



REUTILIZAÇÃO DA SOBRA DE ÁGUA PERMEADA E DE REJEITO DE UMA CENTRAL DE TRATAMENTO DE ÁGUA POR OSMOSE REVERSA DE UMA UNIDADE DE HEMODIÁLISE HOSPITALAR

L. Ribeiro^{1,2}, M. Sanches-Pagliarussi², J. Ribeiro^{3*}

¹USP – Univ São Paulo, Hospital das Clínicas de Ribeirão Preto, SP, Brasil

²Centro Universitário UNISEB, Ribeirão Preto, SP, Brasil.

³UFES – Univ Federal do Espírito Santo, Departamento de Química, Goiabeiras, Vitória, ES, Brasil.

Article history: Received 07 July 2016; Received in revised form 12 August 2016; Accepted 15 August 2016; Available online 29 September 2016.

RESUMO

Esse trabalho trata da possibilidade de reutilizar a água do rejeito e a sobra da água permeada proveniente de um sistema de Osmose Reversa, OR, da unidade de hemodiálise do Hospital das Clínicas de Ribeirão Preto (HCRP-USP). O estudo foi feito por meio de levantamento estrutural com plantas físicas e 'layout' do local, fazendo visitas a esse local para analisar a qualidade e verificar a quantidade de água utilizada no mesmo e, principalmente, do estudo das características bacteriológicas e físico-químicas da água a ser reaproveitada. O resultado obtido das análises da sobra de água permeada e do rejeito mostrou que é possível reutilizar a sobra de água permeada diretamente na caixa central do HCRP-USP, pois esse procedimento não altera a qualidade da água de abastecimento do hospital, sendo somente de 0,73 % de diluição. Com a instalação do sistema de reaproveitamento da sobra de água permeada o HCRP-USP passou a ter uma economia em volume de água de 575 m³/mês. O custo total de implantação do sistema não passou de 5.809,43 reais, ou seja, com pouquíssimo recurso financeiro o hospital obteve uma grande economia no insumo água.

Palavras-chave: Reuso de água, permeado, hemodiálise

REUSE OF THE LEFTOVER PERMEATE WATER AND OF WASTE FROM A REVERSE OSMOSIS WATER TREATMENT CENTRAL OF A HEMODIALYSIS HOSPITAL UNIT

ABSTRACT

This paper deals with the possibility of reusing water from the waste and the leftover water permeated from a Reverse Osmosis system, OR, of hemodialysis unit of the Hospital das Clínicas de Ribeirão Preto (HCRP-USP). The study was carried out by structural survey with physical plants and layout of the place, making visits to this place to analyze the quality and check the amount of water used in the same and especially the study of bacteriological and physical-chemistry characteristics the water to be reused. The result of the analysis of leftover permeated water and waste showed that it is possible to reuse the leftover permeated water directly into the HCRP-USP central box, since this does not change the quality of the hospital's water supply, only being 0.73% dilution. With the installation of water recycling to spare system permeated the HCRP-USP started to have an economy in water volume of 575

* josimar.ribeiro@ufes.br

m³/month. The total cost of system implementation was R\$ 5,809.43, that is, with very little financial resources the hospital obtained a great savings in input water.

Keywords: Water reuse, permeated, hemodialysis

1. INTRODUÇÃO

1.1. Justificativa

A água é essencial para todas as formas conhecidas de vida, importante nos mais diversos setores e também no clima terrestre (FERREIRA, RIBEIRO, BARTHUS, 2013). As reservas de água do planeta são finitas, e estão cada vez menores, sendo que 97 % das águas superficiais estão nos oceanos, 2,4 % correspondem às geleiras e calotas polares e a pequena fração restante 0,6 % da água do planeta (total = $1,4 \times 10^9$ km³ de água) compõe-se de águas subterrâneas nas formações geológicas, lagos, rios, atmosfera, solos, plantas e animais. (FERREIRA, RIBEIRO, BARTHUS, 2013).

Estima-se que a cada 90 segundos uma criança morre no mundo devido à falta ou à má qualidade da água e doenças relacionadas a água afetam mais do que 1,5 bilhão de pessoa no mundo a cada ano (WHO, 2015). Por isso, um poço de água potável valerá em breve o que valia um poço de petróleo nos anos 70 (BOTELHO, 2001).

Na ótica das Ciências da Natureza, o conceito de qualidade da água é muito mais amplo do que a sua simples caracterização pela fórmula molecular H₂O, devido às suas propriedades de solvente e sua capacidade de transportar partículas, incorpora a si diversas impurezas, as quais definem a sua qualidade (DIAS, 2008).

O presente estudo visa abordar a viabilidade do reaproveitamento da sobra de água permeada e a água denominada de rejeito, a qual é descartada pelo sistema de tratamento de água por Osmose Reversa, OR. Este é um processo de purificação comumente utilizado em clínicas de hemodiálise, mas que gera em torno de 40 % de descarte. Neste estudo, foi avaliado o volume de água descartado pelo

sistema de tratamento por OR instalada na clínica de hemodiálise do Hospital das Clínicas de Ribeirão Preto (HCRP-USP). Para esta clínica foi prevista a infraestrutura necessária para o reaproveitamento da água do rejeito para a limpeza de calçadas, carrinhos de lixo e para a irrigação dos jardins, no entanto não estava previsto o reaproveitamento da sobra da água permeada. A partir dos relatórios gerados pelos laboratórios internos e externos, o trabalho buscou estabelecer critérios de reaproveitamento desta água. Finalizando com uma abordagem que busca identificar novas alternativas para o reuso da água do rejeito e a sobra da água do permeado.

Os resultados que se seguiram tanto do ponto de vista microbiológico, quanto físico-químico, mostraram-se bastante satisfatórios para classificação da água em vários procedimentos de reuso. Por este motivo, novas técnicas vêm sendo empregadas, visando racionalizar o uso da água tratada pelo processo de OR. Um exemplo é o emprego de geradores de ozônio para controle microbiológico do sistema de distribuição dessa água. Essa alternativa, evita horas e horas de enxágue e o desperdício de água tratada, produzida apenas para remoção do excesso de ácido peracético, produto normalmente utilizado para este controle (KRIEGER, 2016, p.34). Outra forma seria reaproveitar o descarte gerado pelo tratamento e este é o objetivo principal deste estudo. Por meio de análises de amostras de água deste meio, propõe-se buscar aplicações e soluções para o aproveitamento da mesma, sem comprometer a qualidade da água destinada aos pacientes renais, gerando um benefício que se estende para além da clínica, mas também para a sociedade e o meio ambiente.

1.2. Água na hemodiálise

A água é um recurso natural, essencial para o tratamento de pacientes renais crônicos e agudos em hemodiálise. O tratamento da água é um dos itens mais rigorosos, pois a qualidade da mesma afeta todo o 'staff' clínico. Os profissionais que atuam neste setor da medicina necessitam de muita segurança a respeito da qualidade da água, pois a mesma pode trazer mazelas intoleráveis aos pacientes, por exemplo, o acidente ocorrido no Instituto de Doenças Renais (IDR) em Caruaru, PE, em fevereiro de 1996 transformou a história e a prática clínica da hemodiálise. A contaminação com microcistina (uma toxina de cianobactérias) na água utilizada para hemodiálise ocasionou a morte de 65 pacientes. Este episódio trouxe várias lições à comunidade médica e a sociedade civil (COELHO, 1998).

No passado, a maior preocupação em clínicas de hemodiálise, era produzir água de qualidade que garantisse a segurança para o paciente. Experiências foram realizadas para a possível utilização de água potável para este tratamento, sem sucesso, outras técnicas de tratamento foram empregadas, até finalmente se consolidar o uso do processo de osmose reversa (SANCHES, 2008).

Com o domínio desta técnica, o tratamento para os pacientes renais, tornou se bem mais seguro. Contudo, este processo gera um desperdício de água bastante significativo e poucas clínicas reaproveitam a água descartada por este método de tratamento. Dados obtidos nesse trabalho mostram que para cada 2000 litros de água do permeado, cerca de 900 litros é descartado como rejeito, pelo processo de rejeição da membrana filtrante.

1.3. Osmose reversa

O fenômeno da osmose é de fundamental importância na natureza, sendo que o transporte seletivo através de membranas é essencial à vida e foi descrito pela primeira vez a mais de duzentos anos (SOARES, 2006). A osmose natural, vital para os sistemas biológicos, envolve a ação da água quando duas soluções de concentrações diferentes são separadas por uma membrana semipermeável, água pura fluirá, através da membrana, da solução menos concentrada em direção a mais concentrada, até que as duas soluções atinjam o equilíbrio. O fluxo se processa porque a solução menos concentrada encontra-se em um estado de energia maior. Neste ponto o nível da coluna de solução do lado da solução mais concentrada estará acima do correspondente à coluna do lado da solução mais diluída. A esta diferença entre colunas de solução denominou-se pressão osmótica (KRIEGER, 2016, p.3).

A Osmose Reversa é obtida por meio da aplicação mecânica de uma pressão superior a pressão osmótica do lado da solução mais concentrada. Água pura pode ser retirada de uma solução salina por meio de uma membrana semipermeável, contando que a solução em questão se encontre a uma pressão superior a pressão osmótica relativa à sua concentração salina. Na prática, isto é obtido pressionando-se a solução por meio de uma bomba e passando a solução em alta pressão por um vaso de pressão onde está contida a membrana, vaso este denominado de permeador, (OLIVEIRA, 2016). A Figura 1 ilustra o processo de OR:

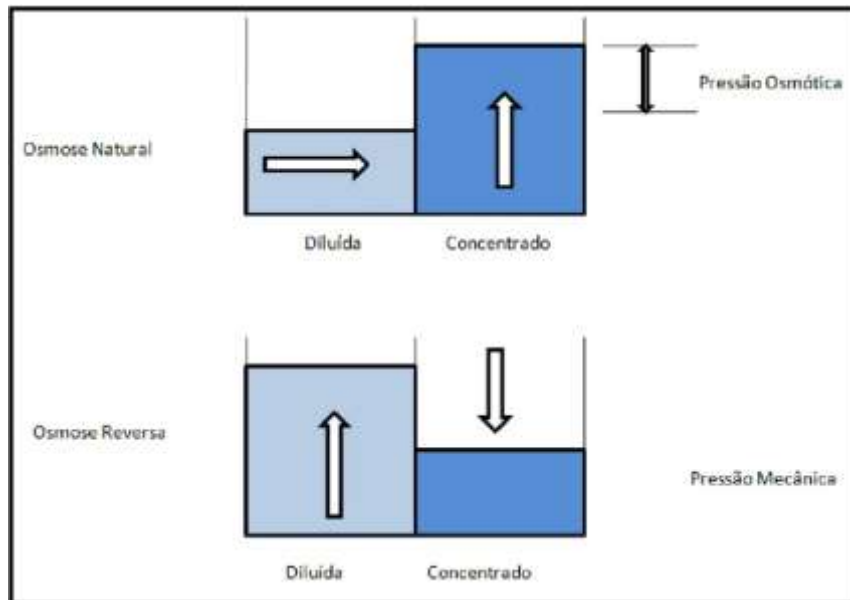


Figura 1. Fluxograma básico do processo de Osmose Reversa.

2. PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

2.1. Sala de tratamento de água

A sala de tratamento de água para hemodiálise do Hospital das Clínicas de Ribeirão Preto, foi construída conforme normas estabelecidas por órgãos competentes, toda revestida com azulejo, piso frio e com ar condicionado (BRASIL, 2014).

O tratamento de água tem início no sistema de pré-tratamento (veja Figura 2), passando pela coluna de filtro de areia, que tem a função principal de remover partículas suspensas, sendo capaz de remover partículas entre 25 e 100 μm de diâmetro. Em seguida a água entra no filtro de carvão ativado, que tem a função principal de adsorver cloretos, cloraminas

e substâncias orgânicas, além de eliminar odores e sabores na água. Posteriormente, a água passa pelo filtro abrandador que tem como função primordial a retirada de elementos químicos tais como: Ca, Mg e Fe presentes na água. Esse sistema foi constituído de resina catiônica fortemente ácida em ciclo de sódio. Após esse pré-tratamento a água passa pelo filtro de cartucho, capaz de remover partículas com tamanho $> 5 \mu\text{m}$ de diâmetro.

O sistema também foi composto por tanque salino, com capacidade de 180 kg de sal, para ciclo de regeneração de 290 m^3 para água de 30 mg/L de dureza total (Ca e Mg).

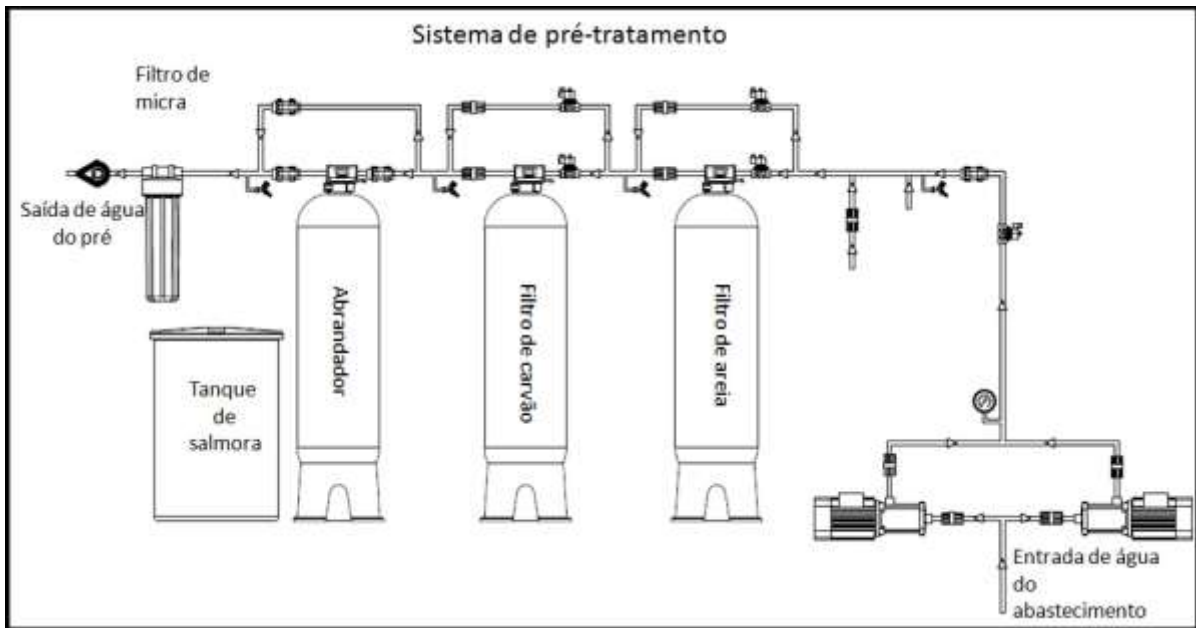


Figura 2. Fluxograma básico do pré-tratamento.

A água pré-tratada foi encaminhada por bomba de alta pressão para a membrana do primeiro passo do sistema de OR, produzindo água permeada para a membrana do segundo passo, e o rejeito do mesmo foi descartada para o esgoto. A água permeada da membrana do segundo passo foi encaminhada para a lâmpada de UV e em seguida foi direcionada para o sistema de distribuição que se estende em todos os equipamentos de hemodiálise,

retornado para o reservatório de 500 litros (Tanque Pulmão do Reuso). Contudo, quando o tanque está cheio, a água excedente é descartada para o esgoto. A água rejeitada pelo segundo passo é denominada de água recirculada, sendo direcionada para a entrada da membrana do primeiro passo juntamente com a água do pré-tratamento gerando 43 % de economia no índice de rejeito (Figura 3).

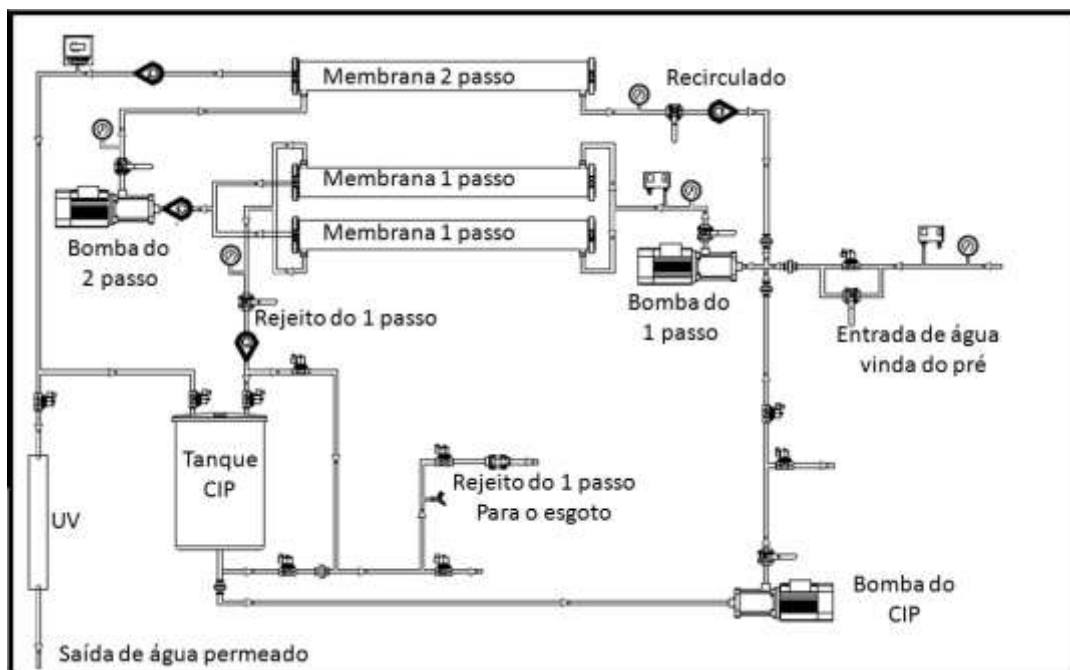


Figura 3. Fluxograma básico da Osmose Reversa.

A Figura 4 ilustra o fluxograma do sistema de OR e distribuição de água

permeada instalada no HCRP-USP sem o reaproveitamento.

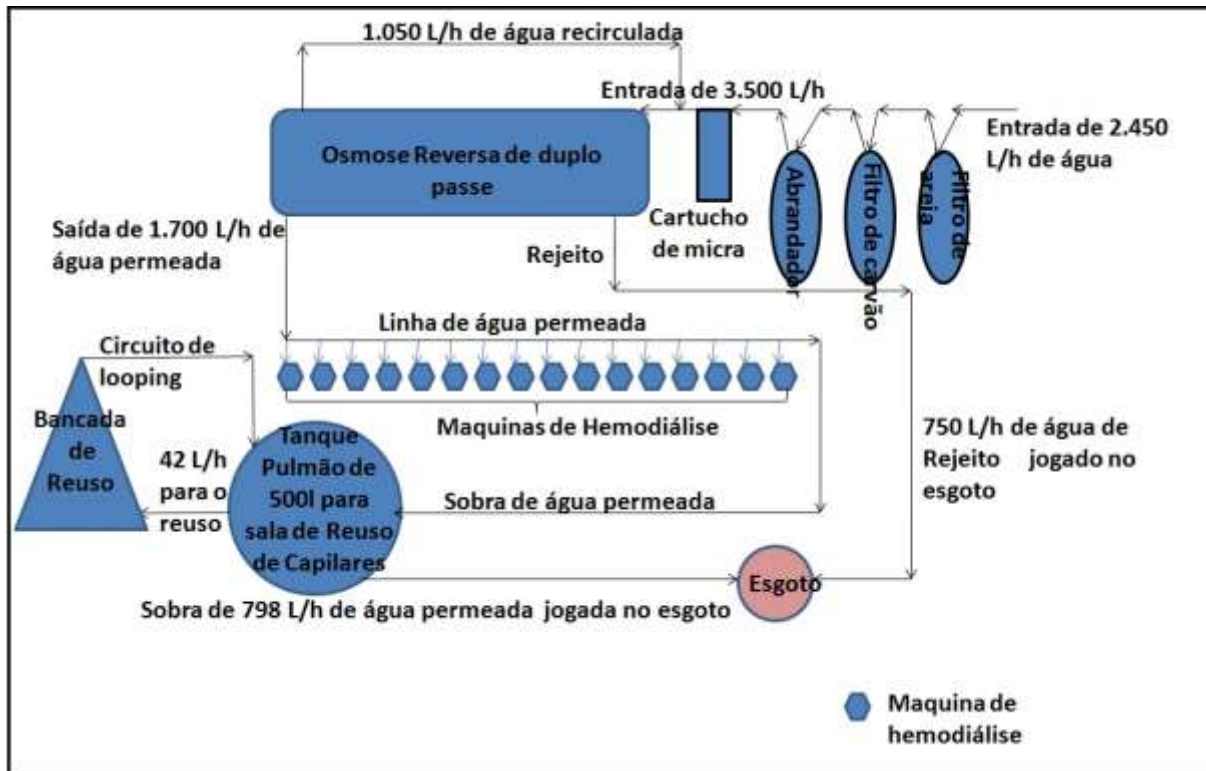


Figura 4. Fluxograma de tratamento e distribuição de água sem reaproveitamento.

2.2. Coleta e amostragem

Para as análises físico-químicas a água foi coletada no ponto de sobra do permeado e no caso do rejeito na entrada da caixa d'água central em frascos de 200 mL e condicionadas em caixa térmica, durante todo o período de análises. As amostras foram transportadas até o laboratório garantindo sua integridade e preservação, e no tempo necessário para que a análise ocorresse dentro da validade.

Antes da realização das coletas microbiológicas, o técnico colocou avental, óculo de proteção, máscara, gorro, lavou muito bem as mãos com água e sabão e depois fez a assepsia com álcool 70 % e em seguida colocou as luvas estéreis. Além disso, antes da coleta, as torneiras foram lavadas com álcool 70 % e algodão, e após a higienização das torneiras, o profissional deixou escorrer a água durante 3 minutos, logo após retirou a tampa do frasco de coleta juntamente com o plástico protetor, tomando precauções para evitar qualquer contaminação. Segurou o frasco verticalmente, próximo da base, e encheu,

sem encostar-se à torneira, deixando um espaço vazio de 2,5 a 5,0 cm do seu volume total para possibilitar a homogeneização correta da amostra.

As amostras de água para análise de endotoxinas e bactérias heterotróficas foram coletadas com frascos de 120 mL (estéreis e com pastilha de tiosulfato de sódio). Verificou-se a indicação da seta na borda da tampa do frasco de coleta e, com o polegar, pressionou a tampa para cima. Imediatamente, completou com a amostra de água até a marcação de 100 mL (indicada na lateral do frasco). Ao terminar a coleta, fechou a tampa com força e abaixou o lacre, localizado ao lado da indicação da seta, formando um vão. Passou por dentro do vão o fio de plástico e puxou para esquerda, até travar a tampa. O frasco não foi aberto até o momento da análise no laboratório.

Após a coleta, os frascos foram transportados na posição vertical em uma temperatura de $< 8^{\circ}\text{C}$ sem congelar.

2.3. Metodologia

O pH das amostras foi determinado pelo método da potenciometria direta, utilizando um pHmetro modelo SP3611-45 marca Spencer acoplado a um eletrodo combinado de vidro. Inicialmente o aparelho foi calibrado com solução-tampão padrão (Fosfato dibásico de sódio diidratado, fosfato monobásico de potássio - Digimed) pH = 6,86 a 25 °C. A condutividade foi determinada por um condutivímetro modelo CG2500 marca Gehaka pelo método condutométrico. A determinação da cor da água, as amostras foram comparadas sob fundo branco e preto e a determinação da turbidez, foram utilizados tubos de vidro transparente de

50 mL, com fundo chato, a água foi transferida e analisada sob fundo escuro e com o auxílio de luz direta.

As análises de cloro foram determinadas utilizando um colorímetro modelo Pockett II, marca Hach, com reagente Powder Pillows para cloro livre.

Os coliformes totais foram analisados pelo o método SMEWW 22a Ed., 2012 – 9223 B, e para a contagem padrão de bactérias heterotróficas e endotoxinas foi usado o método de CETESBL5 201 - 2006 teste de LAL/Pyrosate Associates of Cope, 2008.

Todas as amostras foram analisadas na temperatura ambiente de 25 ± 1 °C.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A primeira parte do trabalho foi verificar o consumo de água do sistema de OR do HCRP-USP, a Figura 5 mostra os dados obtidos nessa investigação. Os dados mostram que o volume mensal em metros cúbicos desta unidade foi de 2.520 m³, sendo que o volume de água descartada foi de 1.115 m³, ou seja, a somatória entre o volume do rejeito (540 m³) e da sobra da água permeada (575 m³) perfazendo um valor total de 63 % mensalmente. Baseado nos valores apresentados acima foi proposto à reutilização desta água com o objetivo de economizar um insumo essencial e fundamental, a água.

Em ordem de verificar a possível utilização da água permeada e do rejeito no sistema de abastecimento geral do hospital foram feitos diversos estudos com respeito à qualidade da água, tais como: parâmetros físico-químicos e biológicos. As Tabelas 1, 2 e 3 mostram os resultados obtidos dos parâmetros biológicos e as Tabelas 4, 5 e 6 os resultados dos parâmetros físico-químicos investigados.

De acordo com a portaria MS nº 2914 de 12/12/2011 e a RDC 11/2014 (BRASIL, 2011 e 2014) a contagem de bactérias heterotróficas prevê a determinação da densidade de bactérias capazes de produzir unidades formadoras de colônias (UFC), na presença de

compostos orgânicos contidos em meio de cultura apropriada, sob as condições pré-estabelecidas de incubação: $35,0 \pm 0,5$ °C por 48 horas. Na portaria MS nº 2914/11 (Capítulo V. Art. 28, parágrafo 1) observa-se a recomendação de coletas para a contagem de bactérias heterotróficas. Nele estão previstas a contagem a cada 20 % das amostras mensais para análise de coliformes totais. Sendo o valor de referência máximo não deva exceder a 500 unidades formadoras de colônia (UFC) por mL e no caso da RDC 11/2014 essa contagem não pode exceder em 200 UFC por mL. Assim, baseado nos dados obtidos de contagem padrão de bactérias heterotróficas a única água que podemos utilizar nesse momento foi a sobra de água permeada, pois se encontrava dentro dos parâmetros aceitáveis. Por outro lado, as análises biológicas mostraram que a água do rejeito apresenta altos níveis de bactérias heterotróficas, o qual não estava dentro dos limites estabelecidos tanto pela portaria MS nº 2914/11 quanto pela RDC 11/2014.

Além das análises biológicas foram feitos também análises físico-químicas da água conforme a portaria MS nº 2914/11, levando em consideração os parâmetros de: cloro = 0,2 a 2,0 mg/L; pH = 6,0 a 9,5; cor: VMP (valor médio padrão) = 15 UH e

turbidez (VMP) = 5 UT. Observar-se nos resultados apresentados na Tabela 4 os valores obtidos para a concentração de cloro na água da caixa central estava dentro do padrão estabelecido pela portaria MS nº 2914/11, mesmo após a adição da sobra da água permeada. Antes da diluição os valores observados foram de 0,5-0,8 mg/L e após a diluição os mesmos se encontravam no intervalo estabelecido pela portaria. Assim podemos inferir que o uso da sobra de água permeada junto à caixa central foi um procedimento aceitável, pois

não altera a qualidade da água de abastecimento do HCRP-USP.

A Figura 5 mostra a porcentagem de diluição na caixa central. A caixa central recebe mensalmente 79.200 m³ de água, levando em consideração o volume da sobra de água permeada mensalmente do sistema de OR (575 m³) a porcentagem de diluição obtida é de somente 0,73 %, valor esse muito pequeno que não afeta a qualidade da água da caixa central de abastecimento do HCRP-USP mesmo após o procedimento de diluição.

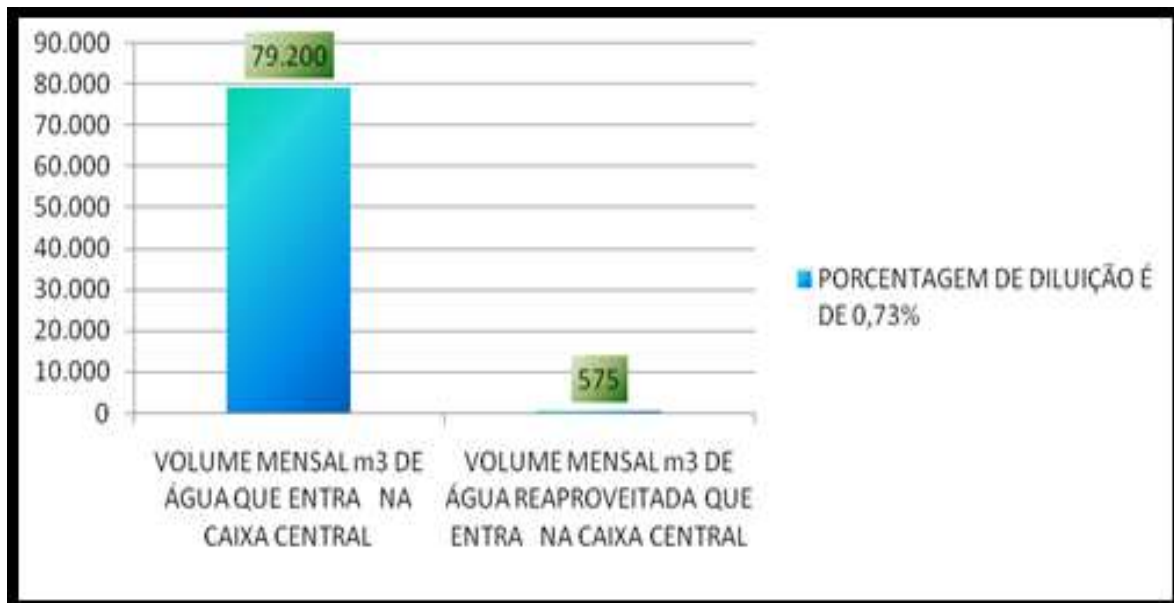


Figura 5. Porcentagem de diluição entre a água reaproveitada e a água da caixa central.

Tabela 1. Caixa da água central*.

Ensaio	Resultado	Unidade	Limite aceitável (L1)	LQ	Método
Coliformes Totais (ac)	Ausente	A/P	Ausente		SMEWW 22a ed., 2012 - 9223 B
Contagem Padrão de Bactérias Heterotróficas (ac)	<1	UFC/mL	100	1	CETESB L5. 201, 2006 Teste de LAL / Pyrosate Associates of Cope, 2008
Endotoxinas (ac)	>0,25	EU/ml	0,25	0,25	Associates of Cope, 2008

*Temperatura da água analisada = 25 ± 1 °C.

Tabela 2. Rejeito*.

Ensaio	Resultado	Unidade	Limite aceitável (L1)	LQ	Método
Coliformes Totais (ac)	Ausente	A/P	Ausente		SMEWW 22a ed., 2012 - 9223 B
Contagem Padrão de Bactérias Heterotróficas (ac)	1140	UFC/mL	100	1	CETESB L5. 201, 2006 Teste de LAL / Pyrosate Associates of Cope, 2008
Endotoxinas (ac)	>0,25	EU/mL	0,25	0,25	Associates of Cope, 2008

*Temperatura da água analisada = 25 ± 1 °C.

Tabela 3. Sobra do permeado*.

Ensaio	Resultado	Unidade	Limite aceitável (L1)	LQ	Método
Coliformes Totais (ac)	Ausente	A/P	Ausente		SMEWW 22a ed., 2012 - 9223 B
Contagem Padrão de Bactérias Heterotróficas (ac)	<1	UFC /mL	100	1	CETESB L5. 201, 2006 Teste de LAL / Pyrosate Associates of Cope, 2008
Endotoxinas (ac)	<1	EU/mL	0,25	0,25	2008

*Temperatura da água analisada = 25 ± 1 °C.

Tabela 4. Resultados das análises da amostra da água da caixa d'água central*.

Data	Cloro (mg/l)	pH	Turbidez (UT)	Cor (UH)	Sabor	Odor	Condutividade/ mScm ⁻¹
01/mar	0,72	5,99	Zero	Zero	Insípido	Inodoro	Não testada
02/mar	0,83	5,71	Zero	Zero	Insípido	Inodoro	Não testada
03/mar	0,62	5,97	Zero	Zero	Insípido	Inodoro	Não testada
04/mar	0,65	5,81	Zero	Zero	Insípido	Inodoro	Não testada
05/mar	0,71	5,73	Zero	Zero	Insípido	Inodoro	Não testada
06/mar	0,69	5,84	Zero	Zero	Insípido	Inodoro	Não testada
07/mar	0,57	5,94	Zero	Zero	Insípido	Inodoro	Não testada
08/mar	0,51	5,89	Zero	Zero	Insípido	Inodoro	Não testada
09/mar	0,63	5,98	Zero	Zero	Insípido	Inodoro	Não testada
10/mar	0,68	5,86	Zero	Zero	Insípido	Inodoro	Não testada

* [Cl] antes da diluição foi de 0,5-0,8 mg/L; Temperatura da água analisada = 25 ± 1 °C.

Tabela 5. Resultados das análises da amostra de rejeito*.

Data	Cloro (mg/l)	pH	Turbidez (UT)	Cor (UH)	Sabor	Odor	Condutividade/ mScm ⁻¹
01/mar	0	6,69	Zero	Zero	Insípido	Inodoro	1,12
02/mar	0	6,71	Zero	Zero	Insípido	Inodoro	1,12
03/mar	0	6,47	Zero	Zero	Insípido	Inodoro	1,12
04/mar	0	6,51	Zero	Zero	Insípido	Inodoro	1,12
05/mar	0	6,43	Zero	Zero	Insípido	Inodoro	1,12
06/mar	0	6,64	Zero	Zero	Insípido	Inodoro	1,12
07/mar	0	6,34	Zero	Zero	Insípido	Inodoro	1,12
08/mar	0	6,69	Zero	Zero	Insípido	Inodoro	1,12
09/mar	0	6,58	Zero	Zero	Insípido	Inodoro	1,12
10/mar	0	6,56	Zero	Zero	Insípido	Inodoro	1,12

*Temperatura da água analisada = 25 ± 1 °C.

Tabela 6. Resultados das análises físico-químicas das amostras da sobra de permeado*.

Data	Cloro (mg/l)	pH	Turbidez (UT)	Cor (UH)	Sabor	Odor	Condutividade/ mScm ⁻¹
01/mar	0	5,99	Zero	Zero	Insípido	Inodoro	92
02/mar	0	5,71	Zero	Zero	Insípido	Inodoro	92
03/mar	0	5,97	Zero	Zero	Insípido	Inodoro	92
04/mar	0	5,81	Zero	Zero	Insípido	Inodoro	92
05/mar	0	5,73	Zero	Zero	Insípido	Inodoro	92
06/mar	0	5,84	Zero	Zero	Insípido	Inodoro	92
07/mar	0	5,94	Zero	Zero	Insípido	Inodoro	92
08/mar	0	5,89	Zero	Zero	Insípido	Inodoro	92
09/mar	0	5,98	Zero	Zero	Insípido	Inodoro	92
10/mar	0	5,86	Zero	Zero	Insípido	Inodoro	92

*Temperatura da água analisada = 25 ± 1 °C.

A Figura 6 ilustra o fluxograma do sistema de OR com a adaptação para o reaproveitamento da sobra de água permeada e do futuro sistema de

reaproveitamento do rejeito. Assim verifica-se que por hora temos um reaproveitamento de água permeada de 798 L. Futuramente, com a construção do

segundo sistema para o rejeito temos um reaproveitamento de 750 L/h, perfazendo um total de reaproveitamento de água de 1.548 L/h.

A Figura 7 mostra os dados obtidos sobre o volume mensal de água tratada pelo sistema de OR sem a instalação do

sistema de reaproveitamento de água (Fig. 7A) e com a instalação (Fig. 7B). Com a instalação do sistema de reaproveitamento da sobra da água permeada o sistema passou a ter um reaproveitamento de 52 % de água descartada, ou seja, toda sobra de água permeada foi reutilizada.

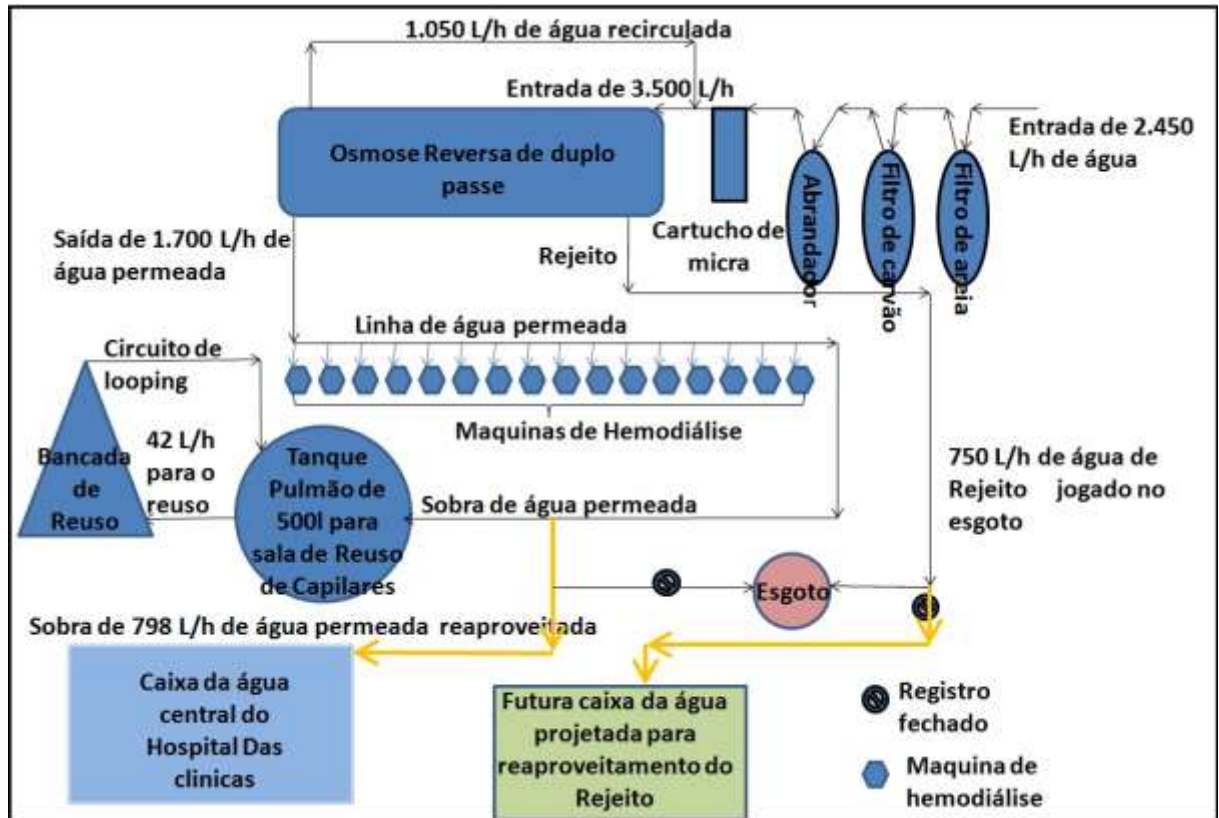
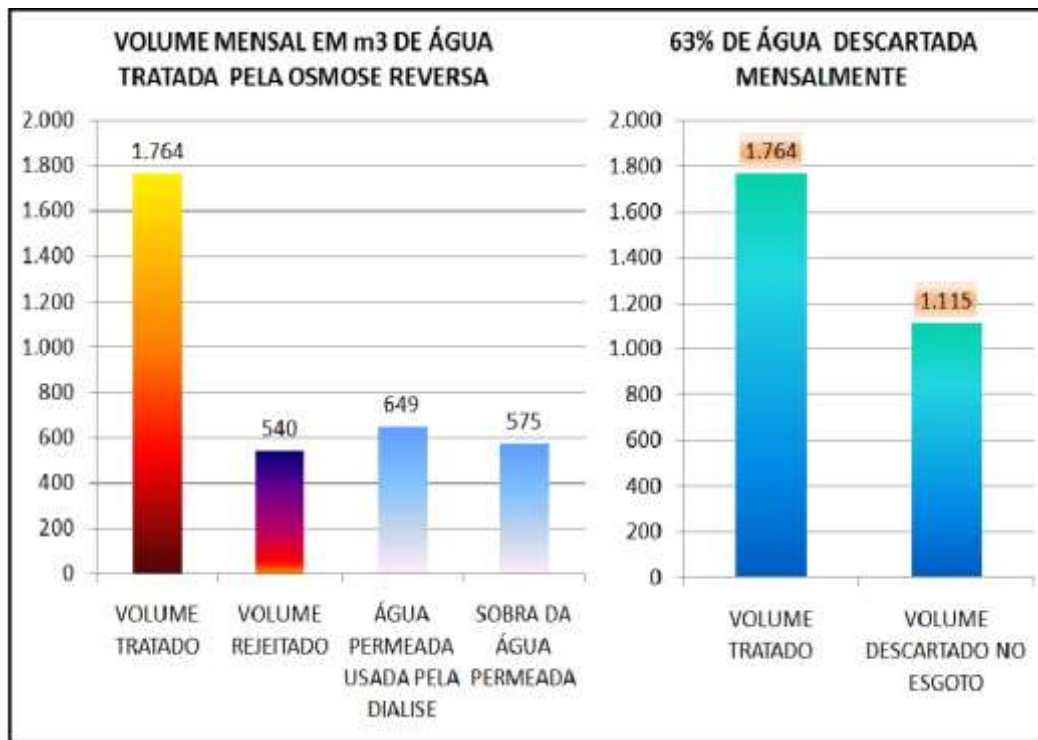


Figura 6. Fluxograma de tratamento e distribuição de água com reaproveitamento.



(A)



(B)

Figura 7. (A) Parâmetros volumétricos do sistema de OR sem reaproveitamento. (B) Parâmetros volumétricos obtidos após instalação do sistema de reaproveitamento de água permeada.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho foi realizado um estudo sobre a qualidade da sobra de água permeada e do rejeito de um sistema de OR do HCRP-USP. Os parâmetros físico-

químicos e biológicos para a sobra de água permeada mostraram que é possível utilizar a água permeada diretamente na caixa central do HCRP-USP, pois os dados

obtidos encontram dentro do estabelecido pela portaria MS nº 2914/11 e RDC 11/2014. Por outro lado, as análises executadas para o rejeito mostraram que o mesmo tinha uma quantidade elevada de bactérias heterotróficas, o que impossibilitava a sua utilização na mesma caixa de abastecimento. Desta forma, foi construído um sistema de tubulação e válvula para desviar a sobra água permeada, que era até então direcionada para o esgoto, para a caixa central do HCRP-USP. Assim conseguimos fazer as mudanças com pouquíssimo custo (5.809,43 reais) e ter uma economia de 575 m³ de água mensal, que corresponde a uma economia de 51 % do total que seria jogado no esgoto.

As análises físico-químicas do rejeito mostraram que o mesmo atende a maioria dos parâmetros da portaria MS nº 2914/11. A análise demonstrou também que a

qualidade da água rejeitada atendia, em boa parte a RDC 11/2014, sendo esta mais rigorosa nos limites permitidos. O fato da água do rejeito do sistema de OR apresentar tal qualidade demonstra a eficiência do processo de pré-tratamento, composto por filtro multi-meios, filtro KDF e abrandador. Para o reuso da água rejeitada do sistema de OR foi escolhido construir uma caixa da água para que ela fosse usada na limpeza de calçadas, carrinhos de lixo e para a irrigação dos jardins. No que se refere ao estudo para reutilização da água do rejeito do sistema de OR foi possível constatar que 31 % da água consumida no sistema de tratamento são rejeitados, o que significa que até que seja implantado o sistema de reaproveitamento deste rejeito, aproximadamente 540 m³ de água é desprezada no esgoto mensalmente.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. **Protocolo das Ações de Vigilância Sanitária**. 2007. Disponível em:

<http://www.anvisa.gov.br/hotsite/pdvisa/protocolo_acao.pdf>. Acesso em: 19 de maio. 2016.

BOTELHO, Cláudio, Gouvêa; Campos, Cláudio, Montenegro. **Recursos naturais renováveis e impacto ambiental**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2001. 142f. Curso de Pós Graduação “Latu Sensu” (Especialização) a distância: Gestão e manejo ambiental em sistemas agrícolas.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Resolução nº 11, de 13 de março de 2014**. Disponível em: <http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2014/rdc0011_13_03_2014.pdf>. Acesso em: 08 de agosto. 2016.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria MS nº 2914, de 12 de dezembro de 2011**.

Disponível em: <http://www.anvisa.gov.br/hotsite/pdvisa/protocolo_acao.pdf>. Acesso em: 28 de julho. 2016.

COELHO S. N. **A Água de Caruaru**. Revista Medicina OnLine. v. I. n.3, jul.ago.set, 1998. Disponível em: <<http://www.Medonline.com.br>>. Acesso em: 02 de janeiro. 2016.

DIAS, E. U. **Uso racional da água na atividade cafeeira**: Musambinho. 2008. 38 f. Trabalho de conclusão do Curso Superior de Tecnologia da Cafeicultura (Graduação). Escola Agrotécnica Federal de Muzambinho, Musambinho, 2008. Disponível em: <http://www.muz.ifsuldeminas.edu.br/attachments/221_uso_racional_agua_atividade_cafeeira.pdf>. Acesso em: 29 de janeiro. 2016.

FERREIRA, R. Q.; RIBEIRO, J.; BARTHUS, R. C. **Química Ambiental**. 1ª ed. Vitória: Gráfica e Editora GSA, 2013.

KRIEGER, E. J. **Guia prático para manutenção em equipamentos de Osmose Reversa**. Curitiba: PERMUTION, 2016. 16p.

OLIVEIRA, T; CARVALHO, R. P. A. **Soluções em engenharia de tratamento de água kurita**. Disponível em: <http://www.kurita.com.br/adm/download/Osmose_Reversa.pdf>. Acesso em: 08 de maio. 2016.

SANCHES, L. A. H. **Reuso de água em Hospitais: O caso do hospital Santa Casa de Misericórdia de Itajubá**. Itajubá, 2008. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI). Disponível em: <<http://www.saturno.unifei.edu.br/bim/0033481.pdf>>. Acesso em: 01 de maio. 2016.

SOARES, T; SILVA, I.; DUARTE, S.; SILVA, E. **Destinação de águas residuárias provenientes do processo de dessalinização por osmose reversa**. Campina Grande, PB, DEAG/UFCG, 2006. Disponível em <http://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v10n3/v10n3a28.pdf>, acesso em 09/08/2016.

WHO. World Health Organization and UNICEF Joint Monitoring Programme (JMP). (2015) **Progress on Drinking Water and Sanitation**, 2015 Update and MDG Assessment. Disponível em: http://www.wssinfo.org/fileadmin/user_upload/resources/JMP-Update-report-2015_English.pdf. Acesso em 08 de agosto. 2016.