

## XII-042 - CLARIFICAÇÃO DE ÁGUA COM BAIXOS VALORES DE TURBIDEZ E DE COR APARENTE UTILIZANDO EXTRATO DE SEMENTES DE *Moringa oleifera* PARA USO EM COMUNIDADES ISOLADAS

**Camila Clementina Arantes<sup>(1)</sup>**

Tecnóloga em Saneamento Ambiental pela Universidade Estadual de Campinas e Engenheira Ambiental pela Universidade São Francisco. Mestre e Doutora em Engenharia Civil, na área de Saneamento e Ambiente, pela Universidade Estadual de Campinas. Professora adjunta do curso de Engenharia Ambiental e Urbana da Universidade Federal do ABC.

**Amanda Gonzalez Matuoka<sup>(2)</sup>**

Técnica em Meio Ambiente pela Escola Técnica Guaracy Silveira. Graduanda em Bacharelado em Ciência e Tecnologia e em Engenharia Ambiental e Urbana pela Universidade Federal do ABC.

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Avenida dos Estados, 5001 - Bangú - Santo André - SP - CEP: 09210-580 - Brasil - Tel: (11) 4996-8215 - e-mail: [camila.arantes@ufabc.edu.br](mailto:camila.arantes@ufabc.edu.br)

### RESUMO

O uso de coagulantes naturais no tratamento de água é uma alternativa para o tratamento de água em comunidades periurbanas, rurais e isoladas. A *Moringa oleifera* é uma espécie vegetal cujas sementes apresentam elevada concentração de proteínas catiônicas hidrossolúveis, responsáveis pelo processo de coagulação. Seu uso como coagulante apresenta vantagens como geração de lodo biodegradável, cultivo da espécie no local, alteração não significativa do pH da água após o tratamento e redução da quantidade de produtos químicos utilizados no tratamento, favorecendo a utilização em comunidades que não contam com sistemas de abastecimento. Neste contexto, este trabalho tem como objetivo avaliar a eficiência do coagulante extraído de sementes de *Moringa oleifera* no tratamento de água superficial de um corpo hídrico, com reduzidos valores de turbidez e cor aparente, localizado na Bacia do Alto Tietê, estado de São Paulo. Em equipamento jar-test foram realizados ensaios de coagulação ( $G = 200 \text{ s}^{-1}$  por 30 segundos), floculação ( $G = 20 \text{ s}^{-1}$  por 15 minutos) e sedimentação (60 minutos) utilizando o coagulante extraído das sementes de *Moringa oleifera* nas dosagens 0, 25, 50, 100, 200 e 300 mg/L. Os ensaios foram realizados em diferentes valores de pH de coagulação, sendo estes: 4, 5, 6, 7 e 8. Com base nos resultados obtidos construiu-se o diagrama de coagulação para as condições testadas. Verificou-se que as maiores reduções de turbidez ocorreram em pH de coagulação igual a 6 e dosagens de 200 e 300 mg/L, enquanto que para a redução de cor aparente verificou-se uma tendência de maiores eficiências em pH de coagulação mais baixos e dosagens mais elevadas. Os resultados obtidos indicam que o uso do coagulante analisado no tratamento de águas com baixa turbidez e cor aparente é viável. No entanto, para maior segurança, recomenda-se que o processo seja seguido de filtração.

**PALAVRAS-CHAVE:** Coagulantes naturais, Qualidade de água, *Moringa oleifera*, Tratamento de água, Saneamento rural.

### INTRODUÇÃO

O acesso contínuo à água potável e segura é atualmente um dos desafios do saneamento básico no Brasil. Dados da Organização Mundial da Saúde (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2017) apontam que, no Brasil, enquanto 99% da população urbana tem acesso à água proveniente de fonte segura, na zona rural tal percentual é de 87%, o que corresponde a aproximadamente 4 milhões de pessoas.

A população residente na zona rural, longe dos grandes centros e das ações governamentais, como os indígenas, assentados da reforma agrária, ribeirinhos, quilombolas e moradores de áreas periféricas, são mais suscetíveis à ausência de saneamento (QUEIROZ e OLIVEIRA, 2018). Para Razollini e Günther (2008) em regiões carentes e excluídas da rede básica de serviços públicos, as condições precárias de vida são agravadas pela ausência de água segura, ocorrendo consumo de água com qualidade inadequada para tal finalidade, o que reforça a necessidade da universalização dos serviços de saneamento. Nestes casos, em que há a ausência do poder público, parte da população utiliza fontes não potáveis tendo como critérios para escolha o conhecimento

tradicional, a experiência e a aparência visual (Queiroz e Oliveira, 2018), o que pode levar ao consumo de água com qualidade inadequada para o uso pretendido.

Em situações nas quais a implantação do sistema convencional de abastecimento de água é dificultada por questões técnicas, financeiras e de escala, tecnologias compatíveis com as peculiaridades locais e regionais devem ser adotadas, como já previsto na Lei 11.445 (BRASIL, 2007). Tecnologias como sistemas de filtração em múltiplas etapas, filtração lenta, desinfecção solar e uso de coagulantes naturais podem garantir a adequação da água ao consumo humano, atendendo o padrão de potabilidade previsto pela Portaria 2914 (BRASIL, 2011), consolidada pela Portaria nº 5 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2017).

Galvão Junior (2009) considera que, para o abastecimento de água, em cenários como o citado anteriormente, aspectos como a sustentabilidade do sistema, discussão com a comunidade beneficiada e participação desta na execução da obra, que deve ter baixo custo e curta duração, devem se fazer presentes. Além disto, o autor aponta a necessidade da autogestão do serviço, que em determinadas situações é efetuada pelos próprios usuários. Para o tratamento de água, o uso de coagulantes naturais é uma das possibilidades que pode atender os critérios que garantam um resultado positivo. Coagulantes naturais podem ser extraídos de plantas como batata (*Solanum tuberosum*), mandioca (*Manihot esculenta*), chico-magro (*Guazuma tomentosa*), cacau (*Theobroma cacao*) (Di Bernardo, 1993), acácia negra (*Acacia decurrens*) e *Moringa oleifera*.

A *Moringa oleifera* é uma espécie perene da família Moringaceae, originária do nordeste indiano, que tem se adaptado bem as condições climáticas brasileiras. A espécie é resistente à seca e é capaz de se desenvolver em clima quente e semi-árido tropicais em temperaturas entre 25-35 °C, suportando até 48 °C por curtos períodos de tempo (Price, 2007). Proteínas catiônicas hidrossolúveis presentes nas sementes de tal planta são responsáveis pela capacidade coagulante (Okuda et al., 1999). A utilização da *Moringa oleifera* como coagulante natural em regiões rurais ou periféricas atende requisitos como produção local, arborização para produção do coagulante, não utilização de produtos químicos no tratamento de água e geração de lodo passível de tratamento por compostagem. Bergamasco et al. (2009) verificaram que a utilização da *Moringa oleifera* como coagulante reduz o volume do lodo gerado após a sedimentação se comparado ao cloreto de polialumínio. Além disso, o lodo gerado com o uso das sementes de *Moringa oleifera* apresentou biodegradabilidade, o que não ocorreu quando se utilizou cloreto de polialumínio. Camacho et al. (2017) consideram a *Moringa oleifera* uma alternativa viável ao sulfato de alumínio, pois não há necessidade de ajuste do pH após o tratamento, reduzindo custos com reagentes químicos, além de reduzir etapas no processo de tratamento.

Neste contexto, este trabalho teve como objetivo avaliar a utilização de extrato de sementes de *Moringa oleifera* como coagulante no tratamento de água superficial, com baixos valores de turbidez e cor aparente, em diferentes valores de pH de coagulação e diferentes dosagens do coagulante, visando aplicação de tal coagulante em comunidades rurais ou isoladas.

## MATERIAIS E MÉTODOS

A água bruta utilizada nos ensaios foi coletada em um corpo hídrico localizado na bacia hidrográfica do Alto Tietê, no estado de São Paulo. Embora em termos percentuais a estimativa da população residente na zona rural na Bacia do Alto Tietê seja de 1%, em termos absolutos tal valor corresponde a aproximadamente 200.000 habitantes (FABHAT, 2017), o que corresponde a uma população expressiva e indica que há consumidores que eventualmente não tenham acesso à água de qualidade.

As sementes de *Moringa oleifera* utilizadas na produção do extrato utilizado como coagulante foram colhidas em Campinas-SP. A metodologia para o preparo do extrato de sementes de *Moringa oleifera* foi adaptado de Valverde et al. (2013). Sementes descascadas foram adicionadas à água destilada na seguinte proporção: 100 mL de água para cada 2,5 g de *Moringa oleifera*. Após processamento em liquidificador por 3 minutos, a suspensão foi filtrada em bomba a vácuo, utilizando filtro qualitativo de aproximadamente 11 µm (filtro Whatman grau 1). Tendo como referência dosagens testadas por Madrona (2010), que no tratamento de água superficial avaliou dosagens entre 25 e 300 mg/L, no presente estudo foram efetuados ensaios com as seguintes dosagens: 25, 50, 100, 200 e 300 mg/L. Além disto, em um dos jarros não foi adicionado coagulante. Os ensaios foram realizados com água bruta apresentado os seguintes valores de pH: 4,0; 5,0; 6,0; 7,0 e 8,0, com

correção sendo efetuada antes de cada ensaio, utilizando hidróxido de sódio (0,1N) ou ácido clorídrico (0,1N), conforme necessário.

Após a adição da água bruta aos jarros, ajuste do pH e dosagem do coagulante, iniciou-se a etapa de coagulação, com gradiente de velocidade de  $200\text{ s}^{-1}$ . Após 30 segundos de mistura rápida, o gradiente de velocidade foi reduzido para  $20\text{ s}^{-1}$  e, por 15 minutos, efetuou-se a etapa de floculação, conforme descrito por Pritchard et al. (2010), que realizou ensaios de clarificação de água superficial utilizando *Moringa oleifera* como coagulante. Após 60 minutos de decantação, amostras foram coletadas para avaliação da turbidez (turbidímetro AP 2000 Policontrol), cor aparente (colorímetro aquacolor Policontrol) e pH (phmetro AAKER) (APHA, 2005). Os tratamentos foram efetuados em duplicata.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### CARACTERIZAÇÃO DA ÁGUA BRUTA

Os valores médios para cor aparente, turbidez, temperatura e faixa de pH observados para a água bruta estão apresentados na tabela 1.

**Tabela 1: Características da água bruta utilizada nos ensaios.**

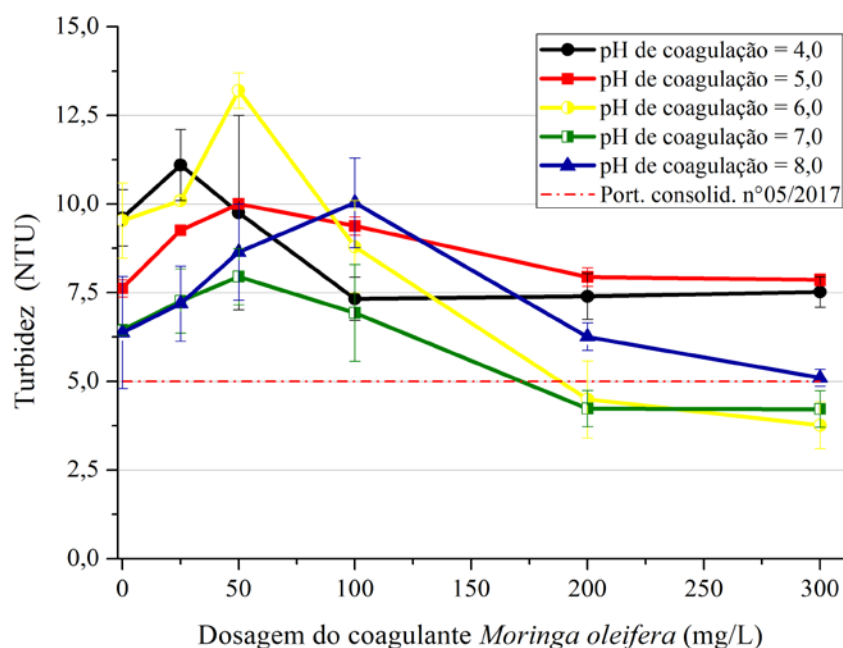
Parâmetro	Unidade	Valores Médios±DP
Cor Aparente	uH <sup>(1)</sup>	14,6±8,5
Turbidez	NTU <sup>(2)</sup>	10,5±2,5
Temperatura	°C	20,3
pH	-	[6,67 - 7,04]

<sup>(1)</sup>unidade Hazen = (mgPt-Co/L); <sup>(2)</sup> Nephelometric Turbidity Unity.

### REDUÇÃO DE TURBIDEZ E COR APARENTE

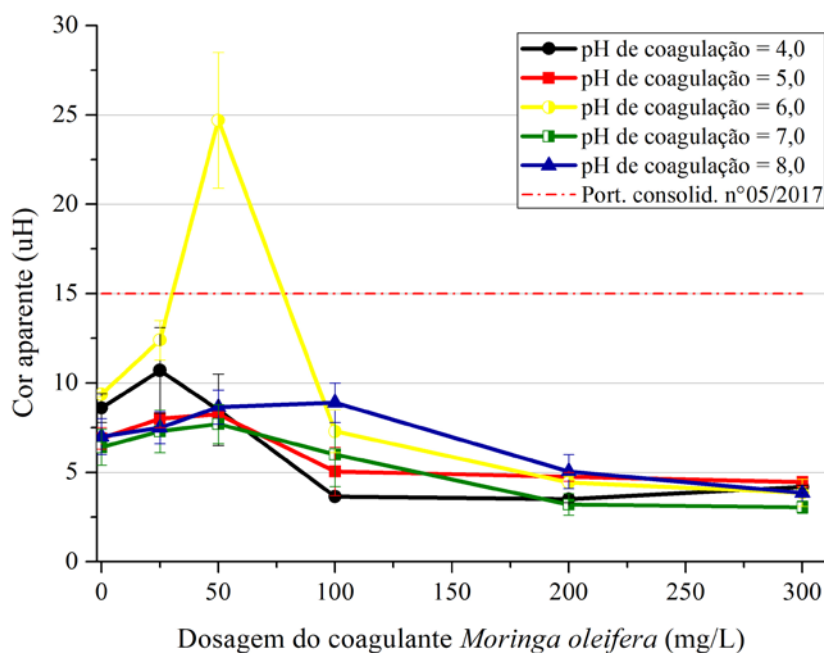
A Figura 1 representa os valores médios de turbidez para cada um dos tratamentos realizados com extrato de sementes de *Moringa oleifera*. Observa-se aumento da turbidez em relação ao valor observado para a água bruta (10,5±2,5 NTU) em determinados tratamentos, como o de pH de coagulação igual a 6,0 e dosagem de 50 mg/L e pH de coagulação igual 4,0 e dosagem de 25 mg/L. Camacho (2017) constatou que remoções baixas de turbidez para água bruta com baixa turbidez inicial podem ser atribuídas à reduzida quantidade de partículas presentes formando flocos mais leves com menor capacidade de sedimentação. Melhores resultados foram observados para pH de coagulação iguais a 6,0, 7,0 e 8,0 em dosagens acima de 200 mg/L.

O menor valor de turbidez observado após o tratamento foi de 3,8 NTU (pH de coagulação igual a 6 e dosagem de 300 mg/L), o que atende o padrão organoléptico de potabilidade previsto pela Portaria 2914 (BRASIL, 2011) consolidada pela Portaria 05 (BRASIL, 2017), que estabelece como valor máximo permitido (VMP) para turbidez de 5,0 NTU. No entanto, os valores observados neste estudo para turbidez não atenderiam o recomendado pela mesma Portaria considerando pré-desinfecção (VMP = 1,0 NTU). Deste modo, para maior segurança, recomenda-se a adoção de filtração após a etapa de clarificação, com a vantagem de maior duração da carreira de filtração e redução da frequência de lavagem do filtro.



**Figura 1:** Valores médios de turbidez após 60 minutos sedimentação para cada um dos valores de pH de coagulação e dosagens testadas.

Assim como observado para turbidez, o valor mais elevado para cor aparente, figura 2, foi constatado com pH de coagulação igual a 6,0, e dosagem de 50 mg/L. Considerando o valor médio de cor aparente para a água bruta ( $14,61 \pm 8,5$  uH), após o tratamento, com dosagens acima de 100 mg/L predominaram valores de cor aparente inferiores à 5 uH para praticamente todos os valores de pH testados, condição que atenderia o previsto na Portaria de Consolidação nº05 (BRASIL, 2017), que estabelece como valor máximo permitido para cor aparente 15 uH.

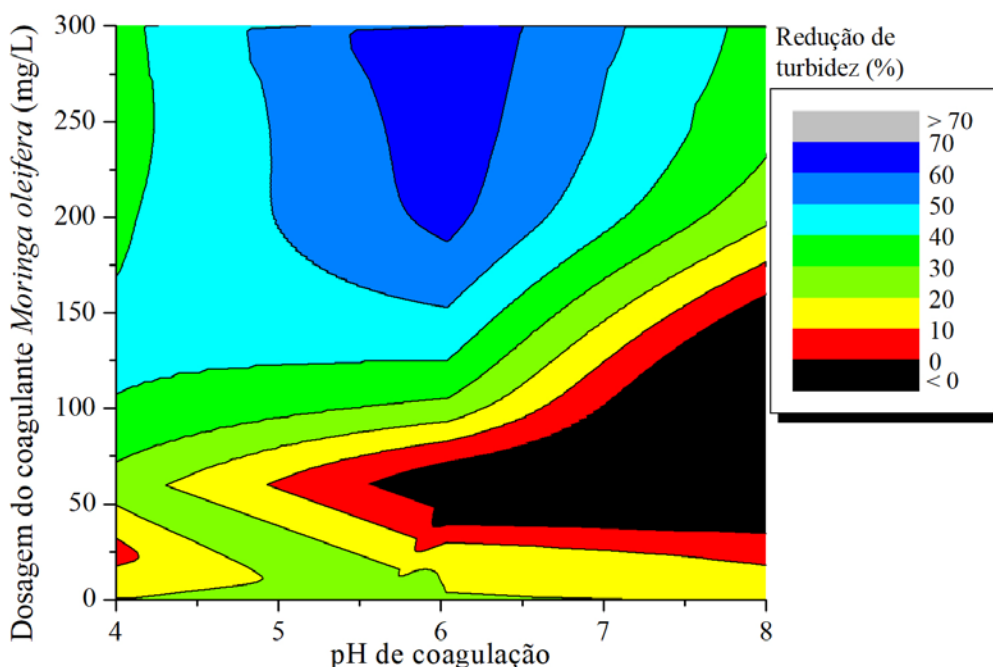


**Figura 2:** Valores médios de cor aparente após 60 minutos sedimentação para cada um dos valores de pH de coagulação e dosagens testadas.

Após o tratamento, os valores de pH não sofreram grandes variações, com desvio máximo de 0,38 dos valores do pH de coagulação, corroborando Ndabigengesere e Narasiah (1996) e Valverde et.al (2013), que verificaram que o uso de *Moringa oleifera* como coagulante não altera significativamente o pH da água tratada. Tal constatação, aliada ao fato de terem sido observados menores valores de turbidez em situações nas quais o pH de coagulação se encontrava na faixa de 6,0 a 8,0, favorecem o uso do coagulante em regiões com escassez de recursos financeiros e mão de obra especializada, já que não haveria necessidade de correção de pH antes e após o tratamento, como ocorre com o uso de coagulantes como o sulfato de alumínio, por exemplo.

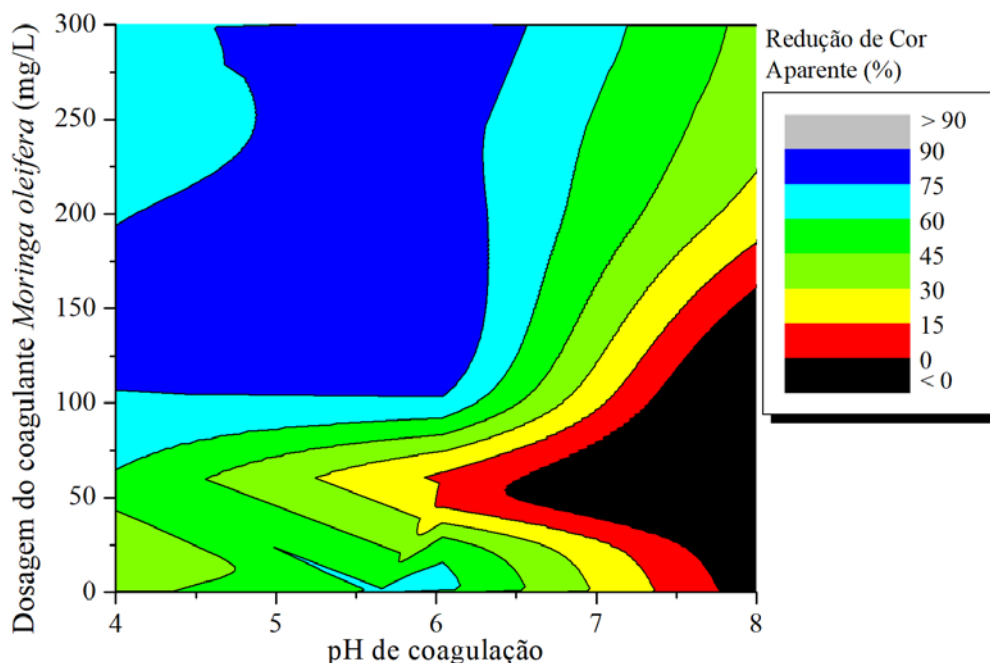
As Figuras 3 e 4, respectivamente, representam os diagramas de coagulação para turbidez e cor aparente considerando as eficiências médias.

Observa-se que para turbidez as maiores eficiências foram observadas em pH de coagulação igual a 6,0, com reduções na faixa de 70% para as dosagens mais elevadas (200 a 300 mg/L). Para valores de pH mais elevados e dosagens mais baixas verificou-se eficiência igual ou até mesmo menor que 0, indicando que nestas condições os flocos formados não se sedimentaram e a adição do coagulante resultou em elevação da turbidez.



**Figura 3: Diagrama de coagulação para turbidez.**

Para redução de cor aparente, conforme demonstrado na Figura 4, verificou-se uma tendência de maiores eficiências em pH de coagulação mais baixos e dosagens mais elevadas, com eficiências na faixa de 90%. Assim como constatado para turbidez, em pH de coagulação iguais a 7 e 8 e baixas doses de coagulante observou-se baixas reduções de cor aparente e até mesmo elevação de tal parâmetro após a decantação. Valverde et al. (2013) aponta que para águas de baixa cor, os resultados obtidos com o uso de *Moringa oleifera*, não são de remoções relativamente altas para tal parâmetro de qualidade. Neste estudo constatou-se que isto ocorre par valores elevados de pH.



**Figura 4: Diagrama de coagulação para cor aparente.**

## CONCLUSÕES

Com base no trabalho realizado, conclui-se que:

Com o uso da solução extraída de sementes de *Moringa oleifera* as maiores reduções de turbidez ocorreram em pH de coagulação igual a 6 e dosagens de 200 e 300 mg/L, enquanto que para a redução de cor aparente verificou-se uma tendência de maiores eficiências em pH de coagulação mais baixos e dosagens mais elevadas. Os resultados obtidos neste estudo indicam que o uso do coagulante analisado no tratamento de águas com baixa turbidez e cor aparente é viável, atendendo o padrão organoléptico de potabilidade previsto na Portaria de Consolidação nº05/2017. No entanto, considerado os valores máximos permitidos de turbidez na pré-desinfecção e na pós-filtração, para maior segurança, recomenda-se que o processo seja seguido de filtração.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. APHA-AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. Washington: American Public Health Association/American Water Works Association/Water Environment Federation, 21ª Edição. 2005.
2. BRASIL. Lei nº 11.455, de 5 de Janeiro de 2007. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 08 jan. 2007. Seção 1, p. 3-7. Disponível em: <[http://portal.in.gov.br/page\\_leitura\\_jornais](http://portal.in.gov.br/page_leitura_jornais)>. Acesso em: 16 de maio 2017.
3. BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE. AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. Portaria de Consolidação nº 05 de 28 de setembro de 2017. Consolidação das normas sobre as ações e os serviços de saúde do Sistema Único de Saúde.. Disponível em: <<http://portal.arquivos2.saude.gov.br/images/pdf/2018/marco/29/PRC-5-Portaria-de-Consolida----o-n---5--de-28-de-setembro-de-2017.pdf>>. Acesso em: 05 abr. 2019.
4. BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE. AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. Portaria nº 2.914 de 12 de dezembro de 2011. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Disponível em: <[http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2011/prt2914\\_12\\_12\\_2011.html](http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2011/prt2914_12_12_2011.html)>. Acesso em: 24 out. 2018.
5. BERGAMASCO, R.; MORAES, L. C. K.; CARDOSO, K. C.; VIEIRA, A. M.; MADRONA, G. S.; KLEN, M. R. F. Diagramas de coagulação utilizando *Moringa oleifera* lam e o sulfato de alumínio,



- visando remoção de cor e turbidez da água. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Recife, 2009.
6. CAMACHO, F. P., SOUSA, V. S., BERGAMASCO, R., & TEIXEIRA, M. R. The use of Moringa oleifera as a natural coagulant in surface water treatment. Chemical Engineering Journal, v. 313, p. 226-237, 2017.
  7. CARDOSO, K. C.; BERGAMASCO, R.; COSSICH, E. S.; KONRADT-MORAES, L. C. Otimização dos tempos de mistura e decantação no processo de coagulação/ floculação da água bruta por meio da Moringa oleifera. Acta Scientiarum. Technology, v. 30, n. 2, p. 193-198, 2008
  8. DI BERNARDO, L. Métodos e técnicas de tratamento de água. v. 1, ABES: Rio de Janeiro, 1993.
  9. FABHAT-FUNDAÇÃO AGÊNCIA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO ALTO TIETÊ. Relatório I - Plano de Bacia Hidrográfica do Alto Tietê - UGRHI 06. São Paulo, 2016. Disponível em: <[http://www.sigrh.sp.gov.br/public/uploads/documents/CBH-AT/11958/relatorio-i\\_plano\\_final-rev2.pdf](http://www.sigrh.sp.gov.br/public/uploads/documents/CBH-AT/11958/relatorio-i_plano_final-rev2.pdf)> Acesso em 24 out. 2018.
  10. FRANCO, C. S., BATISTA, M. D. A., DE OLIVEIRA, L. F. C., KOHN, G. P., FIA, R. Coagulação com semente de moringa oleifera preparada por diferentes métodos em águas com turbidez de 20 a 100 UNT. Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 22, n. 4, 2017.
  11. GALVÃO JUNIOR, A. C. Desafios para a universalização dos serviços de água e esgoto no Brasil. Revista Panamericana de Salud Pública, v. 25, p. 548-556, 2009.
  12. MADRONA, G.S. Estudo da extração/purificação do composto ativo da semente da Moringa oleifera Lam e sua utilização no tratamento de água de abastecimento. Maringá. Tese de doutorado- Engenharia Química- Universidade Estadual de Maringá, 2010.
  13. NDABIGENGESERE, A.; NARASIAH, K.S. Influence of parameters on turbidity removal by coagulation with Moringa oleifera seeds. Environmental Technology, v.7, n.10, p.1103-1112, 1996.
  14. OKUDA, T.; BAES, A. U.; NISHIJIMA, W.; OKADA, M. Improvement of extraction method of coagulation active components from *Moringa oleifera* seed. Water Research, v. 33, n. 15, p.3373-3378, 1999.
  15. PRICE, M. L. The *moringa* tree. Publicado em 1985, revisado em 2007. Disponível em: <[https://www.chenetwork.org/files\\_pdf/Moringa.pdf](https://www.chenetwork.org/files_pdf/Moringa.pdf)> Acesso em: 17 de maio de 2017.
  16. PRITCHARD, M.; CRAVEN, T.; MKANDAWIRE, T.; EDMONDSON, A. S.; O'NEILL, J.G. A study of the parameters affecting the effectiveness of *Moringa oleifera* in drinking water purification. Physics and Chemistry of the Herth, v. 35, n. 13-14, p.791-797, 2010.
  17. QUEIROZ, T. M., OLIVEIRA, L. C. P. Qualidade da água em comunidades quilombolas do Vão Grande, município de Barra do Bugres (MT). Eng. sanit. ambient, v. 23, n. 1, p. 173-180, 2018.
  18. RAZZOLINI, M. T. P., GÜNTHER, W. M. R. Impactos na saúde das deficiências de acesso a água. Saúde e Sociedade, v. 17, N. 1, p. 21-32, 2008.
  19. VALVERDE, K. C., MORAES, L. C. K., BONGIOVANI, M. C., CAMACHO, F. P., BERGAMASCO, R. Coagulation diagram using the Moringa oleifera Lam and the aluminium sulphate, aiming the removal of color and turbidity of water. Acta Scientiarum. Technology, v. 35, n. 3, p. 485-489, 2013.
  20. WORLD HEALTH ORGANIZATION; WHO/UNICEF JOINT WATER SUPPLY; SANITATION MONITORING PROGRAMME. Progress on sanitation and drinking water: 2015 update and MDG assessment. World Health Organization, 2015.