

O EXTRATO DE SEMENTES de *Moringa oleifera* E RADIAÇÃO SOLAR NO TRATAMENTO DE ÁGUA DESTINADA AO CONSUMO HUMANO

USING *Moringa oleifera* SEED EXTRACT AND SOLAR RADIATION IN THE TREATMENT OF WATER INTENDED FOR HUMAN CONSUMPTION

M. J. RODRIGUES¹; L. S. S. BARROS^{2*}

RESUMO

Avaliar a qualidade microbiológica de amostras de água em comunidades que utilizam águas de fontes alternativas para o consumo humano, utilizando extrato de sementes de *Moringa oleifera* e radiação solar, além de fornecer subsídios para o uso destes tratamentos. MÉTODOS: O método dos tubos múltiplos foi utilizado para determinar o número mais provável de coliformes totais e termotolerantes e a quantificação de microrganismos mesófilos em nove amostras de água provenientes de fontes alternativas (poços). Tais amostras foram obtidas na cidade de Cruz das Almas, localizada na região do Recôncavo, no estado da Bahia, Brasil. RESULTADOS: O número de amostras da água tratadas com sementes de moringa e expostas ao sol por duas, cinco e doze horas apresentaram redução nas concentrações de CT/CF de 1,52 log (56,51%), 1,88 log (64,83%) e de 2,14 log (71,33%), respectivamente. Já a taxa de redução para os microrganismos mesófilos após exposição ao sol de duas, cinco e doze horas foram respectivamente de 0,24 log (11,60%), 0,18 log (10,11%) e de 1,25 log (65,78%). CONCLUSÕES: A radiação solar foi eficiente na remoção bacteriana, porém usada concomitantemente com o extrato das sementes de *Moringa oleifera* não foi eficiente para reduzir a carga de coliformes termotolerantes a zero. Apenas a redução dos microrganismos mesófilos alcançou os níveis determinados por lei.

PALAVRAS-CHAVE: Coliformes. Desinfecção solar. *Escherichia coli*. Microbiologia. Qualidade da água. Sementes.

SUMMARY

AIM: To evaluate the microbiological quality of water samples in communities that use alternative sources of water for human consumption treated with *Moringa oleifera* seed extract and solar radiation, and to provide subsidies for using these treatments. METHODS: The multiple tube method was used to determine the most probable number of total coliforms and thermotolerant mesophile microorganisms in nine water samples from alternative sources (wells). These samples were obtained in Cruz das Almas, in the Reconcavo Baiano region, state of Bahia, Brazil. RESULTS: The number of water samples treated with *Moringa* seeds and exposed to the sun for two, five and twelve hours showed a reduction in the concentrations of TC/FC 1.52 log (56.51%), 1.88 log (64.83%) and 2.14 log (71.33%), respectively. The reduction rate of mesophile microorganisms after sun exposure for two, five and twelve hours were 0.24 log (11.60%), 0.18 log (10.11%) and 1.25 log (65.78%), respectively. CONCLUSIONS: Although solar radiation was effective in removing bacteria, the concomitant use with *Moringa oleifera* seeds extract was not effective to reduce fecal coliform load to zero. Therefore, only mesophile microorganisms reached the levels required by the legislation.

KEY-WORDS: Coliforms. *Escherichia coli*. Microbiology. Seeds. Solar disinfection. Water quality.

¹ margareterodrigues1@hotmail.com

^{2*} barros@ufrb.edu.br

INTRODUÇÃO

Providenciar água potável é importante para desenvolver qualquer país. A proteção das fontes de água e o tratamento nos sistemas de distribuição têm reduzido grandemente a incidência destas doenças em países desenvolvidos (POTGIETER et al., 2002; AMARAL et al., 2003; ZAMXAKA et al., 2004; PRITCHARD et al., 2007; BRETTAR & HÖFLE 2008).

Moringa oleifera é uma planta nativa da Ásia e, como suas sementes apresentam propriedades coagulantes e bactericidas, ela tem sido amplamente utilizada nos processos de tratamento da água destinada ao consumo humano. Aliado a isto, há o fato de que o uso de suas sementes não altera o pH e o gosto da água (NDABIGENGESERE & NARASIAH, 1998; AMARAL et al., 2006).

Estudo sobre monitoramento de coagulação e redução bacteriana com as sementes desta planta nas águas do rio Nilo, no Sudão, notificaram uma redução de 80 a 95% nos índices de turbidez e de 1 a 4 log (90 a 99,9%) nos parâmetros bacterianos, com os microrganismos concentrados no sedimento (MADSEN et al., 1987). Em estudo sobre a eficácia de sete espécies de plantas na redução do número de microrganismos da água bruta de rio, com pH de 6 a 8, foi observado que a semente de *M. oleifera* foi a segunda a apresentar melhor eficiência (KUMAR & GOPAL, 1999).

A eliminação da turbidez pela sedimentação através das sementes de moringa tem efeito positivo no processo de desinfecção da água pela energia solar, pois em águas com turbidez elevada (maior que 200 UNT) menos que 1 % da incidência de radiação ultravioleta penetra mais que 2 cm da superfície, o que diminui muito sua ação germicida. A este respeito, foi verificada a inativação da *E. coli* em amostras de água com baixa turbidez após 7 h de exposição solar da água (WEGELIN, 1994; RINCON & PULGARIN, 2003). Em um trabalho similar, Amaral et al. (2006) observaram reduções no NMP de *E. coli* de 74,3 %, em águas tratadas com sementes de moringa e expostas ao sol durante duas horas, de 94,1 %, em águas tratadas com sementes de moringa e expostas ao sol durante cinco horas, e de 100,0 %, em águas tratadas com sementes de moringa e expostas ao sol durante doze horas.

Baseado no exposto e nas ínfimas informações a respeito, realizou-se o presente trabalho com os objetivos de: (a) avaliar o uso do extrato de sementes de *Moringa oleifera* e radiação solar no tratamento de água proveniente de fontes alternativas localizadas na região do Recôncavo da Bahia e (b) fornecer subsídios para o uso destes tratamentos em comunidades que utilizam águas de fontes alternativas para o consumo.

A pesquisa foi realizada na cidade de Cruz das Almas, localizada na região do Recôncavo, no estado da Bahia. Águas provenientes de poços situados em propriedades rurais do município foram previamente investigadas, em relação a sua carga microbiana. Destarte, as águas provenientes de nove poços, que apresentaram as maiores concentrações de microrganismos indicadores (coliformes e microrganismos mesófilos), foram alvo de perscrutações microbiológicas e físicas nesta pesquisa.

A seguir, a água foi coletada, segundo Apha (1998), em garrações de 10 L e transportada para o Laboratório de Microbiologia Animal da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB).

Utilização das sementes de *Moringa oleifera*, para tratamento físico da água, e desinfecção da água clarificada por radiação solar

O processo de sedimentação consistiu em misturar o extrato de três sementes, nas amostras de água oriundas dos poços, por um minuto, com uma velocidade rápida, e, em seguida, por cinco minutos a uma velocidade lenta. Logo após esta etapa, as amostras foram deixadas em repouso por 24 horas, tempo este ideal para a efetivação da sedimentação. Ressalta-se que os níveis iniciais de turbidez e de cor destas águas, antes da adição do extrato variaram, respectivamente, de 0,01 a 1,19 UNT e de 0 a 20 UHazen (AMARAL et al., 2006).

Após a sedimentação foram colhidas amostras do sobrenadante para análises de turbidez e cor e para as determinações das concentrações de coliformes totais, coliformes termotolerantes e microrganismos mesófilos (APHA, 1998; AMARAL et al., 2006).

Por fim, as amostras das águas clarificadas foram expostas à radiação solar por duas, cinco e doze horas e analisadas para verificar a ação da radiação solar sobre os microrganismos pesquisados. Para esta exposição solar, as amostras foram acondicionadas em garrafas tipo PET (Polietileno Teraftalato), com capacidade de 2.000 mL, transparentes e colocadas em posição horizontal no solo para receberem ação dos raios do sol de 07:00 às 19:00, aproveitando os maiores picos de insolação, entre 09:00 e 15:00. Foram utilizadas 30 garrafas, sendo 15 mantidas ao abrigo da luz (controles), 5 que foram analisadas após 2h de exposição, 5 após 5h de exposição e 5 após 12h de exposição. Para isso, foram preenchidas as 30 garrafas e sorteadas entre elas as que foram utilizadas como controles de cada tempo de exposição e as que sofreram os três tempos de exposição. Ao se analisar cada amostra, foi também analisada um controle. Esse protocolo foi repetido seis vezes, a fim de se obter 30 amostras de cada tempo com seus respectivos controles (AMARAL et al., 2006).

A temperatura nos três tempo de exposição foi medida com auxílio de um termômetro de mercúrio com escala em graus Celsius (°C) e conferida com dados cedidos pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), provenientes da Estação Automática de Cruz das Almas – BA.

MATERIAL E MÉTODOS

Tanto nas amostras controles, como nas amostras provenientes de cada tempo de exposição, as concentrações de coliformes (totais e termotolerantes) e de microrganismos mesófilos e os valores de turbidez e de cor foram registrados.

Detecção das concentrações microbiológicas

A detecção dos Números Mais Prováveis (NMP) dos coliformes totais (CT) e termotolerantes (CF) foi realizada pela técnica dos tubos múltiplos, segundo APHA (1998), com séries de dez tubos e diluições de 10^0 . Nas etapas confirmatórias, a detecção específica dos CT foi realizada a partir dos tubos positivos de Caldo Lauril Sulfato Triptose. Os tubos com Caldo Verde Brilhante Bile a 2 % e com presença de gás foram anotados e o Número Mais Provável (NMP) de coliformes totais. 100 mL^{-1} foi determinado através de uma tabela de NMP apropriada às diluições inoculadas.

A determinação do NMP dos CF também foi efetuado a partir dos tubos positivos de Caldo Lauril Sulfato Triptose. Os tubos com Caldo EC e com presença de gás foram anotados e o Número Mais Provável (NMP) de coliformes termotolerantes. 100 mL^{-1} foi determinado através de uma tabela de NMP apropriada às diluições inoculadas.

Para a execução das contagens dos microrganismos mesófilos aeróbios estritos e facultativos viáveis foram realizadas diluições de 10^0 a 10^2 das amostras, empregando-se como diluente a água peptonada a 0,1%. A seguir, 1 mL das amostras e/ou das diluições foram vertidas em placas de petri e o ágar PCA, previamente fundido e resfriado, foi introduzido nas placas. Após a solidificação do meio, as placas foram invertidas e incubadas a $35 \pm 2^\circ\text{C}$, por 24 a 48 horas. A contagem de colônias foi feita com o auxílio de um contador de colônias. A média do número de colônias contadas nas placas foi multiplicado pelo fator de diluição correspondente e o resultado foi expresso em unidades formadoras de colônia por mL de amostra (UFC. mL^{-1}) (Apha, 1998).

Determinação dos valores de turbidez e cor

Os teores de turbidez foram obtidos através de um turbidímetro de bancada, da marca ADAMO e modelo TB 1000. Os valores foram expresso em UNT.

Os valores de cor foram obtidos pelo uso do colorímetro Del Lab modelo DLNH-100. Os resultados foram expressos em UHazen.

Análise dos resultados

A eficiência de remoção microbiana foi baseada na determinação das unidades logarítmicas (UL), a fim de se evitar a super avaliação da remoção dos coliformes (totais e termotolerantes) e dos microrganismos mesófilos por números tais como 90 e 99,0 % (Barros et al., 2003).

Águas expostas à radiação solar. Salienta-se que todas as concentrações de CT detectadas foram caracterizadas como CF. Devido a isto, este trabalho discutirá apenas sobre CF. Em adição, é sabido que 75% dos CF detectados são *E. coli* (APHA, 1998).

As águas adicionadas de extrato de sementes de moringa e expostas ao sol por duas horas apresentaram redução nas concentrações de CT/CF (Figura 1) de 1,52 log (56,51%). Já a redução microbiana para as águas expostas por cinco horas foi de 1,88 log (64,83%) e para as águas expostas por 12 horas foi de 2,14 log (71,33%). Desta forma, depreende-se que a maior taxa de redução ocorreu após doze horas de exposição, contudo, mesmo com estes elevados índices de remoção, a água não conseguiu se enquadrar nos padrões legislativos de potabilidade, definidos pela Portaria 518 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2011). Segundo esta normatização, água potável é aquela com ausência de *Escherichia coli* ou coliformes termotolerantes por 100 mL da amostra.

A taxa de redução para os microrganismos mesófilos (Figura 2) após duas horas de exposição ao sol foi de 0,24 log (11,60%), após cinco horas de exposição foi de 0,18 log (10,11%) e após doze horas de exposição foi de 1,25 log (65,78%). Ao contrário da remoção para com a *E. coli*, a exposição ao sol, mormente por doze horas, foi suficiente para enquadrar estas águas nos ditames legais exigidos para a potabilidade, pela Portaria 2.914 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2011), os quais são, para este grupo de microrganismo, um valor máximo de 500 UFC. mL^{-1} .

Os achados desta pesquisa são contrários aos observados por Amaral et al. (2006). Tais autores, investigando a ação das sementes de *Moringa oleifera* e da radiação solar no tratamento de águas oriundas de açudes, registraram índices de remoção de *E. coli* de 99,99%, índices estes que capacitaram a água para a potabilidade.

As águas investigadas nesta pesquisa possuíam níveis de cor e de turbidez iniciais baixos e após a introdução dos extratos de moringa os níveis de turbidez e cor elevaram-se grandemente, como pôde ser visualizado na Tabela 1. Desta forma e em anuência a Ndabigengesere & Narasiah (1998), acredita-se que com a introdução dos extratos de moringa a carga de matéria orgânica e nutrientes tenha sido fortemente elevada, fato este visualizado pelo aumento dos valores de cor e de turbidez, e, esta nova carga orgânica pode ter estimulado a multiplicação de coliformes totais e termotolerantes da microbiota saprófita, mesmo após doze horas de exposição solar.

Madsen et al. (1987), utilizando o extrato de sementes de moringa nas águas turvas do Rio Nilo, no Sudão, verificou que os microrganismos ficaram concentrados no sedimento e que nas vinte e quatro horas seguintes houve aumento no número de *S. typhimurium* e *S. sonnei*, e, em alguns casos, de *E. coli*.

O aumento de *E. coli* relacionado com o aumento de nutrientes na água pela adição do extrato de *Moringa oleifera* pode estar relacionado com a assertiva de Byappanahalli & Fujioka (1998) que relataram que a *E. coli* pode multiplicar-se,

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 1 evidencia o nível de redução dos coliformes totais (CT) e termotolerantes (CF) nas

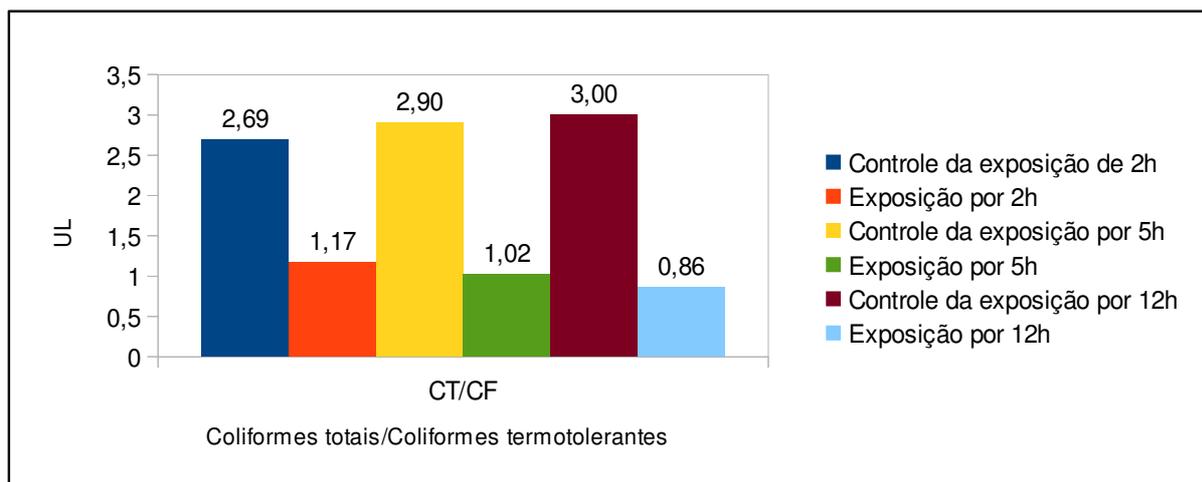


Figura 1 - Médias aritméticas das unidades logarítmicas (UL) de coliformes totais (CT) e de coliformes termotolerantes (CF) nas amostras de água oriundas de nove poços da região rural do Recôncavo da Bahia, adicionadas de extrato de semente de moringa (*M. oleifera*) e expostas ao sol por duas, cinco e doze horas.

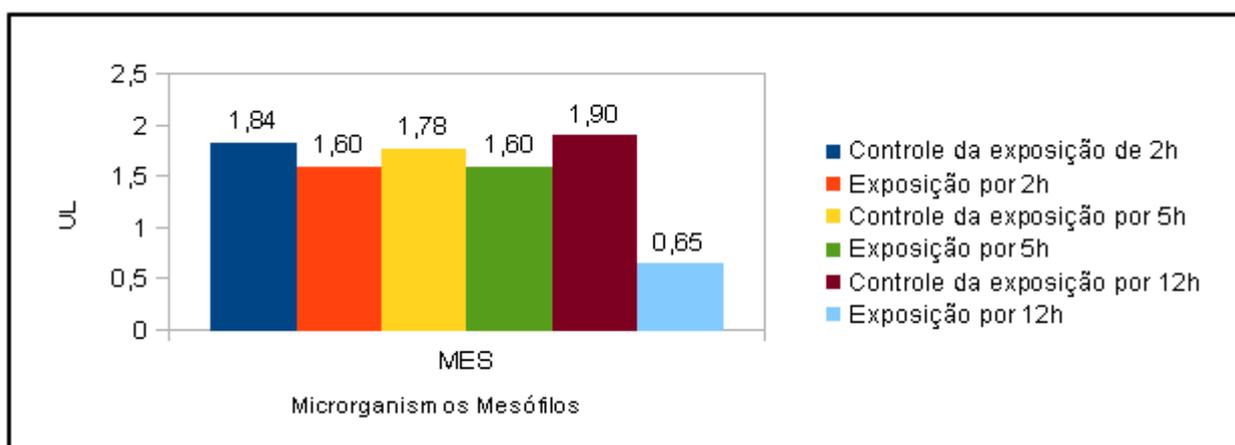


Figura 2 - Médias aritméticas das unidades logarítmicas (UL) de microrganismos mesófilos (MES) nas amostras de água oriundas de nove poços da região rural do Recôncavo da Bahia, adicionadas de extrato de semente de moringa (*M. oleifera*) e expostas ao sol por duas, cinco e doze horas.

Tabela 1 - Médias aritméticas dos valores de cor e de turbidez nas amostras de água oriundas de nove poços da região rural do Recôncavo da Bahia.

	Sem semente	Adição do extrato com três sementes
Turbidez (UNT)	1,19	18,50
Cor (UHazen)	9,58	37,80

umentando seu número em 2 logs quando nutrientes são adicionados ao solo. Tais pesquisadores verificaram, ainda, que a *E. coli* aumentou seu número em 2 logs quando uma quantidade mínima de água residuária é adicionada em solo esterilizado.

O fato da *E. coli*, da *Klebsiella* sp. e do *Enterobacter cloacae* poderem se multiplicar em água de rio com 3,2 mg.L⁻¹ de carbono orgânico dissolvido e em água tratada com concentrações de 0,4 e 0,8 mg.L⁻¹ (Joret et al., 1991; Ndabigengesere & Narasiah, 1998),) pode explicar a presença de coliformes totais e termotolerantes, na presente pesquisa.

Inversamente a Amaral et al. (2006), na presente pesquisa (Figuras 1 e 2) acredita-se que a adição do extrato das sementes desta planta, em águas onde, inicialmente, os níveis de turbidez e de cor eram baixos, pôde ter diminuído a ação desinfetante da radiação solar.

Todavia, com este trabalho foi possível (Figuras 1 e 2) observar que a luz solar nas amostras de água, expostas em garrafas PET incolores, pode ser uma ferramenta na melhoria da qualidade microbiológica da água de consumo humano em regiões com restrições na quantidade e na qualidade de água, como no semi-árido nordestino do Brasil e na África.

A radiação solar reduz o número de microrganismos mesófilos e de *E. coli*, microrganismo pertencente ao grupo dos coliformes fecais e que é superior aos outros tradicionais indicadores de poluição fecal, pois sobrevive um tempo menor no ambiente semelhante aos patógenos de origem intestinal. Os coliformes totais, durante as épocas mais quentes podem se multiplicar na água, fornecendo resultados falso positivos (BAUDISOVA, 1997).

A ação positiva da radiação solar como desinfetante da água foi notificado por Conroy et al. (1999) em estudos realizados com 349 crianças da comunidade Maasai na África, ressaltando que o consumo de água tratada pela exposição ao sol reduziu de maneira significativa o risco do aparecimento de diarreias naquelas que consumiram tal água, quando comparados com aqueles que consumiram a água sem exposição ao sol.

Pinfold (1990) em trabalho realizado nas Filipinas, examinando a relação entre indicadores bacterianos da qualidade da água e diarreias em crianças, verificou que crianças consumidoras de água altamente poluída (> 1.000 *E. coli* / 100 mL) tiveram uma ocorrência de diarreia significativamente maior ($p < 0,01$) que aquelas que consumiram água com menor nível de poluição.

Acredita-se que os resultados obtidos nesta pesquisa, apesar de não haver registro de inativação total dos coliformes termotolerantes, evidenciam que soluções simples e de baixo custo podem vir a prevenir enfermidades de origem hídrica, responsáveis por muitas mortes, em especial de crianças nos países em desenvolvimento. Em nosso país, nas regiões semi-áridas, é comum a utilização de águas oriundas de fontes alternativas, tais como poços, minas e açudes, todavia, estas águas apresentam um maior risco de contaminação, quer seja ambiental ou animal. Porém, a maioria dos países em desenvolvimento (com o Brasil

se enquadrando) está em regiões de alta insolação, entre latitudes 35 °N e 35 °S, favorecendo, assim, o uso da radiação solar para diversos fins, inclusive a desinfecção da água (WEGELIN, 1994).

Na nação brasileira, em termos de qualidade da água consumida no meio urbano, há esforços sanitários e políticos em adotar medidas que visem fornecer à população uma água de qualidade, mas no meio rural esta preocupação é inexistente. Este quadro é preocupante, pois em termos de saúde, deixar para o consumidor controlar a qualidade da água a ser ingerida é incorreto, sendo vital uma ação conjunta de diferentes profissionais para a promoção da saúde e a prevenção de doenças de veiculação hídrica (AMARAL, 2001).

Por fim, depreende-se que um trabalho maciço deve ser realizado para efetuar a vigilância da qualidade da água usada no meio rural e programar ações esclarecedoras para a população consumidora.

CONCLUSÃO

A radiação solar foi eficiente na remoção bacteriana, porém usada concomitantemente com o extrato das sementes de *Moringa oleifera* não foi eficiente em reduzir a carga de coliformes termotolerantes a zero. Apenas a redução dos microrganismos mesófilos alcançou os níveis determinados por lei. O uso de extrato de sementes de moringa neste trabalho, possivelmente, diminuiu o poder desinfetante da radiação solar, pois a adição do extrato conferiu um aumento na carga orgânica.

As comunidades mais pobres são as mais afetadas em relação ao consumo de água não seguro e, logo, devem ser o foco deste tipo de estudo. Estes achados corroboram achados anteriores em relação ao uso de sementes de *Moringa oleifera* e radiação solar para o tratamento da água, a um custo de apenas uma fração do custo de um tratamento químico convencional. Destarte, estas duas ferramentas são uma alternativa de importância grande, tanto econômica como científica, pois combinam baixo custo, qualidade na execução e resultados factíveis e legais.

REFERÊNCIAS

- AMARAL, L. A. A água como fator de risco para saúde humana e saúde animal em propriedades leiteiras situadas na região nordeste do Estado de São Paulo, 2001. Post-Doctoral Thesis – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal-SP, 2001.
- AMARAL, L. A.; NADER FILHO, A.; ROSSI JUNIOR, O. D.; FERREIRA, L. A.; BARROS, L. S. S. Água de consumo humano como fator de risco à saúde em propriedades rurais. Revista de Saúde Pública, v.37, n.4, p.510-514, 2003.
- AMARAL, L. A.; ROSSI JÚNIOR, O. D.; BARROS, L. S. S.; LORENZON, C. S.; NUNES, A. P.

- Tratamento alternativo da água utilizando extrato de semente de *Moringa oleifera* e radiação solar. Arquivos do Instituto Biológico, v.73, n.3, p.287-293, 2006.
- APHA. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 1998 20th edition, American Public Health Association/American Water Works Association/Water Environment Federation, Washington DC, 1998.
- BARROS, L. S. S.; AMARAL, L. A.; JUNIOR, J. L. Monitoramento sanitário de um sistema integrado de tratamento de águas residuárias da suinocultura. Revista Panam Salud Publica, v.14, n.6, p.385-393, 2003.
- BAUDISOVA, D. Evaluation of *Escherichia coli* as the main indicator of fecal pollution. Water Science and Technology, v.35, n.11, p.333-338, 1997.
- BRASIL. Portaria nº 2.914, de 12 de dezembro de 2011. O Ministério da Saúde aprova normas e padrões de potabilidade da água destinada ao consumo humano. Diário Oficial, Brasília, 26 mar. 2004, Seção 1, p.266-70.
- BRETAR, I.; HÖFLE, M. G. Molecular assessment of bacterial pathogens- a contribution to drinking water safety. Current opinion in Biotechnology, v.19, p.274-280, 2008
- BYAPPANAHALLI, M. M.; FUJIOKA, R. S. Evidence that tropical soil environment can support the growth of *E. coli*. Water Science and Technology, v.38, n.12, p.171-174, 1998.
- CONROY, R. M., MEEGAN, M. E., JOYCE, T., McGUICAN, K.; BAMES, J. Solar disinfection of water reduces diarrhoeal disease: an update. Archives of Disease in Childhood, v.81, n.4, p.337-338, 1999.
- JORET, J. C., LEVI, Y.;VOLK, C. Biodegradable dissolve organic carbon (BDOC) content of drinking water and potential regrowth of bacteria. Water Science and Technology, v.24, n.2, p.95-101, 1991.
- JOYCE, T. M.; McGUICAN, K. G.; ELMORE-MEEGAN, M.; CONROY, R. M. Inactivation of fecal bacteria on drinking water by solar heating. Applied Environmental Microbiology, v.62, n.2, p.399-402, 1996.
- KUMAR, S.; GOPAL, K. Screening of plant species for inhibition of bacterial population of raw water. Journal of Environmental Science Health, v.34, n.4, p.975-984, 1999.
- MADSEN, M.; SCHLUNDT, J.; OMER, E. F. Effect of water coagulation by seeds of *Moringa oleifera* on bacterial concentrations. Journal of Tropical Medicine and Hygiene, v.90, n.3, p.101-109, 1987.
- NDABIGENGESERE, A.; NARASIAH, K. S. Quality of water treated by coagulation using *Moringa oleifera* seeds. Water Research, v.32, n.3, p.781-791, 1998.
- PINFOLD, J. V. Faecal contamination of water and fingertiprinses as a method for evaluating the effect of low cost water supply and sanitation activities on faecal-oral disease transmission. II.A hygiene intervention study in rural northeast Thailand. Epidemiology and Infection, v.105, p.377-380, 1990.
- POTGIETER, N.; OBI, C. L.; BESSONG, P. O.; MATSAUNG, G. Assessment of the microbial quality of river water sources in rural venda communities in South Africa. Water SA, v.28, n.3, p.287-291, 2002.
- PRITCHARD, M.; MKANDAWIRE, T.; O'NEILL, J. G. Biological, chemical and physical drinking water quality from shallow wells in Malawi: Case study of Blantyre, Chiradzulu and Mulanje. Physics and Chemistry of the Earth, v.32, p.1167-117, 2007.
- RINCON, A. G.; PULGARIN, C. Photocatalytical inactivation of *Escherichia coli*: effect of light intensity and of TiO₂ concentration. **Applied Catalysis B: Environmental**, v. 44, p.263-284, 2003.
- WEGELIN, M. Solar water disinfection: scope of the process and analysis of radiation experiments. **Journal of Water SRT-Acqua**, v.43, n.3, p.154-169, 1994.
- ZAMXAKA, M.; PIRONCHEVA, G.; MUYIMA, N.Y.O. Microbiological and physico-chemical assessment of the quality of domestic water sources in selected rural communities of the Eastern Cape Province, South Africa. **Water SA**, v.30, n.3, p.333-340, 2004.