ria de células microbianas protegidas por uma matriz polissacarídica ou protéica que é sintetizada pelas células e aderente tanto às superfícies inertes quanto às vivas³⁷. Áreas com água estagnada no sistema de distribuição de água ou no circuito hidráulico do equipamento de hemodiálise podem deixar o sistema suscetível à formação de biofilme^{5,38-40}. Outra explicação para a maior quantidade de bactérias heterotróficas nos pontos de pós-purificação é o próprio tratamento que a água sofre, pois durante o tratamento da água por osmose reversa ocorre retirada do cloro, e assim a água fica mais propícia ao crescimento de bactérias³⁹.

Um importante estudo realizado na Sardenha, Itália, durante um período de 15 anos, ilustra o impacto positivo sobre a qualidade microbiológica dos pacientes em diálise, através da implementação progressiva de estratégias tecnológicas do “estado da arte” e da otimização de procedimentos de vigilância microbiológica em cinco unidades de diálise na Sardenha. Os resultados obtidos levaram a um refinamento progressivo dos controles e introdução de novos materiais e equipamentos, incluindo dois estágios de osmose reversa e colocação de anéis na tubulação apresentando uma maior capacidade para impedir a adesão de biofilme²⁶.

Conclusão

Sabe-se que existem regulamentos e critérios mínimos de qualidade e segurança do funcionamento de serviços de terapia renal substitutiva ambulatorial. Os procedimentos realizados em unidades de terapia intensiva devem seguir normas legais específicas, que estabelecem parâmetros para execução de procedimentos dialíticos em ambiente hospitalar. O procedimento adotado no serviço em estudo, com a disposição de um tratamento de filtração adicional na saída da caixa d'água associado ao processo de purificação por osmose reversa e à manutenção adequada de todos os equipamentos e insumos adotados no serviço, possibilitaram resultados abaixo dos limites que poderiam ser considerados tóxicos, sendo imprescindíveis para a segurança do paciente. Embora os resultados encontrados sejam positivos, é importante um controle frequente e rigoroso dos teores de metais, assim como um controle microbiológico nas águas usadas no tratamento dialítico.

Agradecimentos

Agradecemos à equipe técnica do Instituto de Tecnologia do Paraná (TECPAR) pelo apoio técnico nas análises químicas. Este estudo foi financiado pela Fundação de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Paraná (Fundação Araucária), Brasil.

Referências

- Ahmad S. Essentials of water treatment in hemodialysis. *Hemodial Int.* 2005;9(2):127-34. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1492-7535.2005.01124.x>
- Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde. Boas práticas no abastecimento de água: procedimentos para a minimização de riscos à saúde. Brasília: Ministério da Saúde; 2006. (Série A. Normas e manuais técnicos).
- Ministério da Saúde. Portaria nº 2914, 12 de dezembro 2011. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. *Diário Oficial da União.* 14 dez 2011.
- Lima EM, Rocha OGF, Barros JRC, Gurbuzatik LTC, Silva MLR, Resende CCS et al. Intoxicação por alumínio na insuficiência renal crônica. *J Bras Nefrol.* 2001;23(1):8-17.
- Hoenich NA, Levin R. The implications of water quality in hemodialysis. *Sem Dial.* 2003;16(6):492-7. <http://dx.doi.org/10.1046/j.1525-139X.2003.16106.x>
- Cais DP, Turrini RNT, Strabelli TMV. Infecções em pacientes submetidos a procedimento hemodialítico: revisão sistemática. *Rev Bras Ter Intensiva.* 2009;21(3):269-75. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-507X2009000300006>
- Silva AMM, Martins CTB, Ferraboli R, Jorgetti JER. Diálise: água para hemodiálise. *J Bras Nefrol.* 1996;18(2):180-8.
- Azevedo FA, Nascimento ES, Chasin AM. Metais: gerenciamento da toxicidade. São Paulo: Atheneu; 2003.
- Vieira WP, Gomes KWP, Frota NB, Andrade JECB, Vieira RMRA, MouraFEAetal. Manifestações musculoesqueléticas em pacientes submetidos à hemodiálise. *Rev Bras Reumat.* 2005;45(6):357-64. <http://dx.doi.org/10.1590/S0482-50042005000600005>
- Barreto FC, Araujo SMHA. Intoxicação alumínica na DRC. *J Bras Nefrol.* 2008;30(1 supl 2):18-22.
- Klaassen CD. *Cassarett and Doull's Toxicology: the basic science of poisons.* 7th ed. New York: McGraw-Hill; 2008.
- Silva ALO, Moreira JC. Efeitos tóxicos de alguns contaminantes inorgânicos à saúde de pacientes submetidos à hemodiálise. *Cad Saúde Colet.* 2009;17(3):691-730.
- Sadao M. Intoxicação por chumbo. *Rev Oxidologia.* 2002;37-42.
- Moreira FR, Moreira JC. Os efeitos do chumbo sobre o organismo humano e seu significado para a saúde. *Rev Panam Salud Publica.* 2004;15(2):19-29.
- Ministério da Saúde, Secretaria de Atenção à Saúde, Departamento de Ações Programáticas Estratégicas. Atenção à saúde dos trabalhadores expostos ao chumbo metálico. Brasília: Ministério da Saúde; 2006.
- Nunes PC, Silva HS, Monteiro SG, Costa JML. Microbiological analyses of water from hemodialysis services in São Luís, Maranhão, Brazil. *Braz J Microbiol.* 2005;36:103-8.
- Ministério da Saúde, Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC Nº 154, de 15 de junho de 2004. Estabelece o regulamento técnico para o funcionamento dos Serviços de Diálise. *Diário Oficial da União.* 17 jun 2004.
- Ministério da Saúde, Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC Nº 1671, de 30 de maio de 2006. Estabelece os indicadores para subsidiar a avaliação do serviço de diálise. *Diário Oficial da União.* 31 maio 2006.
- Ministério da Saúde, Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC Nº 33, de 3 de junho de 2008. Dispõe sobre o 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. *Diário Oficial da União.*



20. Ministério da Saúde, Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Nota Técnica Nº 006/2009-GGTES/ANVISA. Estabelece parâmetros para execução de procedimentos dialíticos em ambiente hospitalar fora dos serviços de diálise abrangidos pela RDC/Anvisa n. 154, de 15 de junho de 2004 [acesso em 10 nov 2013]. Disponível em: <http://www.sbn.org.br/pdf/portarias/NotaTecnica006-2009-GGTES-ANVISA.pdf>
21. Ministério da Saúde, Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC Nº 11, de 13 de março de 2014. Dispõe sobre os Requisitos de Boas Práticas de Funcionamento para os Serviços de Diálise e dá outras providências. Diário Oficial da União. 14 mar 2014.
22. Cappelli G, Riccardi M, Perrone S, Bondi M, Ligabue G, Albertazzi A. Water treatment and monitor disinfection. *Haemodial Int.* 2006;10 suppl 1:13-8. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1542-4758.2006.01184.x>
23. Santos LMG, Gonçalves JM, Jacob SC. Determinação simultânea de As, Cd e Pb em amostras de água purificada para hemodiálise por espectrometria de absorção atômica com forno de grafite, após otimização multivariada baseada no uso de planejamento experimental. *Quim Nova.* 2008;31(5):975-9. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-40422008000500006>
24. Marcatto, MISJ, Grau MAF, Muller NCS. Projeto de reativação e implantação do Programa de Monitoramento da Água Tratada para Hemodiálise do Estado de São Paulo, SP, Agosto de 2009. *Bol Epidemiol Paul.* 2010; 7(74):6-12.
25. Buzzo ML, Bugno A, Almodovar AAB, Kira CS, Carvalho MFH, Souza A et al. A importância de programas de monitoramento da qualidade da água para diálise na segurança dos pacientes. *Rev Inst Adolfo Lutz.* 2010;69(1):1-6.
26. Bolasco P, Contu A, Meloni P, Vacca D, Galfrè A. Microbiological surveillance and state of the art technological strategies for the prevention of dialysis water pollution. *Int J Environ Res Publ Health.* 2012;9(8):2758-77. <http://dx.doi.org/10.3390/ijerph9082758>
27. Coulliette AD, Arduino MJ. Hemodialysis and water quality. *Sem Dialysis.* 2013;26(4):427-38. <http://dx.doi.org/10.1111/sdi.12113>
28. American Public Health Association. Standard methods for the examination of water and wastewater. 20th ed. Washington: American Public Health Association; 1998.
29. Coimbra TKS, Higaskino CE, Santos EJ, Yamada MPA, Correa QB. Dossiê técnico, qualidade da água de hemodiálise. Curitiba: Serviço Brasileiro de Respostas Técnicas; 2007.
30. APHA; AWWA; WPCF. Standard methods for the examination of water and wastewater. 21th ed. Washington: American Public Health Association; 2005.
31. Xavier HVM, Bulla JR, Luize LM, Moreno T, Tognim MCB, Garcia LB. Análise bacteriológica da água de equipos odontológicos. *Acta Scientiarum.* 2002;22(2):631-6. <http://dx.doi.org/10.4025/actasciobiolsci.v22i0.2998>
32. Ferreira JAB. Diversidade genética, perfil de resistência aos antimicrobianos e produção de biofilme de amostras de *Pseudomonas aeruginosa* isoladas da água utilizada em unidades de terapia renal substitutiva [dissertação]. Rio de Janeiro: Fundação Oswaldo Cruz; 2009.
33. Montanari LB, Sartori FG, Cardoso MJO, Varo SD, Pires RH, Leite CQF et al. Microbiology contamination of a hemodialysis center water distribution system. *Rev Inst Med Trop S Paulo.* 2009;51(1):37-43. <http://dx.doi.org/10.1590/S0036-46652009000100007>
34. Marchet, RGA, Caldas ED. Avaliação da qualidade microbiológica da água de consumo humano e de hemodiálise no Distrito Federal em 2009 e 2010. *Comunic Ciênc Saúde.* 2011;22(1):33-40.
35. Borges CR, Lascowski KM, Rodrigues Filho NJ, Pelayo JS. Microbiological quality of water and dialysate in a hemodialysis unit in Ponta Grossa-PR, Brazil. *J Appl Microbiol.* 2007;103(5):1791-7. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2672.2007.03431.x>
36. Figel IC. Avaliação microbiológica em sistemas de água de diálise em clínicas especializadas de Curitiba, PR. [dissertação]. Curitiba: Universidade Federal do Paraná; 2011.
37. Ramirez SS. Água para hemodiálise no estado do Rio de Janeiro: uma avaliação dos dados gerados pelo programa de monitoramento da qualidade nos anos de 2006-2007 [monografia]. Rio de Janeiro: Instituto Nacional de Controle de Qualidade em Saúde da Fundação Oswaldo Cruz; 2009.
38. Man N-K, Degremont A, Darbord J-C, Collet M, Vaillant P. Evidence of bacterial biofilm in tubing from hydraulic pathway of hemodialysis system. *Artif Organs.* 1998;22(7):596-600. <http://dx.doi.org/10.1046/j.1525-1594.1998.06195.x>
39. Cappelli G, Ballestri M, Perrone S, Ciuffreda A, Inguaggiato P, Albertazzi A. Biofilms invade nephrology: effects in hemodialysis. *Blood Purif.* 2000;18(3):224-30. <http://dx.doi.org/10.1159/000014421>
40. Tapia G, Yee J. Biofilm: its relevance in kidney disease. *Adv Chronic Kidney Dis.* 2006;13(3):215-24.

Data de recebimento: 28/01/2014

Data de aceite: 20/05/2014