

USO DA *Moringa oleifera* PARA REMOÇÃO DE FLÚOR EM ÁGUAS

Resumo

Neste trabalho, extratos de sementes da *Moringa oleifera* foram utilizados para remoção de flúor em águas. Os extratos foram preparados misturando-se 10,0 gramas do pó da polpa da semente em 200,0mL de água desionizada e agitação por 5 minutos. Os ensaios consistiram em misturar 5,0mL do extrato 50,0 g L⁻¹ com 100,0mL de solução padrão de 3,0mg L⁻¹ de flúor e agitação por 5 minutos. Estudos foram realizados buscando-se as melhores condições experimentais para remoção de flúor nas amostras de águas analisadas. Os resultados obtidos mostraram a remoção de 60% utilizando 5,0mL do extrato de 50,0 g L⁻¹ e de 100% para 10,0mL do extrato de 50,0 g L⁻¹. O procedimento proposto foi aplicado em amostras de águas destinadas ao consumo humano. O procedimento é simples, de baixo custo e uma alternativa ao tratamento de águas cuja concentração de flúor encontra-se acima daquela permitida pela Legislação.

Palavras-chave: moringa, flúor, águas

*Cleuza Aparecida da Silva,
Fernanda Mendes Miranda,
Luciene Oliveira de Paula e
Nívia Maria Melo Coelho**

Instituto de Química,
Universidade Federal de
Uberlândia

*Autor para correspondência:
Av. João Naves de Ávila, 2160
CEP: 38408-100
Uberlândia. MG
Fax: (34) 3239-4208
E-mail: nmmcoelho@ufu.br

Summary

In this work, seeds extracts of *Moringa oleifera* were used to remove fluoride in water. Extracts were prepared mixing 10.0 grams of seeds powder in 200.0mL of deionized water and agitation by 5 minutes. The procedure consisted of to mix 5.0mL of 50.0 g L⁻¹ extract with 100.0mL of 3.0mg L⁻¹ fluoride solution and agitation by 5 minutes. Studies were made to optimize the experimental conditions to remove fluoride of water samples. The data shown fluoride ions were removed from solution using 5.0mL of 50.0g L⁻¹ (60% removal) and 10.0mL of 50.0g L⁻¹ extract (100% removal). The procedure was applied in drinking water. The proposed procedure is simple, of low cost and provide alternative for treating water with fluoride concentration greater than to permit the Legislation.

Keywords: moringa, fluoride, water

Introdução

A água é essencial para a existência e bem-estar do ser humano, devendo ser disponível em quantidade suficiente e boa qualidade como garantia da manutenção da vida. Além de ser ingerida pelo ser humano em quantidade superior a todos os outros alimentos, ela é imprescindível para a sua higiene. Para tanto, é necessário que atenda ao padrão de potabilidade, que são as quantidades limites que, com relação aos diversos elementos químicos, podem ser toleradas nas águas de abastecimento geralmente definidas por decretos, regulamentos ou especificações (1).

Dentre os diversos elementos químicos que são monitorados nas Estações de Tratamento de Águas, para a melhoria da qualidade de águas, encontra-se o flúor.

O flúor é um elemento que pode ser encontrado em pequenas quantidades nas águas naturais (0,1 a 2,0mg L⁻¹) (2). Sua ocorrência se deve principalmente ao intemperismo de alguns

minerais, dentre os quais se destacam a fluorita, apatita, turmalina, topázio e mica. Como produto da ação humana, as contaminações de flúor podem ser advindas das atividades industriais na siderurgia, fundições, fabricação do alumínio, de louças e esmaltados, vidro, teflon, entre outras. Estas atividades são responsáveis pela introdução do flúor no ciclo hidrológico e pelo lançamento na atmosfera.

Estudos mostram que o flúor, em pequenas quantidades, traz benefícios à saúde humana, principalmente para as crianças, promovendo o endurecimento da matriz mineral dos dentes e esqueleto e, tem-se mostrado como o agente químico mais eficiente na prevenção da cárie dentária (3,4). Daí sua adição nos sistemas de abastecimentos públicos de água ser uma prática muito difundida. Contudo, acima de certos teores, passa a ser prejudicial, causando fluorose dental e esquelética, tanto em

Parte experimental

Reagentes e soluções

- Solução de Spands: esta solução foi adquirida no mercado. O reagente de Spands é o sal tri-sódico do ácido 4,5-di-hidroxi-3-(parassulfenilazo)-2,7-naftalenodissulfônico, $(HO)_2C_{10}H_3(SO_3Na)_2N:NC_6H_4SO_3Na$.
- Solução de oxicleto de zircônio 0,027% (m/v): pesou-se 0,1330 gramas de $ZrOCl_2 \cdot 8H_2O$ (Vetec) e adicionaram-se 25,0mL de ácido clorídrico 37% (Synth). O volume foi completado a 500,0mL com água desionizada.
- Solução padrão de flúor 10,0mg L⁻¹: pesou-se 0,2210 gramas de fluoreto de sódio anidro (Vetec) e transferiu-se para um balão volumétrico de 1000,0mL, completando o volume com água desionizada.
- Solução de referência: adicionaram-se 10,0mL de solução de Spands no balão volumétrico de 100,0mL e completou-se o volume com água desionizada. Esta solução denominou-se de Solução A. Adicionaram-se 7,0mL de ácido clorídrico 37% (Synth) em balão volumétrico de 10,0mL e completou-se o volume com água desionizada. Esta solução denominou-se de Solução B. Misturaram-se 100,0mL da Solução A com 10,0mL da Solução B. Esta foi a solução de referência utilizada para calibração do espectrofotômetro.

Preparo dos extratos de moringa

As sementes de *Moringa oleifera* foram obtidas de árvores cultivadas no Campus Umuarama da Universidade Federal de Uberlândia (Uberlândia - MG) e estão catalogadas no Herbário desta Universidade com o código N0 25.569. As cascas das sementes foram retiradas, manualmente, e então a polpa da semente foi triturada no liquidificador de uso doméstico. O pó da polpa da semente (PS) foi passado numa peneira sendo utilizado para os ensaios o pó com granulometria de 15 a 80 Mesh. O preparo do extrato consistiu em misturar 10,0 gramas do pó de PS com 200,0 mL de água desionizada, seguida de agitação por 5 minutos. O sobrenadante foi filtrado (papel de filtro - Whatman 50) e utilizado nos ensaios.

Para avaliar o uso da moringa na remoção do flúor, utilizou-se o seguinte procedimento: 5,0mL do extrato de 50,0g L⁻¹ foi misturado com 100,0mL de solução padrão de 3,0mg L⁻¹ de flúor. Esta mistura foi agitada por aproximadamente 5 minutos e após, uma alíquota de 50,0mL foi retirada e utilizada para as análises espectrofotométricas. Diferentes concentrações (12,5g L⁻¹; 25,0g L⁻¹; 50,0g L⁻¹ e 100,0g L⁻¹) e quantidades do extrato (5,0; 10,0; 25,0 e 50,0mL) foram estudadas buscando-se as condições adequadas para remoção do flúor em águas.

Construção da curva de calibração e determinação de flúor

A determinação do flúor foi feita por espectrofotometria de absorção molecular utilizando o Método de Spands (18). O equipamento utilizado foi um Espectrofotômetro de Absorção

seres humanos como em animais (5,6). Estudos mostram que 0,5mg L⁻¹ de flúor afeta o sistema imunológico e quociente de inteligência de crianças em fase de desenvolvimento (7). A fluorose dental se caracteriza clinicamente pela presença de estrias esbranquiçadas, em geral horizontais e translúcidas, no esmalte, sendo sua hipoplasia causada pela ingestão excessiva de flúor no período de calcificação dos dentes (8). O período de desenvolvimento dos dentes susceptíveis a fluorose é por volta dos 22 aos 36 meses de idade da criança e para os incisivos a ingestão de flúor é crítica até aos 36 meses após este período.

A quantidade máxima de ingestão de flúor pelo ser humano é estabelecida em função de sua idade e da quantidade de água ingerida diariamente (9). Nos países tropicais, onde a ingestão diária de água é maior, se admitem mais rigor no controle de flúor nas águas de abastecimento público.

Segundo a Organização Mundial da Saúde (7), o teor de flúor estabelecido como adequado na água potável varia entre 0,7 a 1,2mg L⁻¹, segundo as médias de temperaturas anuais (1,2 mg L⁻¹ para 18°C; 0,9mg L⁻¹ de 19°C a 26°C e 0,7mg L⁻¹ para 27°C).

No Brasil, a adição de flúor nas águas de abastecimento público "fluoretação" é obrigatória por lei federal a partir de 1974 (10).

Apesar de estudos mostrarem o efeito benéfico do flúor para o homem, é importante que as autoridades públicas competentes tenham a clareza do controle de flúor nas águas que abastecem a população.

A literatura descreve vários trabalhos utilizando materiais alternativos para remoção de flúor em águas (11-15).

A remoção de flúor em água de consumo geralmente envolve processos de precipitação e de adsorção. Os processos de adsorção utilizam o carvão, a alumina ou resinas de troca iônica. O uso de carvão ativado e resinas de troca iônica são eficientes para remoção de flúor em águas. No entanto, os processos envolvendo resinas são caros e frequentemente incluem etapas de regeneração das resinas. Os processos de adsorção são altamente dependentes do pH do meio sendo mais efetivos em pH menores que 3,0 (11). Nos processos de precipitação, geralmente o flúor é precipitado na forma de CaF₂. Dependendo da concentração de flúor nas águas, torna-se necessário incluir etapas adicionais para sua remoção. Neste caso, a água contendo 10-20mg L⁻¹ de flúor passa por colunas contendo adsorventes (alumina ativada, óxidos metálicos, fosfato de alumínio, resina de troca iônica ou outros). Entretanto, a recuperação das colunas de adsorção limita a aplicação deste processo (12).

Estudos na literatura relatam o uso da *Moringa oleifera* para clarificação de águas (16). A *Moringa oleifera* pertence a família Moringaceae sendo composta apenas de um gênero (*Moringa*) e quatorze espécies conhecidas. As sementes possuem polissacarídeos com forte poder aglutinante, o que permite o uso das sementes pulverizadas no tratamento de água por floculação e sedimentação (17). No entanto, ainda não existem dados envolvendo o uso da moringa para remoção de flúor em águas.

O objetivo deste trabalho é utilizar extratos de sementes de *Moringa oleifera* para redução da concentração de flúor em amostras de águas contendo este elemento em concentrações acima daquelas permitidas pela Legislação.

Molecular (Perkin-Helmer, Modelo 35) no comprimento de onda 570nm e caminho ótico de 1,0cm.

Preparou-se 50,0mL de soluções padrão de flúor no intervalo de 0,0 a 1,6mg L⁻¹ por diluição apropriada da solução padrão estoque. Juntou-se aos 50,0mL de cada solução padrão, 5,0mL da solução de Spands e 5,0mL da solução de oxiclreto de zircônio 0,027% (m/v). Procedeu-se a leitura no espectrofotômetro acertando o zero de absorbância com a solução de referência. O procedimento para determinação de flúor nas amostras de águas tratadas com o extrato de moringa foi o seguinte: em 50,0mL da amostra tratada, juntou-se 5,0mL da solução de Spands e 5,0mL da solução de oxiclreto de zircônio 0,027% (m/v) e procedeu-se a leitura.

Amostras

As amostras de águas de torneira e poço artesiano foram coletadas em frascos de polietileno e refrigeradas, por aproximadamente 4°C, até o momento da realização dos ensaios. As amostras de água mineral foram obtidas no comércio local.

Resultados e Discussão

Estudos utilizando as sementes da *M. oleifera* para redução da turbidez em águas (19) foram realizados com a polpa (PS), casca (CS) e semente integral (SI). Nestes estudos, foi comprovado que o componente responsável pela ação coagulante da moringa encontra-se em maior quantidade na polpa da semente. Dados da literatura mostram que a capacidade da moringa de coagular e flocular colóides em águas naturais que apresentam cor e turbidez se atribuem a uma proteína encontrada na semente da moringa. Gassen e colaboradores (20) isolaram e purificaram os agentes ativos de coagulação da moringa e observaram que se trata de uma proteína de peso molecular de 6.500 Daltons.

Neste contexto, nós avaliamos a viabilidade do uso das sementes de moringa para remoção de flúor em águas. Segundo a Portaria N0 518 do Ministério da Saúde de 25/03/2004, o

valor máximo de flúor em águas de abastecimento público é de 1,5mg L⁻¹. Em nossos trabalhos utilizamos amostras de águas nas quais o teor de flúor encontrava-se em concentrações maiores que 1,5mg L⁻¹.

Os estudos envolvendo o uso de sementes de moringa para remoção de flúor em águas foram efetuados utilizando solução padrão de flúor na concentração de 3,0mg L⁻¹ na presença de diferentes concentrações do extrato. Nos ensaios com 12,5mg L⁻¹ do extrato da moringa, não foi observada a redução significativa de flúor na água. Para a concentração de 25,0g L⁻¹ do extrato da moringa, foi observada uma diminuição da concentração de flúor da solução à medida que se aumentou o volume do extrato de moringa, sendo que para o volume de 50,0mL observou-se uma redução de 67% de flúor. O mesmo efeito foi observado para a concentração de 50,0g L⁻¹ do extrato de moringa, sendo que a partir de 10,0mL do extrato a concentração de flúor na solução foi menor que o limite de detecção do método proposto, portanto, não sendo possível quantificá-lo. Os dados apresentados na Tabela 1 mostram que é possível a remoção de 100% de flúor em amostras de água utilizando somente 10,0mL do extrato de 50,0g L⁻¹ de moringa. Nos ensaios com 100,0g L⁻¹ do extrato da moringa, foi observada a redução 100% de flúor na água utilizando 5,0mL do extrato.

A Figura 1 mostra os resultados obtidos utilizando diferentes volumes do extrato na concentração de 25,0g L⁻¹. Os dados mostram que o procedimento proposto pode ser uma alternativa para a remoção de flúor em águas.

O procedimento proposto foi aplicado para amostras de águas (água mineral, poço artesiano, águas de torneiras). O método proposto não apresentou sensibilidade suficiente para quantificar o flúor nestas amostras. Para tanto, nas amostras de águas analisadas adicionaram-se quantidades conhecidas de flúor até as concentrações finais de 1,0 e 3,0mg L⁻¹ de flúor. Os resultados mostrados na Tabela 2 representam os valores de concentrações de flúor obtidos após o uso das sementes de moringa.

De acordo com os resultados apresentados, ficou evidenciado que a polpa da semente de moringa é muito eficiente para

Volume do extrato (mL)	25,0 g L ⁻¹ do extrato		50,0 g L ⁻¹ do extrato	
	Conc. de Flúor (mg L ⁻¹)	Redução de Flúor (%)	Conc. De Flúor (mg L ⁻¹)	Redução de Flúor (%)
0,0	3,0	-	3,0	-
5,0	1,5	50	1,2	60
10,0	1,5	50	< L.D.	100
25,0	1,4	53	< L.D.	100
50,0	1,0	67	< L.D.	100

L.D.: Limite de Detecção

Tabela 1. Concentração de flúor em águas após utilização de extratos de moringa

Amostras	Torneira		Poço Artesiano		Mineral	
	Conc. flúor (mg L ⁻¹)	% Redução	Conc. flúor (mg L ⁻¹)	% Redução	Conc. flúor (mg L ⁻¹)	% Redução
Amostra	0,2	-	< L.D.	-	< L.D.	-
Ámostra + 1,0 mg L ⁻¹ flúor	0,6	46	0,7	32	0,7	56
Ámostra + 3,0 mg L ⁻¹ flúor	0,9	51	1,0	43	0,5	44

L.D.: Limite de Detecção

Tabela 2. Concentração de flúor em amostras de águas e percentagem de redução após utilização de 10,0mL de extrato de moringa (25,0 g L⁻¹)

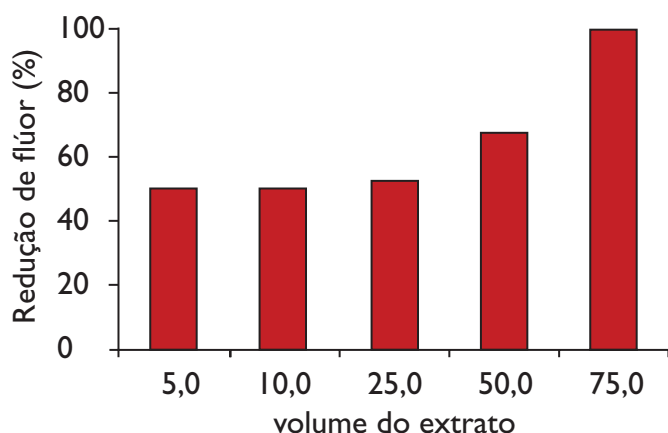


Figura 1. Redução (%) da quantidade de flúor utilizando diferentes volumes de moringa (25,0 g L⁻¹)

a remoção de flúor em águas. No entanto, salienta-se que a remoção completa (100%) de flúor em águas não é recomendada pelo fato da presença de flúor em quantidades adequadas em águas de consumo ser importante para o ser humano.

A equação típica para a curva de calibração na determinação de flúor em águas utilizando o método proposto foi de $Y = -0,0575X + 0,5224$, onde Y é o sinal analítico (absorbância) e X é a concentração de flúor (em mg L⁻¹). O coeficiente de correlação foi de 0,9985. Os limites de detecção (três vezes o desvio padrão) e de quantificação (10 vezes o desvio padrão) para esta metodologia foram de 0,01 e 0,05mg L⁻¹ de flúor.

Conclusão

Neste estudo, foi possível constatar que, nas condições experimentais avaliadas, as sementes de moringa podem ser usadas para remoção de flúor em águas de abastecimento público que apresentam teores de flúor acima daqueles permitidos pela Legislação.

O procedimento proposto é muito simples e de baixo custo, trazendo melhoria da qualidade de água, sendo uma alternativa ao tratamento simplificado de águas.

Referências

1. <http://www.portal.saude.gov.br>, Portaria N0 518 do Ministério da Saúde de 25/03/2004, acesso em 21/08/2005.
2. Viegas AR. **Rev. Bras. Med.**, 46, 209-216, 1989.
3. Pinto VG. **Saúde bucal: odontologia social e preventiva.** 2ª Ed., São Paulo, 415 p, 1990.
4. Chaves MM, Frankel JM, Mello C. **Rev. APCD**, 7, 27-33, 1973.
5. Horowitz HS. *J. Public Health Dent.*, 46, 179-183, 1986.
6. Evans WR, Stamm JW. **J. Publ. Health Dent.**, 49, 259-271, 1989.
7. World Health Organization. *Preventive methods and programs for oral disease.* Geneva: WHO, 47 p, 1984.
8. Nikiforuk G. **Rev. Saúde Pública**, 2, 88-112, 1985.
9. Pinto VG. *Estudo epidemiológico sobre prevalência da cárie dental em crianças de 7 a 14 anos: Brasil, 1993.* Brasília: SESI-DN, 52 p, 1996.
10. *Água: qualidade, padrões de potabilidade e poluição.* São Paulo, CETESB, p. 24, 1974.
11. Srimurali M, Pragathi A, Karthikeyan J. **Environ. Poll** 99, 285-289, 1998.
12. Shen F, Chen X, Gao P, Chen G. **Chem. Eng. Sci.** 58, 987-993, 2003.
13. Nidiaye PI, Moulin P, Dominguez L, Millet JC, Charbit F. **Desalination** 173, 25-32, 2005.
14. Hu CY, Lo SL, Kuan WH. **Wat. Res.** 37, 4513-4523, 2003.
15. Yang M, Hashimoto T, Hoshi N, Myoga H. **Wat. Res.** 33, 3395-3402, 1999.
16. Ndabigengesere A, Narasiah KS. **Wat. Res.** 32, 781-791, 1998.
17. Okuda T, Baes AU, Nishijima W, Okada M. **Wat.Res.** 35, 405-410, 2001.
18. Pregnotatto W, Pregnotatto NP. *Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz*, São Paulo, 1985.
19. Silva CA. *Estudos aplicados ao uso da Moringa oleifera como coagulante natural para melhoria da qualidade de águas*, Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-graduação em Química, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, MG, 2005.
20. Gassen HG, Gassenschmidt U, Jany KD, Tauscher B, Wolf S. **Biol. Chem.** 371, 768-769, 1990.