



COMPORTAMENTOS DE PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS E MICROBIOLÓGICOS NA PURIFICAÇÃO DE ÁGUA ATRAVÉS DE PROCESSO DE DESTILAÇÃO SOLAR

Y. G. PEDDE¹, M. FUSSIEGER² e C. A. NASCIMENTO³

¹ Universidade Feevale, Graduando de Engenharia Química e Bolsista FAPERGS

² Universidade Feevale, Graduanda de Engenharia Química

³ Universidade Feevale, Instituto de Ciências Exatas e Tecnológicas (ICET)

E-mail para contato: yuriprofissional16@gmail.com; nascimento@feevale.br

RESUMO – A água é essencial tanto para a vida do ser humano quanto para a maioria dos processos que o cercam. Consequentemente, o consumo de água tratada, de qualidade, é um importante fator para a erradicação de doenças transmitidas por vírus e bactérias. A destilação solar é um processo de uso simplificado, de baixo custo, o qual permite purificar água, tornando-a própria para consumo humano. Assim, esse estudo verificou o comportamento de parâmetros físico-químicos e microbiológicos da água de três matrizes (subterrânea, superficial e da chuva) de acordo com os valores máximos permitidos da Portaria de Consolidação nº 05/2017 do Ministério da Saúde do Brasil, antes e depois do processo de destilação solar. Entre os parâmetros avaliados estão: turbidez, cor aparente, dureza, Cálcio, Magnésio e *Escherichia coli*. Para a realização dos ensaios observou-se o estabelecido em Standard Methods For The Examination of Water and Wastewater. Pode-se observar que, com exceção de uma amostra avaliada, após o processamento, encontraram-se dentro dos valores máximos permitidos pelo Anexo XX da Portaria citada.

1. INTRODUÇÃO

Com o intuito de satisfazer as necessidades hídricas, já que a água é um importante elemento na manutenção da vida e sua apropriada qualidade é imprescindível, buscou-se por novos recursos e processos de tratamento da mesma para consumo humano. Em áreas do meio rural, a partir dos estudos já realizados no Brasil, evidenciou-se a utilização de fontes de abastecimento humano sem tratamento, o que ocasiona o aumento de doenças causadas por vírus e bactérias (AL-HINAI, 2002; NUNES, 2010; PINTO, 2010; SATAKE et al., 2012).

Atualmente já existem muitas tecnologias de tratamento capazes de eliminar tais microrganismos. O custo dessas, entretanto, é, normalmente, muito elevado, o que impossibilita sua aplicação para abastecimentos individuais ou de pequenas comunidades (CRABTREE; LEWIS, 2007).

A utilização de destiladores solares para tratamento de água em pequenas propriedades rurais, torna-se, devido ao seu baixo custo, com equipamentos de uso simplificado, uma das melhores alternativas. Praticamente sem custos operacionais, purifica a água contaminada ou salgada, tornando-a própria para o consumo humano (HANSON et al., 2004).

1.1. Qualidade da água e sua importância

A água constitui componente indispensável à existência da vida em todas as suas formas, embora, atualmente, a disponibilidade de água na natureza seja insuficiente para atender à demanda (VON SPERLING, 2005). No Brasil, existe grande diversidade geológica e climática, o que gera uma considerável rede hidrológica. Essa distribuição de recursos, entretanto, não é uniforme no território nacional (ANA, 2013; TUCCI, 2001).

No meio rural, em média, 32% da população é a que tem acesso à água canalizada, o que não é garantia de água tratada e potável, deixando essa população vulnerável a doenças (FUNASA, 2015). A falta de redes de abastecimento no meio rural leva as pessoas destas áreas à utilização de soluções alternativas individuais para suprir suas necessidades, porém, na maioria dos casos, estas fontes não são seguras, devido à sua contaminação. Além disto, a escolha de tecnologias de tratamento inadequadas ou a falta de manutenção dos sistemas pode levar a um baixo desempenho dos mesmos (WEGELIN et al., 1994; TUCCI, 2001).

Para estabelecer um padrão de potabilidade de água para consumo humano, criaram-se legislações de qualidade e potabilidade da água, responsáveis por apresentarem parâmetros e seus valores de referências, no que diz respeito às características físicas, químicas e biológicas da água (VON SPERLING, 2005).

A Portaria de Consolidação nº 05/2017 do Ministério da Saúde do Brasil, traz em seu Anexo XX, os procedimentos para controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seus padrões de potabilidade (físicos, químicos e microbiológicos) (BRASIL, 2017).

2. OBJETIVOS

O objetivo deste estudo foi verificar o comportamento de parâmetros físico-químicos e microbiológicos, em unidade domiciliar, na purificação de água para consumo humano, através de destilação solar. Mais especificamente, monitorar o comportamento das concentrações de parâmetros provindos de água de três diferentes matrizes (subterrânea, superficial e da chuva). Esses parâmetros são: turbidez e cor, dureza total, cálcio, magnésio e cloretos, além de quantificar bactérias *E. coli*. Por fim, foram comparados os resultados dos parâmetros obtidos com os valores máximos permitidos no Anexo XX da Portaria de Consolidação do Ministério da Saúde nº 05/2017.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Esse estudo foi caracterizado como quantitativo e qualitativo, sendo os dados quantificados de amostras representativas, utilizando-se a contagem e estatística para

estabelecer os padrões e estes poderão ser generalizados para outras regiões (FONSECA, 2002; SAMPIERI; COLLADO; LUCIO, 2006).

O equipamento chamado de destilador solar, consiste em um tanque raso com uma tampa de vidro transparente, onde a radiação solar atravessa o vidro e aquece a água, iniciando o processo de evaporação, onde vapor d'água sobe, condensa em contato com o vidro mais frio, e a água destilada escorre até ser capturada por uma canaleta, deixando para trás os sais, outros minerais e a maioria das impurezas, incluindo microrganismos nocivos à saúde (SOARES, 2004).

As amostras foram provenientes de três matrizes, sendo a primeira de água subterrânea de poço tubular profundo, localizado junto à Universidade Feevale, em Novo Hamburgo, a segunda de água superficial coletada do Rio dos Sinos no ponto de captação de água para consumo humano do município de Taquara, localizada a 36Km de Novo Hamburgo e a terceira de água da chuva coletada em um reservatório após passar por um telhado, sem a presença de filtro.

O ensaio de coloração foi realizado através do equipamento colorímetro ou medidor de cor portátil DM-COR, previamente calibrado de acordo com o método Standard 2120 B (APHA, 2012). Já o ensaio de turbidez foi realizado através de turbidímetro, previamente calibrado de acordo com o método Standard 2130 B (APHA, 2012). A determinação da dureza total foi através do método Standard 2340 C, que consiste em uma titulação complexométrica em meio tamponado, usando o ácido etilenodiaminotetracético (EDTA) como titulante e negro de eriocromo T, como indicador (APHA, 2012).

Para a determinação de Cálcio e Magnésio, foi utilizado um espectrômetro de absorção atômica. As análises foram realizadas de acordo com o método Standard 3111 D e 3111 B, respectivamente (APHA, 2012). O ensaio de cloretos foi realizado por cromatografia iônica de acordo com o método Standard 4500 Cl⁻ (APHA, 2012).

A determinação microbiológica foi realizada através da contagem de *Escherichia coli*, pela metodologia (figura 6) de substrato definido, utilizando-se o kit comercial Colilert® Quanty-Tray/2000, indicado na Seção 9223 B do método Standard (APHA, 2012).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O Quadro 1 identifica a matriz de cada amostra e sua situação em relação a destilação, isto é, se já foi processada pelo equipamento ou ainda é água bruta, através da nomeação das amostras. Além disso, evidencia as datas da coleta da água bruta e as datas de cada ensaio para tornar-se processada.

Quadro 1 – Datas das coletas e dos ensaios com a identificação da amostra de água bruta ou processada

Matriz	Data da coleta	Data do ensaio	Bruta	Processada
Subterrânea	08/07/2018	09/07/2018	PB1	PP1
Subterrânea	10/09/2018	11/09/2018	PB2	PP2
Superficial	26/08/2018	27/08/2018	RSB1	RSP1
Superficial	15/10/2018	16/10/2018	RSB2	RSP2

Chuva	30/07/2018	31/07/2018	CB1	CP1
Chuva	01/10/2018	02/10/2018	CB2	CP2

A Tabela 1 indica os resultados da destilação solar quanto à quantificação dos parâmetros em relação as amostras de cada matriz, ou seja, indica a quantidade de cada parâmetro antes e depois do processo de destilação.

Pode-se observar que todas as amostras, menos a amostra do dia 2/10 (por cor aparente), após o processamento encontraram-se dentro dos valores máximos permitidos pelo Anexo XX da Portaria de Consolidação nº 05/2017, a partir da Tabela 1, enquanto na Tabela 2 encontram-se os resultados antes do processamento.

Tabela 1 - Resultados de todas as amostras processadas nas matrizes subterrânea, superficial e chuva

Parâmetro	Subterrânea		Superficial		Chuva		LQ*	VMP**
	9/7	11/9	27/8	16/10	31/7	2/10		
Turbidez (NTU)	1,593	1,46	0,728	1,29	0,777	2,383	0,1	5
Cor aparente (mg Pt-Co L ⁻¹)	<LQ	11,4	<LQ	9,4	6,8	16,5	6,4	15
Dureza (mg CaCO ₃ L ⁻¹)	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	6,62	500
Cálcio (mg L ⁻¹)	2,301	1,716	1,39	1,065	1,867	1,702	0,021	-
Magnésio (mg L ⁻¹)	0,773	0,039	<LQ	<LQ	<LQ	0,149	0,003	-
Cloreto (mg L ⁻¹)	10,822	1,7	1,39	2	3,3	3,3	1,541	250
<i>E. coli</i> (NMP/100ml)	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	1	1

*<LQ= <Limite de Quantificação;

**VMP= Valor máximo permitido.

Tabela 2 – Quantificação das amostras antes do processamento da água de cada matriz

Parâmetro	Subterrânea		Superficial		Chuva	
	9/7	11/9	27/8	16/10	31/7	2/10
Turbidez (NTU)	0,141	0,468	157,667	10,133	1,64	1,54
Cor aparente (mg Pt-Co L-1)	<LQ	<LQ	301,3	50,3	28,2	32,3
Dureza (mg CaCO ₃ L-1)	194,16	199,24	22,38	17,76	15,18	<LQ
Cálcio (mg L-1)	49,72	38,721	4,451	4,729	2,727	1,429
Magnésio (mg L-1)	17,82	16,715	2,185	3,165	0,911	0,472
Cloreto (mg L-1)	17,136	10,7	4,451	7,1	5,1	5,2
<i>E. coli</i> (NMP/100ml)	<LQ	<LQ	24000	2400	58	23

Os valores de turbidez, para a água bruta subterrânea já se encontravam dentro do valor máximo permitido pela Portaria. Na amostra RSB1, houve uma redução de turbidez aproximada de 93,40% e na amostra RSB2 uma redução aproximada de 87,27%, que para Von Sperling (2005) é um indicativo de diminuição de sólidos suspensos, algas e outros microrganismos uma vez que ocorreu uma redução no parâmetro. Já nas amostras CP1 e CP2 os valores de remoção

não foram relevantes, devido às amostras CB1 e CB2 terem concentrações baixas de turbidez e dentro dos padrões estabelecidos pela portaria.

E para os valores de turbidez da água subterrânea processada não se pode traçar esse comparativo de remoção, uma vez que ocorreu um pequeno aumento das amostras PP1 e PP2 em relação às amostras PB1 e PB2, isso pode ter ocorrido segundo Matos (2003) pela agitação da amostra no momento da análise.

Em relação ao parâmetro cor, todas as amostras processadas encontram-se dentro do padrão estabelecido pela Portaria, onde o valor máximo permitido é de 15 mg Pt-Co L⁻¹

Em relação ao Cálcio, ocorreram remoções aproximadas de 95,37% na amostra PB1, 95,57% PB2, 68,77% RSB1, 77,48% RSB2, 31,54% CB1 e um aumento de 19,10% na amostra CB2. Esse aumento pode estar relacionado com um erro no ensaio, ou contaminação da amostra durante o manuseio da coleta. Pode-se observar que os percentuais de remoção estão relacionados com a concentração inicial de cálcio na água bruta, sendo superiores nas amostras PB1 e PB2, posteriormente nas amostras RSB1 e RSB2 e menores nas amostras CB1 e CB2.

Para o magnésio, Ocorreram remoções aproximadas de 95,66% na amostra PB1, 99,77% PB2, 99,91% RSB1, 99,94% RSB2, 99,78% CB1 e 99,58% CB2. Pode-se observar que os percentuais de remoção são relativamente altos em todas as amostras, independente das concentrações na água bruta, sendo que quase ocorre a remoção total do parâmetro após o processamento.

Em relação ao parâmetro cloretos, todas as amostras processadas encontram-se dentro do padrão estabelecido pela Portaria. Pode-se observar que os percentuais de remoção não são homogêneos nas amostras PB1 e PB2. Já as amostras RSB1 e RSB2 mesmo em concentrações diferentes tiveram seus percentuais de remoção bem próximos e relativamente altos se comparados às amostras CB1 e CB2 que mostraram um comportamento praticamente igual.

Para o parâmetro dureza, ocorreram remoções aproximadas de 96,60% na amostra PB1, 96,68% PB2, 70,46% RSB1, 62,78% RSB2, 56,45% CB1, enquanto não tenha sido possível, relação a amostra CB2, determinar o percentual de remoção por já estar abaixo do limite de quantificação. Neste parâmetro não se pode relacionar o percentual de remoção com a concentração inicial das amostras, sendo que todas elas tiverem uma remoção inferior ao limite de quantificação de 6,62 mg CaCO₃ L⁻¹, mostrando então, que este parâmetro será reduzido em casos de águas com teores de dureza dura, mole ou branda.

Quanto a bactéria *Escherichia coli*, todas as águas analisadas após o processamento (tabela 8) encontraram-se abaixo do limite de detecção do método analítico (<1NMP/100mL), apresentando-se de acordo com os padrões estabelecidos pelo Anexo XX da Portaria de Consolidação nº 05/2017, onde deve ser ausente em 100mL.

5. REFERÊNCIAS

AL-HINAI, H.; AL-NASSRI, M.S.; JUBRAN, B.A. Effect of climatic, design and operational parameters on the yield of a simple solar still. Energy Conversion and Management, v. 43, p. 1639–1650. 2002.

NUNES, A.P. et al. Qualidade da água subterrânea e percepção dos consumidores em propriedades rurais. *Revista Nucleus.*, v.7, n. 2, out. 2010.

PINTO, F. R. et al. Características da água de consumo animal na área rural da microbacia do córrego rico, Jaboticabal, SP. *Ars Veterinaria*, Jaboticabal, v. 26, n. 3, p.153-159, ago. 2010.

SATAKE, F.M., ASSUNÇÃO, A. W. A., LOPES, L.G., AMARAL, L. A. Qualidade da água em propriedades rurais situadas na bacia hidrográfica do córrego rico, Jaboticabal. SP. São Paulo, *ArsVeterinaria*, v. 28, n. 1, p. 48-55, 2012.

CRABTREE, George W.; LEWIS, Nathan S. Solar energy conversion. American Institute of Physics, *Physics Today*, March 2007.

HANSON, A. et al. Distillate water quality of a single-basin solar still: laboratory and field studies. *Solar Energy*, v. 76, p. 635–645. 2004.

TUCCI, Carlos E. M. Gestão da água no Brasil. Brasília: UNESCO, 2001. 156 p.

VON SPERLING, Marcos. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. 3. ed. Belo Horizonte, MG: DESA - UFMG, 2005. 452 p. (Princípios do tratamento biológico de águas residuárias; v. 1)

ANA (Brasil). Relatório de Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil. Brasil: Agência Nacional das Águas, 2013.

FUNASA. Manual de Saneamento. 4. ed. rev. Brasília: Fundação Nacional de Saúde, 2015.

WEGELIN, M. et al. Solar water disinfection: scope of the process and analysis of radiation experiments. *Aqua: Journal of Water Supply Research and Technology*, v. 43, p.154-169. 1994.

APHA, 2012. Standard Methods For The Examination Of Water And Wastewater, 22nd Ed.: American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation. Washington, DC.

SOARES, Clarissa. Tratamento de água unifamiliar através da destilação solar natural utilizando água salgada, salobra e doce contaminada. 2004. 110p. Dissertação de Mestrado em Engenharia Ambiental. Universidade Federal de Santa Catarina – SC.

FONSECA, J. J. S. Metodologia da pesquisa científica. Fortaleza: UEC, 2002. Apostila.

SAMPIERI, Roberto Hernández; COLLADO, Carlos Fernández; LUCIO, Pilar Baptista. Metodologia de pesquisa. 3. ed. São Paulo: McGraw-Hill, 2006.

LIBANIO, Marcelo. Fundamentos de qualidade e tratamento de água. [2. ed.] São Paulo, SP: Átomo, [2008].

LION, C. A. P. Q., Construção e análise de desempenho de um fogão solar à concentração utilizando dois focos para cozimento direto. 2007. Dissertação de Mestrado em Engenharia Mecânica. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal - RN.

BRASIL. Portaria de Consolidação Nº 5, de 28 de setembro de 2017. Consolidação das normas sobre as ações e os serviços de saúde do Sistema Único de Saúde. Brasil, Disponível em: <<https://alimentusconsultoria.com.br/wp-content/uploads/2017/12/Portaria-de-Consolidação-nº-5.pdf>>. Acesso em: 20 mar. 2018.