



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM QUÍMICA
INSTITUTO DE QUÍMICA

MOV /
54 /
35268 /
TES/MEU

**"Estudos aplicados ao uso da Moringa oleifera como
coagulante natural para melhoria da qualidade de
águas"**

CLEUZA APARECIDA DA SILVA

Uberlândia - 2005

SISBI/UFU



1000223261



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM QUÍMICA
INSTITUTO DE QUÍMICA

**“Estudos aplicados ao uso da Moringa oleifera como
coagulante natural para melhoria da qualidade de
águas”**

CLEUZA APARECIDA DA SILVA

Dissertação apresentada como exigência do
Programa de Pós-Graduação em Química, do
Instituto de Química da Universidade Federal
de Uberlândia, para a defesa de Mestrado.

ORIENTADORA: PROF^A. DR.^a NIVIA MARIA MELO COELHO

*Dedico este trabalho a Deus, a meus pais,
José e Elza, a minha irmã Fátima pelo
amor, carinho, paciência e dedicação.*

Agradecimentos

À minha Mãe e Intercessora Nossa Senhora de Aparecida, por me acolher em seus braços nos momentos difíceis. À ti Mãe da ternura, meu amor filial e minha veneração.

À minha orientadora Nívia Maria Melo Coelho, pela amizade, companheirismo e paciência. Minha gratidão, respeito e amizade. Muito obrigada por tudo.

Ao meu cunhado Luiz, pela amizade e aos meus sobrinhos Luiz Carlos, Paulo Robson e Washington Luiz, por serem tão importantes em minha vida. Muito obrigada por vocês fazerem parte da minha história.

Minha sincera gratidão ao Mauro e Arlete por estarem presentes e demonstrarem uma grande amizade por mim nos momentos difíceis de minha vida.

À Luciene e Fernanda pela disposição em colaborarem com o desenvolvimento deste trabalho. Muito obrigada.

Ao Ildo pelo auxílio no laboratório e pela amizade durante o mestrado. Minha eterna gratidão.

A Izabel e Marina pela amizade e atenção disponibilizada. Muito obrigada

Aos colegas, Joelma, Celso, Lidiany e Aline obrigada pelos momentos compartilhados juntos.

A todos que direta ou indiretamente colaboraram na execução deste trabalho.

ABSTRACT

The purpose of this study was to use of *Moringa oleifera* seeds as an alternative coagulant for water treatment.

The *M. oleifera* seeds were obtained from cultivated plants in Campus Umuarama of Federal University of Uberlândia (Uberlândia/MG). The moringa extracts were prepared mixing 10.0 grams of powder of seeds in 200 mL of water and agitation by 90 minutes. Measurements of pH, conductivity, turbid and total solids were made after and before water treating with *M. oleifera* seeds. In this case, 15.0 mL of 50 g.L⁻¹ extract were mixing in water and agitated by 5 minutes in 400 rpm and 15 minutes in 200 rpm.

Studies involving concentration coagulant, time and temperature of extraction step and pH were made to optimise the conditions to removal turbidity of water samples. Extracts shown to have large effects on turbidity removal (92-96% reduction).

The feasibility of water treatment process for fluoride removal also has been evaluated. Fluoride ions were removed from a solution using 10.0 mL of moringa extract on the 50.0 g.L⁻¹ concentration. In this condition, the removal of fluoride was 100%.

The data shown that the *M. oleifera* is an effective natural coagulant which can be used in water treatment. Additionally, the using coagulants derived from *Moringa oleifera* seeds shown to be feasible for treating water, a low cost procedure, provide alternative procedure of treatment water for communities that not have treating water and also reduce potential health hazards from chemical overdosing of traditional coagulants.

Keywords: Moringa oleifera seeds, water treatment, natural coagulant

Sumário

Lista de figuras.....	viii
Lista de tabelas.....	ix
Lista de abreviaturas.....	x
1. INTRODUÇÃO.....	01
2. OBJETIVOS.....	03
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	04
3.1 - Tratamento convencional de água.....	04
3.2 - Processo de coagulação/floculação de águas.....	07
3.2.1 - Compressão da camada difusa.....	10
3.2.2 - Adsorção e neutralização de cargas.....	11
3.2.3 - Varredura.....	11
3.2.4 - Adsorção e Formação de Pontes.....	11
3.3 - Coagulantes naturais.....	12
3.4 - O flúor em águas.....	14
3.5 - A Moringa.....	18
3.6 - Uso de sementes de moringa no tratamento de águas.....	23
4 - PARTE EXPERIMENTAL.....	25
4.1 – Reagentes e soluções.....	25
4.2 – Instrumentação.....	26
4.3 – Metodologia analítica.....	26
4.3.1 – Parâmetros físico-químicos avaliados.....	26
4.3.2 – Variáveis estudadas na etapa de coagulação/floculação.....	27
4.3.3 – Preparação do extrato de moringa.....	27
4.3.4 – Ensaios de coagulação e floculação.....	28
4.3.5 – Ensaios com a moringa para determinação de sólidos totais.....	28
4.3.6 – Ensaios com o extrato de moringa para remoção de flúor.....	29

4.3.7 – Construção da curva de calibração para determinação de flúor.....	29
4.3.8 – Amostras.....	30
5 – RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	32
5.1 – Ensaio de coagulação envolvendo a semente da moringa.....	32
5.2 - Extrações consecutivas do pó da moringa.....	34
5.3 - Efeito do tempo de extração.....	36
5.4 – Efeito da temperatura durante a etapa de extração.....	39
5.5 – Efeito do pH na etapa de coagulação.....	41
5.6 - Ensaio comparativo utilizando sulfato de alumínio como coagulante.....	42
5.7 - Ensaio com a moringa e determinação de sólidos totais.....	44
5.8 – Determinação de flúor nas amostras de águas.....	46
5.9 – Determinação de flúor nas amostras de águas tratadas com moringa.....	47
6 – CONCLUSÕES	50
7 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	51
ANEXO I.....	57
ANEXO II.....	71

Lista de Figuras

Figura 1 - Equivalência da ingestão de 1,0 grama de moringa comparada com outros alimentos.....	18
Figura 2 - Árvores de moringa da espécie <i>Moringa oleifera</i>	19
Figura 3 - Vagens de moringa.....	20
Figura 4 – Sementes de moringa.....	20
Figura 5 – Folhas de moringa.....	21
Figura 6 - Redução da turbidez(%) obtida nos ensaios de coagulação utilizando CS,SI e PS.....	32
Figura 7 - Medidas de condutividade obtidas nos ensaios de coagulação utilizando CS,SI e PS.....	33
Figura 8 - Medidas de pH obtidas nos ensaios de coagulação utilizando CS, SI e PS.....	33
Figura 9 – Redução da turbidez (%) obtida nos ensaios de coagulação utilizando os diferentes tempos de extração	37
Figura 10 – Medidas de condutividade obtidas nos ensaios de coagulação utilizando os diferentes tempos de extração.....	37
Figura 11 – Medidas de pH obtidas nos ensaios de coagulação utilizando os diferentes tempos de extração.....	38
Figura 12 – Redução de turbidez (%) nos ensaios de coagulação utilizando diferentes temperaturas durante a extração.....	39
Figura 13 – Valores de condutividade (μS) obtidos nos ensaios de coagulação utilizando diferentes temperaturas durante a extração.....	40
Figura 14 - Valores de pH obtidos nos ensaios de coagulação utilizando diferentes temperaturas durante a extração	41
Figura 15 – Efeito do pH nos ensaios de coagulação.....	42
Figura 16 - Comparação da redução da turbidez (%) utilizando a PS de moringa e o sulfato de alumínio como coagulante.....	43
Figura 17 – Redução de sólidos totais utilizando diferentes quantidades de sementes de moringa.....	46
Figura 18 - Curva analítica de concentração na determinação de flúor.....	47
Figura 19 - Redução da quantidade de flúor utilizando diferentes volume de moringa (25 g.L^{-1})	50

Lista de Tabelas

Tabela 1 - Parâmetros de qualidade de água destinados ao consumo humano de acordo com a Portaria 518 do Ministério da Saúde.....	05
Tabela 2 - Percentagem (em massa) de proteínas, lipídeos e carboidratos nas sementes da moringa.....	22
Tabela 3 - Características de extratos aquosos de sementes de <i>M. oleifera</i>	24
Tabela 4 - Redução da turbidez para as diferentes extrações.....	35
Tabela 5 - Efeito no pH de águas para diferentes extrações.....	35
Tabela 6 - Efeito na condutividade de águas para diferentes extrações.....	36
Tabela 7 - Uso de sementes de <i>Moringa oleifera</i> para diminuição dos sólidos totais em amostra de águas de lagoa.....	44
Tabela 8 - Uso de sementes de <i>Moringa oleifera</i> para diminuição dos sólidos totais em amostra de águas de indústrias.....	45
Tabela 9 - Concentração de flúor em águas após utilização de extratos de moringa.....	48
Tabela 10 - Concentração de flúor em águas reais (torneira, poço artesiano, mineral) e porcentagem de redução após utilização de 10 mL de extrato de moringa (25 g.L ⁻¹).....	49

Lista de Abreviaturas

CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo

CS – Casca da Semente

ETA – Estação de Tratamento de Água

NTU – Unidades Nefelométricas

PS – Polpa da Semente

Rpm – rotações por minutos

SI – Semente Integral

1. Introdução

A água é essencial para a existência e bem-estar do ser humano, devendo ser disponível em quantidade suficiente em 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, quantidades definidas geralmente por decretos, regulamentos ou especificações (Anexo I).

A Companhia de Tecnologia Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo, CETESB, define poluição como "qualquer substância que possa tornar o meio ambiente impróprio, nocivo ou ofensivo à saúde, inconveniente ao bem estar público, danoso aos materiais, à fauna, à flora ou prejudicial à segurança, ao uso e gozo da propriedade e às atividades normais da comunidade". Portanto, qualquer substância causadora de poluição é denominada poluente (CETESB, 1999).

No Brasil, estima-se que 60% das internações hospitalares estejam relacionadas às deficiências do saneamento básico, que geram outras conseqüências de impacto extremamente negativo para qualidade e a expectativa de vida da população. Estudos indicam que cerca de 90% dessas doenças se devem à ausência de água em quantidade satisfatória ou à sua qualidade imprópria para o consumo (Azevedo, 1999). Em muitas localidades brasileiras tem sido comum a distribuição de água que não atende ao padrão de potabilidade vigente no país. Além de problemas operacionais, a escolha inadequada da tecnologia adotada no projeto da Estação de Tratamento de Água (ETA) acarreta sérios prejuízos à qualidade da água produzida (CETESB, 1993).

As populações que moram nas grandes e médias cidades brasileiras recebem águas de qualidade razoáveis, pois estas são tratadas por processos convencionais, de alto custo, para atenderem aos padrões brasileiros de potabilidade, segundo a Portaria do Ministério da Saúde N^o 518 de 25/03/2004.

Entretanto, as pessoas que habitam nas pequenas cidades, nas comunidades da periferia dos grandes centros populacionais, nos distritos e vilas municipais do interior do país, bem como da zona rural, geralmente são abastecidas com água contaminada com germes patogênicos e/ou dotadas de substâncias químicas tóxicas com teores inadequados para ingestão humana.

Apesar das várias opções que podem ser adotadas para o tratamento da água, o desenvolvimento econômico-social do nosso país ainda não é suficiente para abastecer toda população brasileira de água potável, mesmo com sistemas simplificados, de baixo investimento e que usem tecnologia de tratamento de água que seja compatível com as condições sócio-econômicas e ambientais dessa população.

Diante do exposto e tendo em vista a realidade do abastecimento de água das pequenas comunidades do interior do país e da periferia das grandes cidades, busca-se técnicas alternativas para tratamento de água, em sistema de abastecimento comunitário, visando à melhoria da saúde pública e das condições de vida da população.

Por esse fato, nos últimos anos tem-se buscado na biodiversidade vegetal um coagulante natural para clarificação de águas turvas e/ou coloridas que apresente baixa toxicidade e seja de uso simples, barato e de fácil obtenção e aplicação.

A literatura tem registrado alguns trabalhos com uso de coagulantes e/ou auxiliares de coagulação de origem orgânica (McConnachie et al., 1999), constituídos a base de polissacarídeos, proteínas e principalmente, os amidos, entre os quais têm se destacados a farinha de mandioca, aararuta e a fécula de batata (Carrijo, 2002).

Das muitas espécies de plantas testadas em todo mundo, algumas apresentaram grande capacidade de clarificar (limpar) águas *in natura* (brutas) que contenham impurezas. Quando usadas como coagulantes naturais, na clarificação da água, para diminuir sua cor e turbidez, as plantas têm apresentado bons resultados, principalmente da família das Moringaceae, destacando-se a espécie *Moringa oleifera* (Ndabigengesere et al., 1995; Ndabigengesere et al., 1998).

2. Objetivos

- Propor e estudar novos procedimentos para tratamento e melhoria da qualidade de águas através do uso de sementes da *Moringa oleifera* no tratamento simplificado de águas analisando alguns parâmetros como turbidez, pH, condutividade, sólidos totais em amostras de água,

- Utilizar as sementes de moringa para redução da concentração de flúor em amostras de águas contendo este elemento em concentrações acima daquelas permitidas pela legislação,

- Aplicar o procedimento proposto em amostras de águas reais.

3. Revisão Bibliográfica

3.1 - Tratamento convencional de água

O processo convencional de tratamento de água é constituído de várias etapas. Dentre estas, destaca-se o processo de clarificação da água que consiste de etapas de coagulação, floculação e decantação (Azevedo, 1999). Estas operações têm como principais objetivos a remoção do material particulado, remoção da matéria orgânica dissolvida, que conferem cor a água, e remoção de organismos patogênicos tais como bactérias e vírus. Estas operações podem evidentemente variar dependendo da fonte de água e igualmente dos padrões a serem alcançados. No caso do tratamento de águas superficiais, a água se move pela ação gravitacional e a primeira etapa consiste na remoção de material com maior tamanho através de grades. Ocasionalmente, a água que apresenta baixa turbidez pode ser tratada através da decantação direta, sem adição de substâncias químicas, e posterior filtração, para remoção de partículas menores que não se decantam naturalmente. Em muitos casos, no entanto, um agente químico é adicionado para coagular e flocular as partículas com menor tamanho (McConnachie *et al.*, 1999).

A coagulação/floculação é um procedimento químico e físico onde partículas muito pequenas são desestabilizadas e estão agregadas para que possam se decantar. Um percentual significativo das partículas presentes em águas superficiais são tão pequenas que demorariam dias ou até mesmo semanas para decantarem naturalmente. A coagulação é um processo químico usado para se desestabilizar partículas coloidais. Adiciona-se um agente químico para gerar íons carregados positivamente na água, que contém colóides carregados negativamente. Como resultado, ocorre uma redução na repulsão existente entre as partículas.

Normalmente, não é possível se obter uma solução totalmente clarificada apenas através do uso da decantação direta ou ainda pela combinação da coagulação/floculação e decantação (CETESB, 1993). Assim sendo, faz-se necessário o uso da filtração na extensa maioria dos processos de tratamento de água. Ela consiste na remoção de partículas suspensas e coloidais e de microrganismos presentes na água que escoam através de um meio granular. Em geral, a filtração é o processo final de remoção de impurezas realizado numa Estação de Tratamento de Água - ETA, portanto, principal responsável pela produção de água com qualidade condizente com o Padrão de Potabilidade conforme Portaria do Ministério da Saúde N^o 518 de 25/03/2004 (Anexo I).

A Tabela 1 mostra alguns parâmetros de qualidade de águas.

Tabela 1 – Parâmetros de qualidade de água destinados ao consumo humano de acordo com a Portaria do Ministério da Saúde N^o 518 de 25/03/2004.

PARÂMETRO	Unidade	VMP ⁽¹⁾
Alumínio	mg/L	0,2
Amônia (como NH ₃)	mg/L	1,5
Cloreto	mg/L	250
Cor Aparente	uH ⁽²⁾	15
Dureza	mg/L	500
Etilbenzeno	mg/L	0,2
Ferro	mg/L	0,3
Manganês	mg/L	0,1
Monoclorobenzeno	mg/L	0,12
Odor	-	Não objetável ⁽³⁾
Gosto	-	Não objetável ⁽³⁾
Sódio	mg/L	200
Sólidos dissolvidos totais	mg/L	1.000
Sulfato	mg/L	250
Sulfeto de Hidrogênio	mg/L	0,05
Surfactantes	mg/L	0,5
Tolueno	mg/L	0,17
Turbidez	UT ⁽⁴⁾	5
Zinco	mg/L	5
Xileno	mg/L	0,3

NOTAS: (1) Valor máximo permitido, (2) Unidade Hazen (mg Pt-Co/L), (3) critério de referência, (4) Unidade de turbidez.

Para assegurar que a água esteja livre de microorganismos patogênicos, ela deve passar por um processo de desinfecção. A cloração é o método de desinfecção mais utilizado na maioria dos países (OMS, 1996). Quantidades suficientes de cloro, na forma do gás cloro ou ainda de hipoclorito, são adicionadas à água visando destruir ou inativar os organismos alvo. A cloração é um método confiável, de baixo custo e simples para aplicação. Outras operações importantes a serem verificadas são: cor, odor, turbidez, pH, dureza total e metais pesados.

A turbidez das águas é devida à presença de partículas em suspensão e estado coloidal, as quais podem apresentar ampla faixa de tamanhos. A turbidez pode ser causada por uma grande variedade de matérias, incluindo partículas de areia fina, argila e microorganismos. As partículas de menor tamanho e com baixa massa específica são mais difíceis de serem removidas nas ETA, por apresentarem menor sedimentação (Di Bernardo, 2002). Quanto menor a turbidez da água produzida nas ETA, mais eficiente será o processo de desinfecção.

O processo não convencional de tratamento de águas não segue todas as etapas realizadas na ETA, por isso é chamado de simplificado, mas é de grande importância, pois, propicia uma adequada qualidade da água. Tais processos envolvem etapas como fervura, sedimentação simples, filtração lenta, aeração, e outros.

As águas destinadas ao abastecimento público, antes do tratamento, geralmente, apresentam cor e turbidez elevadas que lhes conferem características de águas turvas e coloridas, devido à presença de determinadas substâncias ou misturas dispersas em seu meio, formando impurezas.

Com o desenvolvimento da humanidade, o homem descobriu que determinados produtos químicos quando adicionados à água se ionizavam, reagiam com a matéria dispersa e formavam coágulos que precipitavam deixando a água límpida.

Muitos coagulantes são usados nos processos de tratamento de água, como coagulantes inorgânicos (sais de alumínio e ferro), polímeros orgânicos sintéticos e naturais. Os sais de alumínio são os coagulantes mais usados no tratamento de água por ser de baixo custo e com capacidade já provada como coagulante no tratamento de águas.

Os coagulantes clássicos ou convencionais, tais como sulfato de alumínio, cloreto ferroso, cloreto férrico, além de outros, devido a grande eletropositividade dos elementos químicos que os compõem, quando são dissolvidos na água, geralmente, formam compostos gelatinosos, dotados de cargas positivas (coagulantes catiônicos). O mecanismo de formação dos flocos ocorre através

da neutralização entre acidez do coagulante e a alcalinidade natural ou adicionada à água, que por atração eletrostática entre as cargas positivas resultantes da ionização do coagulante e as cargas negativas das partículas (impurezas) que estão dispersas na água, formam os flocos (McConnachie *et al.*, 1999). Estes são maiores, mais pesados, dotados de ligações iônicas, que têm tendência de se precipitarem quando há uma diminuição de velocidade do fluxo da água.

Nas ETA, esses fenômenos começam a ocorrer de maneira simultânea na mistura rápida, e se consolidam durante a mistura lenta (floculação).

A coagulação convencional depende diretamente das características da água bruta e da quantidade de impureza que ela contém, conhecidas através da determinação de parâmetros como pH, alcalinidade, cor, turbidez, condutividade, força iônica, sólidos totais dissolvidos, etc. Esse fato confere à água flocos mais pesados e com maior capacidade de decantação.

Nos últimos anos, têm sido desenvolvidos diversos compostos poliméricos de ferro e alumínio, constituindo um novo tipo de coagulante amplamente usado nos países do primeiro mundo, conhecidos como “polímeros inorgânicos” e que aplicados com muita eficiência no tratamento de águas de qualidade diversas (Orlando *et al.*, 2003).

Atualmente, encontram-se disponíveis no mercado vários tipos de polímeros de alumínio e ferro e a eficiência de cada um depende basicamente da relação entre os íons ferro e alumínio, nos seus agregados iônicos (McConnachie *et al.*, 1999).

Os coagulantes naturais já estiveram em uso no tratamento de águas antes dos sais de alumínio e de ferro e são coagulantes biodegradáveis e já apontados como certos para a saúde humana. No entanto, o uso de coagulantes naturais aumenta a quantidade de matéria orgânica na água conferindo odor e sabor desagradável.

Os coagulantes naturais biodegradáveis têm feito o homem buscar na biodiversidade dos recursos naturais um coagulante para clarificação de águas turvas e/ou coloridas que apresente baixa toxicidade e seja de uso simples, barato e de fácil obtenção e aplicação (Diaz *et al.*, 1999).

3.2 – Processo de coagulação/floculação de águas

As águas naturais, superficiais ou subterrâneas que se encontram na natureza são chamadas de brutas ou *in natura*.

As águas naturais, principalmente as águas superficiais próximas às zonas urbanas, industriais e regiões desmatadas, contêm uma grande variedade de impurezas, destacando-se as

partículas coloidais, substâncias húmicas, plancton e microorganismos em geral (Donald e Reasoner, 2000).

As impurezas que estão na água, apresentam cargas superficiais negativas. Estas cargas são negativas devido a maior parte das águas naturais superficiais apresentarem vários tipos de argilas que praticamente são constituídas de silicatos de alumínio, que sofrem hidratação formando grupos silanois que ionizam gerando cargas negativas.

As substâncias húmicas também contribuem com partículas negativas em suspensão na água e apresentam uma variedade de compostos com grupos parcialmente ionizados como os fenólicos, as aminas e os ácidos carboxílicos. De maneira geral, todas as partículas coloidais dispersas em águas, cujo pH se encontra entre 5 e 10, apresentam cargas negativas. Existem diversas teorias que procuram explicar este fato; entre elas, está a hipótese da ocorrência de adsorção seletiva de íons eletronegativos.

Como dificilmente uma água a ser tratada foge a essa gama de valores de pH, os estudos de coagulação e floculação desenvolveram-se baseados em modelos e partículas coloidais negativas (CETESB, 1977). Sabe-se que um sistema coloidal pode ser desestabilizado pela adição de íons de carga contrária às das partículas coloidais - substâncias químicas denominadas de coagulantes. Portanto, para que as impurezas possam ser removidas é necessário alterar algumas propriedades da água e, conseqüentemente, de suas impurezas, através da adição de determinadas substâncias químicas, denominadas de coagulantes.

A coagulação de uma água turva e/ou colorida é definida como o processo de tratamento de água que tem como objetivo fundamental a formação de partículas desestabilizadas eletricamente. A floculação é caracterizada pela aglutinação das partículas resultantes dessa coagulação, como o material finamente dividido (impurezas), disperso no seio da água, que lhe confere cor e turbidez. Na prática, esses fenômenos ocorrem quase que simultaneamente. Por esse fato, não se usa tratá-los separadamente. A ocorrência dos fenômenos coagulação/floculação química e mais a decantação ou sedimentação propiciam a clarificação, que é definida como o processo de remoção de cor e turbidez de águas naturais. No tratamento de água para qualquer finalidade, a coagulação/floculação e sua conseqüente clarificação constituem etapas fundamentais desses processamentos (Di Bernardo, 2002).

Assim, quando a água a ser tratada necessita da coagulação/floculação química, essa etapa passa a ser o ponto de maior importância em qualquer tecnologia de tratamento.

O processo de tratamento envolvido na coagulação constitui de duas etapas:

- mistura rápida: o coagulante dissolvido é rapidamente dispersado na água a ser tratada, geralmente por meio de agitação da água,
- mistura lenta: a mistura, contendo o coagulante, é agitada a velocidade mais baixa por períodos mais longos, durante o período que as partículas menores (coágulos) crescem, aglutinam-se e aglomeram-se em flocos bem definidos.

Nas ETA, os processos de coagulação/floculação são entendidos como a transformação das impurezas invisíveis, que estão na água em suas diversas formas, em partículas maiores, mais densas e, conseqüentemente, mais pesadas, chamadas flocos, capazes de serem retiradas do meio, através da decantação ou sedimentação, filtração ou flotação.

A coagulação/floculação, quando realizada com sais de alumínio e ferro resulta de dois fenômenos: o primeiro, que é essencialmente químico, consiste na reação do coagulante com a água, formando espécies hidrolisadas com carga positiva. Depende da concentração do metal presente, da temperatura, da quantidade de impurezas e do pH final da mistura. O segundo fundamentalmente físico consiste no transporte das espécies hidrolisadas para que haja contato com as impurezas presentes na água (Di Bernardo, 2002).

Quando a coagulação/floculação é realizada por polieletrólitos, acredita-se que o processo pode acontecer sem a ocorrência do fenômeno químico, não havendo reações de neutralização entre o coagulante e a água, para formar complexos gelatinosos, como ocorrem com os coagulantes derivados de sais de alumínio e ferro. Esse acontecimento é devido ao fato deles já serem constituídos de complexos dotados de grandes cadeias moleculares, que apresentam pontos (sítios) com cargas positivas ou negativas, que têm grande capacidade de adsorção de partículas ao seu redor. Por esse motivo, a coagulação/floculação com polietrólitos, praticamente, independe da alcalinidade da água, podendo ocorrer uma grande faixa de valores de pH (entre 4 a 12).

O mecanismo através do qual ocorre a coagulação/floculação das impurezas que estão contidas nas águas naturais, depende do tipo de coagulante usado no processo de tratamento adotado, com o objetivo de se obter água tratada para fins domésticos ou industriais.

Segundo Di Bernardo (Di Bernardo, 2002) a coagulação é resultante da ação de quatro mecanismos distintos: compressão da camada difusa, adsorção e neutralização, varredura, adsorção e formação de pontes.

3.2.1-Compressão da camada difusa:

O processo de coagulação por compressão da camada difusa ocorre quando sais simples, como cloreto de sódio, são introduzidos em um sistema coloidal aumentando a densidade de cargas na camada difusa e diminuindo a esfera de influência de partículas.

O aumento de íons positivos e negativos na água acarreta acréscimo de número de íons na camada difusa que, para se manter eletricamente neutra, tem seu volume reduzido de modo que as forças de Van Der Waals resultam dominantes e reduz a estabilização eletrostática.

A camada com elevada concentração de íons próximos à superfície do colóide é denominada “Camada de Stern”, a partir da qual se forma a camada difusa, na qual a concentração de íons é menor. O potencial elétrico criado pela presença do colóide na água diminui com a distância, a partir da superfície do mesmo, onde é denominado “Potencial de Nernst”. Há uma distância mínima entre a superfície do colóide e os íons de carga contrária na qual o potencial decresce linearmente; em seguida, a diminuição resulta exponencial, passando pela fronteira das camadas compacta e difusa, região em que o potencial elétrico é conhecido como “Potencial Zeta”. O potencial Zeta está associado à aplicação da diferença de potencial em uma amostra de água contendo colóides negativos de tal forma que certa porção do meio, em torno de partícula, caminha como está até o eletrodo positivo, caracterizando o “Plano de Cisalhamento”.

De acordo com Di Bernardo (Di Bernardo, 2002), os principais aspectos relacionados ao fenômeno da compressão da dupla camada são:

- i) a quantidade de eletrólitos necessários para conseguir a coagulação é praticamente independente da concentração de colóide na água;
- ii) nesse mecanismo, não é possível causar a reversão de carga dos colóides (reestabilização), independentemente da quantidade de eletrólitos adicionada.

3.2.2-Adsorção e neutralização de cargas:

Há algumas espécies químicas capazes de serem adsorvidas na superfície das partículas coloidais. Se essas espécies possuírem carga contrária à da superfície dos colóides haverá desestabilização dos mesmos. A atração entre a superfície e a espécie adsorvida resulta, provavelmente, de interações como ligações de hidrogênio e reações de coordenação e de troca iônica.

São três as principais diferenças existentes entre os mecanismos de compressão da camada difusa e adsorção-neutralização de carga;

- i) as espécies adsorvíveis são capazes de desestabilizar os colóides em dosagens muito inferiores às necessárias para a compressão da camada difusa.
- ii) a relação existente entre a concentração dos colóides e a quantidade necessária de espécies desestabilizantes por adsorção segue relação estequiométrica.
- iii) é possível ocorrer à reversão da carga superficial das partículas coloidais por meio da dosagem excessiva de espécies adsorvíveis.

3.2.3-Varredura

Dependendo da dosagem de coagulante, do pH da mistura e da concentração de alguns tipos de íons na água, poderá ocorrer a formação de precipitados que são espécies hidrolisadas com cargas positivas. As partículas coloidais presentes comportam-se como núcleos de condensação.

O mecanismo de varredura é muito usado nas Estações de Tratamento de Águas (ETA) em que se têm floculação e sedimentação antecedendo a filtração. Esse mecanismo de coagulação também é adotado quando a clarificação é feita por flotação.

3.2.4-Adsorção e Formação de Pontes

Há uma grande variedade de compostos naturais e sintéticos, caracterizados por grande cadeia molecular, que tem propriedade de apresentar grupos com carga ao longo da cadeia e são capazes de agir como coagulante. Tais compostos são denominados polieletrólitos, podem ser classificados como aniônicos, catônicos, anfotéricos e não iônicos (sítios), dependendo da característica do grupo com carga que apresentam. Pesquisas do comportamento desses compostos têm mostrado que é possível a desestabilização de colóides carregados negativamente

por ambos os tipos de polímeros, catiônicos e aniônicos. Acredita-se que o processo de coagulação/floculação pode acontecer sem a ocorrência do fenômeno químico, entre o coagulante e a água, para formar complexos gelatinoso, como ocorre com os coagulantes derivados de sais de alumínio e ferro, por serem constituídos de complexos dotadas de grandes cadeias moleculares, que apresentam pontos (sítios) com cargas positivas ou negativas. Segundo Mendes (1989), a teoria desenvolvida para explicar o comportamento dos polímeros como coagulantes é baseada na adsorção dos mesmos à superfície das partículas coloidais, seguidos ou pela redução da carga ou pelo "Entrelaçamento" das partículas pelos polímeros.

Segundo Mendes (Mendes, 1998), a teoria desenvolvida para explicar o comportamento dos polímeros como coagulantes é baseada na adsorção dos mesmos à superfície das partículas coloidais, seguidos ou pela redução da carga ou pelo entrelaçamento das partículas pelos polímeros.

3.3 - Coagulantes naturais

Apesar das várias opções que podem ser adotadas para o tratamento da água, o desenvolvimento econômico-social do nosso país, ainda não é suficiente para abastecer toda população brasileira de água potável, mesmo com sistemas simplificados, de baixo investimento e que usem tecnologia de tratamento de água, que seja compatível com as condições sócio-econômicas da população.

Diante do exposto em tendo e vista a realidade do abastecimento de água das pequenas comunidades do interior do país e da periferia das grandes cidades, é importante dispor de técnicas alternativas para tratamento de água, em sistema de abastecimento comunitário, visando à melhoria da saúde pública e das condições de vida da população.

A literatura tem registrado alguns trabalhos com uso de coagulantes e/ou auxiliares de coagulação de origem orgânica (Bag *et al.*, 1998), constituídos a base de polissacarídeos, proteínas e principalmente, os amidos, entre os quais têm se destacados: farinha de mandioca, araruta e fécula de batata (Carrijo, 2002).

O mecanismo de coagulação desses compostos orgânicos e inorgânicos é semelhante ao mecanismo de coagulação/floculação dos polieletrólitos, já que todos eles são polímeros naturais constituídos de grandes cadeias de carbono ou de silício, dotados de sítios com pontos positivos

ou negativos, podendo na presença da água, se transformar em coagulantes catiônicos ou aniônicos, dependendo do saldo das cargas elétricas.

Tanto os polímeros sintéticos, como os naturais (amidos em geral), têm sido usados como auxiliar de coagulação/floculação, com o objetivo de aumentar a velocidade de sedimentação dos flocos, aumentar a resistência dos flocos contra as forças de cisalhamento que podem ocorrer com a veiculação da água após a floculação e propiciar a diminuição da dosagem do coagulante primário.

Por outro lado, a presença de um polieletrólito orgânico, natural ou sintético na água, pode aumentar seu teor de matéria orgânica ou inorgânica e causar problemas, como aparecimento de sabores desagradáveis e substâncias com odores ruins, caso essa matéria orgânica, não seja eliminada durante as fases da coagulação/floculação, sedimentação e desinfecção com cloro gasoso ou produto similar.

O amido é um polissacarídeo extraído de diversos cereais como milho, trigo, arroz, mandioca e da batata. O amido é caracterizado pela mistura de dois polímeros: amilase e amilopectina. Apresenta-se na forma de um pó branco uniforme, suave ao tato.

O amido pode ser empregado como polímero auxiliar com vantagens econômicas e sensíveis elevação da qualidade de água tratada. De modo geral, os amidos de batata e da araruta apresentam resultados melhores, águas decantadas e filtradas de melhor qualidade, com dosagens de amido variando entre 0,1 a 1,0 mg.L⁻¹ e com redução de pelo menos 20% na dosagem de coagulantes primários (Carrijo, 2002).

O tanato quaternário de amônio é um polímero orgânico catiônico sendo também utilizado como coagulante/floculante para o tratamento de águas. É extraído da casca de uma árvore conhecida como acácia negra. Trata-se de um produto natural, biodegradável e não altera o pH da água tratada; além disto a quantidade de resíduos produzidos em decantadores é de aproximadamente 10% menor do que produzidos com outros similares (Carrijo, 2002).

A quitosana é um polímero solúvel em água de massa molecular variando entre 10.000 a 1.000.000 Daltons sendo obtida principalmente de cascas de camarão. A quitosana pode ser utilizada em diversas áreas como medicina, fármacos (como antiácido, cicatrizante de úlcera, redução do colesterol), odontologia, agricultura, indústrias de cosméticos, de alimentos e de papel, tratamento de água e efluentes poluidores, substituição de fibras convencionais, etc. O caráter polycatiônico do polímero é certamente também responsável pela interação com

superfícies de cargas aniônicas, que é fundamental para as propriedades de bioadesividade da quitosana.

O interesse no aproveitamento das cascas de camarão pode ser justificado pela presença de pigmentos, sais de cálcio, proteínas e, principalmente, a quitina. O polímero quitosana, obtido por processo químico pela desacetilação da quitina, possui certas características importantes que o qualifica como material polimérico para a preparação de materiais adsorventes com aplicações na remoção de íons de metais pesados de águas poluídas e efluentes.

Em muitos países do mundo, diferentes espécies de plantas já são utilizadas como coagulantes naturais para clarificar águas turvas que se destinam ao consumo humano (Bag *et al.* 1998).

Das muitas espécies de plantas testadas em o todo mundo, algumas apresentaram grande capacidade de clarificar (limpar) águas *in natura* (brutas) que contenham impurezas. Quando usadas como coagulantes naturais, na clarificação da água, para diminuir sua cor e turbidez elas têm apresentado bons resultados, principalmente aquelas da família das Moringaceae, destacando-se a *Moringa oleifera* (Pollard *et al.*, 1995; Okuda *et al.* 2001a).

A *Moringa oleifera* pertence à família *Moringaceae* que é composta apenas de um gênero (*Moringa*) e quatorze espécies conhecidas. Os frutos verdes, folhas, flores e sementes torradas são altamente nutritivos e consumidos em muitas partes do mundo (Richter *et al.*, 2001). O óleo obtido das sementes da moringa pode ser usado no preparo de alimentos, na fabricação de sabonetes, cosméticos e como combustíveis para lâmparinas.

As sementes possuem polissacarídeos com forte poder aglutinante, o que permite o uso das sementes pulverizadas no tratamento da água por floculação e sedimentação, capaz de eliminar a turvação, micro-partículas, fungos, bactérias e vírus (Okuda *et al.*, 2001b). Desta forma, as sementes da moringa podem consistir de uma alternativa viável para o tratamento simplificado de águas.

3.4 - O flúor em águas

Dentre os diversos elementos químicos que são monitorados nas ETA, para melhoria da qualidade de águas, encontra-se o flúor. O flúor quando encontrado em águas de abastecimento público em quantidades acima daquelas permitidas pela Legislação (Portaria do Ministério da Saúde N^o 518 de 25/03/2004), pode causar fluorose dentária em crianças na idade escolar.

O flúor é um elemento que ocorre naturalmente e em pequenas quantidades nas águas naturais (0,1 a 2,0 mg L⁻¹). Sua ocorrência é um resultado do intemperismo de minerais no qual é o elemento principal ou secundário. Os minerais em que, geralmente, o flúor possuiem em sua constituição são: fluorita, apatita, flúor-apatita, turmalina, topázio e mica. O flúor liberado pelo intemperismo destes minerais passa para as soluções aquosas na forma do íon fluoreto, de alta mobilidade. Diferente de outros halogênios, ele pode formar complexos estáveis com elementos como Al, Fe, B e Ca. Esta característica do flúor é bastante interessante, pois ele pode ser removido das águas pela coprecipitação com óxidos de ferro, alumínio, etc., como também ser complexado com o ferro ou alumínio na forma de fosfatos (Mekonen *et al.*, 2001).

Como produto da ação humana, as contaminações de flúor podem ser advindas das atividades industriais: siderurgia, fundições, fabricação do alumínio, de louças e esmaltados, vidro, teflon, entre outras. Estas atividades são responsáveis pela introdução do flúor no ciclo hidrológico pelo lançamento na atmosfera ou em corpos hídricos superficiais.

Na forma de clorofluorcarbono (CFC), o flúor foi amplamente utilizado como propelente de aerossóis. Este uso está proibido devido a restrições legais, pois o CFC agride e destrói a camada de ozônio que circunda a Terra.

É sabido que o flúor, em pequenas quantidades, é benéfico à saúde humana, principalmente em 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 (Pinto, 2000), daí sua adição nos sistemas de abastecimentos públicos de água serem uma prática muito difundida. Contudo, acima de certos teores, passa a ser prejudicial, causando fluorose dental e esquelética, tanto em seres humanos como em animais (Evans, 1989).

A fluorose dental se caracteriza clinicamente pela detecção 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 (Nikiforuk, 1985). O período de desenvolvimento dos dentes susceptíveis à fluorose é por volta dos 22 aos 26 meses de idade da criança e, para os incisivos, a ingestão de flúor é crítica até 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. Nos países tropicais, onde a ingestão diária de água é maior, admite-se que se deva ser mais rigoroso no controle de flúor nas águas de abastecimento público.

Segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS, 1996) o teor de flúor estabelecido como ótimo na água potável varia entre 0,7 a 1,2 mg.L⁻¹, segundo as médias de temperaturas anuais (18°C para 1,2 mg.L⁻¹, 19-26°C para 0,9 mg.L⁻¹ e 27°C para 0,7 mg.L⁻¹).

A utilização de flúor pode ser tanto por via sistêmica como tópica. Sabe-se que em crianças menores de 5 anos de idade há uma ingestão de dentifício de aproximadamente 30% por escovação (Roldi e Cury, 1986). Se houver ingestão de pasta dental durante três escovações diárias, poderá ser ingerida e absorvida uma quantidade de flúor excessiva, acima da dose recomendada pelos métodos sistêmicos de administração (Roldi e Cury, 1986). A associação de água e dentifício fluoretado seria uma das explicações para o aumento da prevalência de fluorose (Pendrys *et al*, 1996). Contudo, não há ainda parâmetros cientificamente estabelecidos de dose-resposta para prever o risco de fluorose (Lima e Cury, 2001).

O flúor está entre os elementos que atravessam a membrana semipermeável da placenta, participando do metabolismo ósseo e dentário do feto (Pereira, 2000). A suplementação de flúor durante a gestação somente é indicada quando a água de abastecimento local não é fluoretada (Batalha e Parlatore, 1993) uma vez que o uso sistêmico de soluções fluoretadas aumenta o risco de fluorose, a qual se origina no consumo de teores de flúor acima de 1,5 mg L⁻¹.

No Brasil, a fluoretação da água tornou-se obrigatória por lei federal desde 1974 (Azevedo, 1987).

O controle físico-químico das águas para consumo tem uma importância fundamental, sendo que na década de 90 a Portaria 36/GM, de 19 de janeiro de 1990, contemplou 39 novos parâmetros físico-químicos em relação ao Decreto Estadual Paulista N° 12.486 - NTA 60 (Portaria 36/GM, 1990; Decreto N° 12.486, 1994).

Em 3 de janeiro de 1992, a Secretaria Estadual de São Paulo, implantou o programa "PRÓ-ÁGUA - Programa Estadual de Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano" (Resolução SS-45, 1992) e, em 1995, definiu-se os teores de flúor nas águas de abastecimento (Resolução SS-250, 1995) estabelecendo uma faixa de concentração de flúor em águas de abastecimento público para o Estado de São Paulo.

A quantidade excessiva de flúor para o ser humano pode trazer efeitos prejudiciais à saúde. Estudos mostraram que 0,5 mg.L⁻¹ de flúor prejudicam o sistema imunológico e pode afetar o QI de crianças em fase de desenvolvimento. O flúor pode também retardar em até dois anos a erupção dos dentes.

Na Nova Zelândia, onde a água foi fluoretada durante 40 anos, o índice de fraturas nos quadris triplicou.

A Associação de Odontologia e a Sociedade de Fluoretação da Grã-Bretanha, ambas tentando influenciar os poderes públicos e fazendo campanhas a favor da fluoretação da água, indicaram uma melhoria da saúde bucal de pacientes em regiões favorecidas com água fluoretada.

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 (Srimurali *et al.*, 1998; Shen *et al.*, 2003; Ndiaye *et al.*, 2005; Hu *et al.*, 2003; Yang *et al.*, 1999).

A remoção de flúor em águas de consumo, “desfluoretação”, geralmente envolve processos de precipitação e de adsorção.

Os processos de adsorção utilizam diversos materiais como o carvão ativado, a alumina ativada ou resinas de troca iônica. O uso de carvão ativo e as 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. Além disso, os processos de sorção são altamente dependentes do pH do meio sendo mais efetivos em pH menores que 3,0 (Srimurali *et al.*, 1998).

Nos processos de precipitação, geralmente o flúor é precipitado na forma de CaF_2 . Tendo em vista que a solubilidade teórica do fluoreto de cálcio (CaF_2) é 17 mg.L^{-1} à 25°C em água, na prática, a precipitação da forma de CaF_2 reduz a concentração de flúor para $10\text{-}20 \text{ mg.L}^{-1}$. Dependendo da quantidade e concentração de flúor nas águas residuárias das indústrias, torna-se necessário a inclusão necessária de etapas adicionais para a remoção do flúor. Nesta etapa, a água contendo $10\text{-}20 \text{ mg.L}^{-1}$ de flúor passa por colunas contendo adsorventes (alumina ativada, óxidos metálicos, fosfato de alumínio, resina de troca iônica ou outros). No entanto, a recuperação das colunas de adsorção afeta significativamente a aplicação deste processo (Shen *et al.*, 2003).

Estudos na literatura relatam o uso da moringa como alternativa para clarificação de águas (Ndabigengesere e Narasiah, 1998). No entanto, ainda não existem na literatura estudos

envolvendo a viabilização do uso da moringa para remoção do flúor em águas contendo altas concentrações deste elemento.

3.5 - A Moringa

A *Moringa oleifera*, a espécie mais divulgada da família das *Moringaceae*, é uma planta originária da Índia, mas já se espalhou por todo mundo. Foi introduzida na América Central, a partir do Haiti, e no Brasil. A introdução da árvore, inicialmente, limitou-se a ornamentação nos parques públicos (Kerr e Silva, 1999).

Na Região do Nordeste Brasileiro a *Moringa oleifera* é conhecida como “lírio branco”. Em algumas partes do oeste da África, é conhecida como “a melhor amiga da mãe” como uma indicação de que a população local conhece muito bem todo seu valor. A planta produz uma diversidade de produtos valiosos dos quais as comunidades locais fazem uso por centenas de anos. A moringa se tornou bastante conhecida devida seu potencial nutricional. A Figura 1 mostra a equivalência de 1,0 grama de folhas de moringa na alimentação humana quando comparada com outros alimentos normalmente consumidos numa dieta alimentar (Kerr e Silva, 1999).

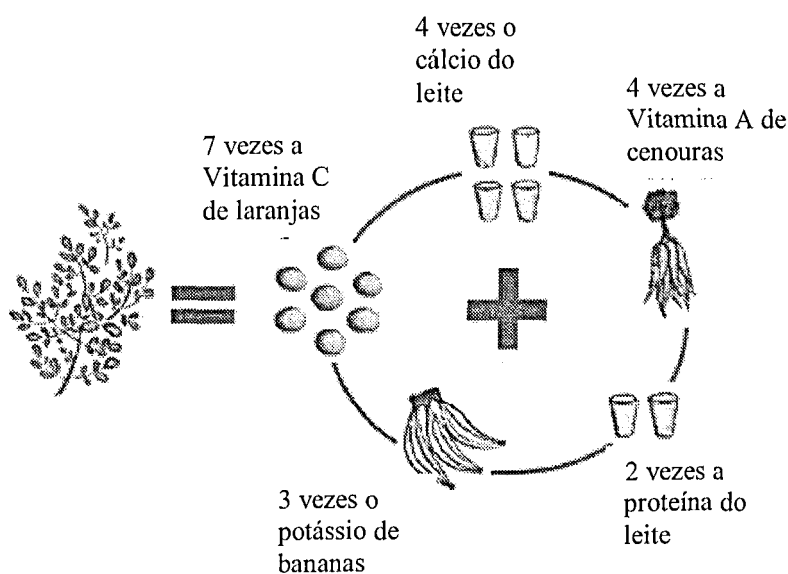


Figura 1 – Equivalência da ingestão de 1,0 grama de folhas de moringa comparada com outros alimentos.

Esta espécie de *Moringa oleifera* cresce rápido e pode frutificar no seu primeiro ano de vida. A sua propagação pode ser feita através de sementes, mudas ou estacas. É uma planta de múltiplos usos. Na alimentação humana, as folhas são aproveitadas como verduras cruas e as vagens verdes como verduras cozidas, as sementes maduras podem ser torradas para fabricação de farinha. As sementes também produzem um excelente óleo que pode ser usado na alimentação e para fazer sabão e cosméticos. Suas flores são muito procuradas pelas abelhas. A Figura 2 mostra algumas árvores de moringa da espécie *Moringa oleifera*. As Figuras 3, 4 e 5 mostram as vagens, sementes e folhas desta mesma espécie de moringa, respectivamente.

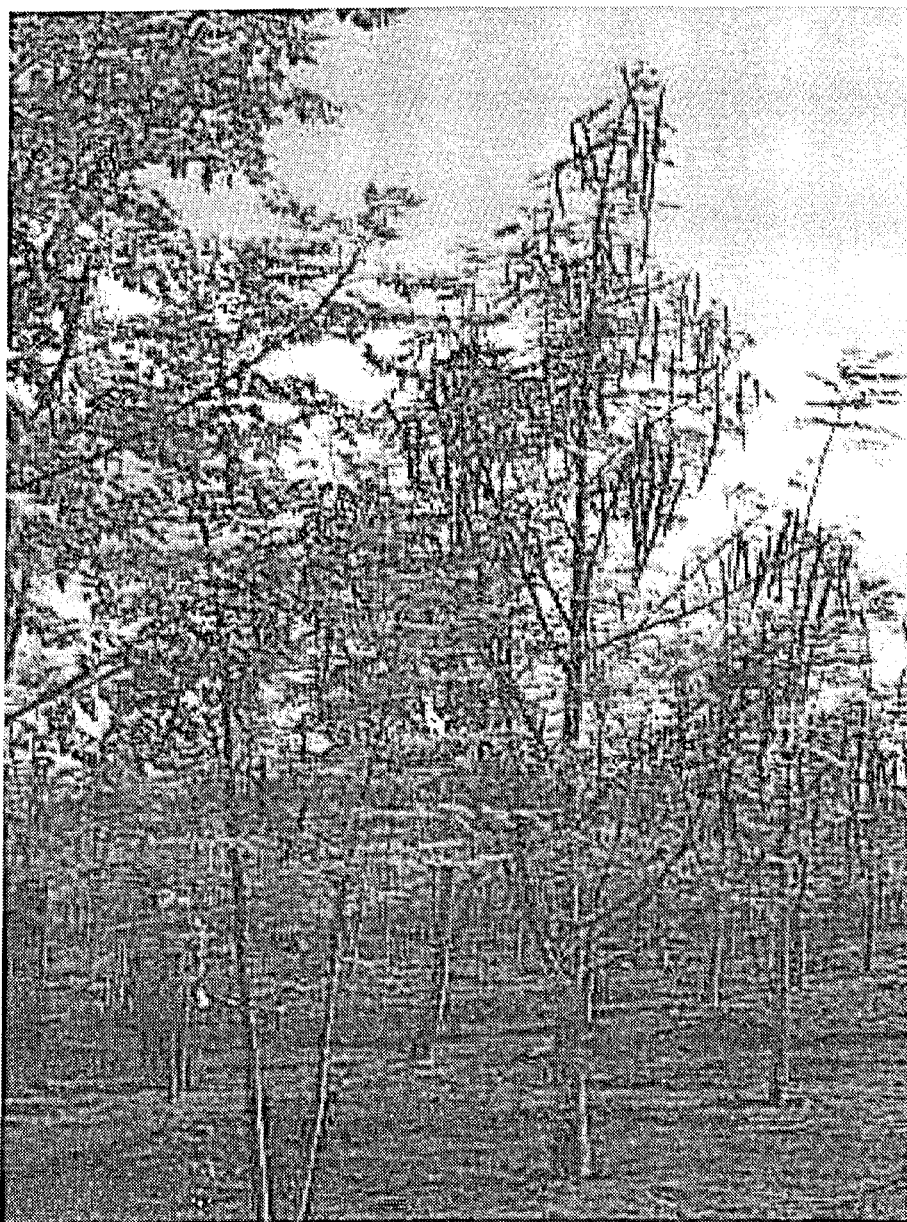


Figura 2 - Arvore de moringa da espécie *Moringa oleifera*.



Figura 3 – Vagens de moringa.

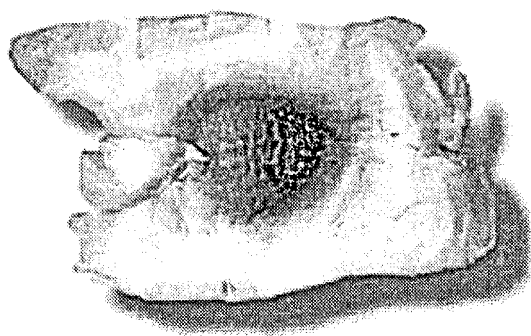


Figura 4 – Semente de moringa

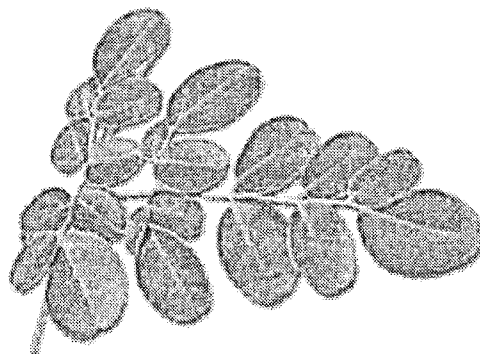


Figura 5 – Folhas de moringa.

No Sudão e em outros países da África, as mulheres tradicionalmente usam sementes da *Moringa oleifera* quebradas (pisadas) na clarificação de águas turvas. A eficiência desse processo vem sendo confirmada em laboratório e em projetos de abastecimento de água para casas isoladas da zona rural no Brasil e no mundo. Esse procedimento consiste em colocar uma determinada quantidade de água bruta num recipiente, geralmente de 10 a 20 litros, e adicionar a ela, a polpa de uma a três sementes de moringa (dependendo da qualidade da água bruta), macerada e na forma de suco, para cada litro de água que se deseja clarificar. Deixa-se em repouso por duas horas, e através de um sifão, retira-se o sobrenadante e descarta-se o precipitado. Usa-se essa água clarificada, denominada de sobrenadante para beber ou lavar louça, pelo resto do dia e até a noite. No dia seguinte recomeça-se o processo.

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 (1990) e colaboradores 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. Os aminoácidos detectados foram majoritariamente o ácido glutâmico, a prolina, a metionina e a arginina. Mas o mecanismo de coagulação pelos polipeptídicos é ainda desconhecido. A Tabela 2 mostra a percentagem de proteínas, lipídios e carboidratos nas sementes de *M. oleifera*. As sementes de moringa com casca contem cerca de 37% de proteínas e 27% de proteínas nas sementes sem casca.

Tabela 2 – Percentagem (massa) de proteínas, lipídeos e carboidratos nas sementes da moringa.*

Preparo das sementes	Proteínas (%)	Lipídeos (%)	Carboidratos (%)
Com casca			
- Pó	36,7	34,6	5,0
- Solução	0,9	0,8	-
- Resíduo	29,3	50,3	1,3
Sem casca			
- Pó	27,1	21,1	5,5
- Solução	0,3	0,4	-
- Resíduo	26,4	27,3	-

* Fonte: Ndabigengesere, A.; Narasiah, K. S.; Talbot, B. G.,; Wat. Res. 29 (1995) 703-710

A propagação da semente não apresenta dificuldades qualquer que seja o método escolhido: plantio direto, produção de mudas a partir de sementes ou de estacas. Segundo vários autores (Kerr e Silva, 1999; Rangel, 1999) a melhor taxa de germinação da moringa obtém-se depois de deixar a semente 24 horas na água à temperatura ambiente. Os resultados mostraram uma taxa de germinação da ordem de 90% com sementes de até nove meses

Em geral, a *Moringa oleifera* frutifica no primeiro ano nas condições ideais de manejo. Nas regiões semi-áridas, a *M. oleifera* frutifica a partir do segundo ano (Rangel, 1999).

A floração acontece geralmente no final da estação úmida, a perda das folhas ocorre no início do período seco. As observações de vários autores mostraram que freqüentemente existem vários estados fenológicos ao mesmo tempo numa árvore: folhas, flores e frutos maduros.

O comprimento das vagens da *M. oleifera* é variável e pode ser classificado em três grupos: vagens curtas (de 15 a 25 cm), vagens médias (25 a 40 cm) e vagens longas (de 50 a 90 cm). A produção de vagens é de 300 a 1600 vagens por árvore. O número de semente por vagens é de 10 e 20 por vagem.

O nível da produção anual *M. oleifera* pode ser dividida em três: baixo (2 a 2000 sementes/planta), médio (6 a 8000 sementes/planta) e elevada (20 a 24000 sementes/planta).

3.6 - Uso de sementes de moringa no tratamento de águas

As descobertas do uso das sementes de moringa para a purificação de água, a um custo menor que do tratamento químico convencional, constituem uma alternativa de mais alta importância.

A literatura descreve vários trabalhos com respeito à aplicação de sementes de moringa para o tratamento de águas (Ndabigengesere e Narasiah, 1998; Ndabigengesere *et al.*, 1995; Okuda *et al.*, 1999; Ghebremichael *et al.*, 2005).

Em relação à remoção de bactérias, reduções na ordem de 90-99% têm sido relatadas na literatura. Deve ser observado, porém, que o uso de sementes no tratamento de águas, assim como o de outros coagulantes naturais e químicos, não produz água purificada. Estudos mostram que as sementes de moringa atuam independentemente do pH. A Tabela 3 mostra algumas características de extratos aquosos de sementes de *M. oleifera*.

O uso das sementes da moringa como coagulante apresenta uma dupla vantagem:

- primeiro, um efeito de tratamento físico com a diminuição da turbidez da água pela coagulação do material em suspensão.
- segundo, um efeito de tratamento biológico eliminando os microorganismos patogênicos. Esta ação é devida em grande parte ao fato dos microorganismos estarem fisicamente ligados às partículas em suspensão na água, e quando retiradas depois da coagulação, elimina-se estes agentes patogênicos.

Estudos (Ghebremichael *et al.*, 1986) descreveram que os cotilédones da *M. oleifera* contêm uma substância antimicrobiana aumentando o efeito do tratamento biológico da água. Segundo os dados (Lotufo, 2005), com a dosagem de semente adequada foi possível reduzir o número de coliformes fecais de águas brutas, fortemente turvas, que após a coagulação apresentaram turbidez inferior a 10 NTU.

Tabela 3 - Características de extratos aquosos de sementes de *M. oleifera*.*

Parâmetro	Semente com casca	Semente sem a casca
pH	6,4	5,8
Condutividade (μ Siemens)	1500	1700
Alcalinidade ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1} \text{CaCO}_3$)	246	60
Ca^{2+} ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	14,5	15,2
Mg^{2+} ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	47,9	30,6
Na^+ ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	13,4	24,4
K^+ ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	42,9	63,6
Fe^{3+} ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	3,0	5,0
Cl^- ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	19,0	11,0
SO_4^{2-} ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	9,0	8,0
NO_3^- ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	110,0	140,0
PO_4^{3-} ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	208,0	187,0

* Fonte: NDABIGENGESERE, A.; NARASIAH, S.; Wat. Res. 32 (1998) 781-791

4. Parte Experimental

4.1 - Reagentes e soluções

- Solução de caulim 20 g.L^{-1} : foi preparada dissolvendo 10,0g de caulim (marca: Reagen) em 500 mL de água desionizada, seguida de agitação por 30 minutos em um agitador magnético. Posteriormente, a solução foi deixada em repouso por 24 horas e, então, utilizada para os ensaios de coagulação. Esta solução de caulim apresentou uma turbidez no intervalo de 80 a 120 NTU nos experimentos executados durante o desenvolvimento deste trabalho.
- Solução de Sulfato de alumínio 1% (m/v): dissolveu-se 1,0g de sulfato de alumínio (marca Synth - P.A) em água e completou-se o volume para 100 mL com água desionizada.
- Solução de Ácido Nítrico 10% (v/v): diluiu-se 100 mL de ácido nítrico 65% (marca: Nuclear – P.A.) em 1000 mL de água desionizada.
- Soluções Tampão: pH = 4,0; 7,0 e 10,0 (marca: Gehaka).
- Solução de Spands: esta solução foi adquirida no mercado. O reagente de Spands (marca: BST - Produtos Químicos LTDA) utilizado neste trabalho é o sal trissódico do ácido 4,5-di-hidroxi-3-(parassulfenilazo)-2,7-naftalenodissulfônico, $(\text{HO})_2\text{C}_{10}\text{H}_3(\text{SO}_3\text{Na})_2\text{N}:\text{NC}_6\text{H}_4\text{SO}_3\text{Na}$, o qual deve ser protegido contra ação da luz.
- Solução de arsenito de sódio 0,5% (m/v): pesou-se 5,0000 g (com precisão $\pm 0,0001 \text{ g}$) de arsenito de sódio (marca: Vetec) e transferiu-se para balão volumétrico completando o volume a 1000,0 mL com água desionizada.
- Solução padrão de flúor $10,0 \text{ mg.L}^{-1}$: pesou-se 0,2210 g (com precisão $\pm 0,0001 \text{ g}$) de fluoreto de sódio anidro (marca: Vetec) e transferiu-se para balão volumétrico de 1000,0 mL, completando o volume com água desionizada. Diluiu-se 100,0 mL desta solução para 1000,0 mL. 1,0 mL desta última solução equivale a 0,010 mg de flúor.

- Solução de oxiclreto de zircônio 0,027% (m/v): pesou-se 0,1330 g (com precisão $\pm 0,0001$ g) de $ZrOCl_2 \cdot 8H_2O$ (marca: Vetec) e adicionou-se 25,0 mL de HCl concentrado. Completou-se o volume a 500,0 mL com água desionizada.

- Solução de referência: Adicionaram-se 10,0 mL de solução de Spands no balão volumétrico de 100,0 mL e completou-se o volume com água desionizada. Esta solução denominou-se de Solução A. Adicionaram-se 7,0 mL de ácido clorídrico concentrado (marca: Synth) no balão volumétrico de 10,0 mL e completou-se o volume com água desionizada. Esta solução denominou-se de Solução B. Misturaram-se os 100,0 mL da Solução A com os 10,0 mL da Solução B. Esta foi a solução de referência utilizada para calibração do espectrofotômetro.

4.2 – Instrumentação

- Turbidímetro - Poliab, modelo AP-1000II.
- Potenciômetro - Gehaka, modelo PG1800) contendo eletrodo de vidro
- Condutivímetro - Digimed, modelo CD-20 acoplado com uma cela de condutividade.
- Agitador magnético - Evlab, modelo 0110
- Banho ultra-sônico - Cleaner, modelo USC1450
- Balança analítica - Ohaus
- Banho termostatzado - Coalbra, modelo 120/3
- Agitador mecânico - modelo 0110, marca Evlab
- Espectrofotômetro de absorção molecular - modelo 35, marca: Perkin – Elmer)

4.3 - Metodologia analítica

4.3.1 - Parâmetros físico-químicos avaliados

Para avaliar a eficiência do tratamento e a qualidade da água tratada com as sementes da *Moringa oleifera*, os seguintes parâmetros foram analisados: pH, condutividade, turbidez e sólidos totais.

As medidas de turbidez foram feitas utilizando um turbidímetro. Essas medidas consistem na leitura de intensidade de luz desviada pelas partículas, num ângulo de 90^0 graus, que atravessa uma fenda, sensibilizando uma fotocélula que transforma o sinal luminoso em elétrico e após a

amplificação deste, a medida é obtida pela reflexão do ponteiro de um galvanômetro na escala específica de turbidez - NTU (Unidade Nefelométricas de Turbidez). Para a calibração do aparelho foram utilizados padrões de suspensão de turbidez de formazina.

As medidas de pH foram feitas utilizando um potenciômetro contendo eletrodo de vidro, previamente calibrado com solução tampão de pH 4,0; 7,0 e 10,0.

As medidas de condutividade foram feitas utilizando um condutivímetro acoplado com uma cela de condutividade.

4.3.2 - Variáveis estudadas na etapa de coagulação/floculação

Os ensaios de coagulação/floculação foram realizados com as seguintes partes da semente da *Moringa oleifera*: Semente Integral (SI), Polpa da semente (PS) e Casca da Semente (CS).

Para avaliar as melhores condições experimentais que viabilizam o uso de sementes de moringa para redução da turbidez de águas, as seguintes variáveis foram estudadas:

- preparo do extrato da semente utilizando as diferentes partes da semente: Semente Integral (SI), polpa da semente (PS) e a casca da semente (CS),
- tempo de agitação para obtenção do extrato (PS): 1, 5, 15, 30, 60 e 90 minutos
- massa necessária de PS: 1,0; 2,5; 5,0; 10,0; 15,0 e 20,0 g,
- várias extrações utilizando a PS,
- temperatura durante a etapa extração da PS: 25, 45 e 60°C,
- pH durante a etapa de coagulação: pH de 4,0; 7,0; 10,0 e 12,0

Os resultados obtidos dos ensaios utilizando a semente de moringa foram comparados com os ensaios utilizando solução de sulfato de alumínio 1,0% (m/v).

4.3.3 - Preparação do extrato 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, vouche HUFU, com o código HV 25569. As sementes foram trituradas no liquidificador de uso doméstico, e, então, o pó de semente foi passado numa peneira, sendo utilizado para os ensaios o pó com granulometria de 15 a 80 mesh.

Para a preparação do extrato, misturou-se 10,0 g do pó da semente de moringa em 200 mL de água desionizada. Esta mistura foi agitada por 90 minutos a temperatura ambiente. A

suspensão foi filtrada (papel de filtro quantitativo cinza 0,007, marca Quanty) e deixada por 15 minutos no banho ultra-sônico para retiradas de bolhas e, então usada para os ensaios. Esta solução apresenta a concentração de 50 g.L^{-1} de moringa. Para o estudo, variando-se a concentração do extrato de moringa, utilizou-se 1,0; 2,5; 5,0; 10,0; 15,0 e 20,0 g da PS em 200mL de água deionizada, correspondendo às respectivas concentrações finais de 5,0; 12,5; 25,0; 50,0; 75,0 e $100,0 \text{ g.L}^{-1}$.

A metodologia descrita foi feita para o estudo da casca da semente, polpa da semente e da semente integral.

4.3.4 - Ensaios de coagulação e floculação

Nos ensaios de coagulação/floculação utilizou-se a solução de caulim 20 g.L^{-1} , a qual se denominará por solução padrão de turbidez.

Os ensaios consistiram em adicionar 50,0 mL da suspensão de caulim (20 g.L^{-1}) e certa quantidade de água desionizada completando o volume final de 400 mL. No primeiro ensaio manteve-se como padrão o “branco” (350 mL de água deionizada e 50,0 mL de suspensão de caulim) e para os demais ensaios foram acrescentadas quantidades de coagulantes pré-fixadas (5, 15, 30 e 50 mL), durante a mistura rápida no agitador mecânico, mantendo-se fixa a quantidade de suspensão de caulim (50,0 mL) e o volume final completado com água desionizada até 400 mL. Os ensaios foram realizados no agitador mecânico com velocidade de rotação de 400 rpm para mistura rápida, por aproximadamente 5 minutos. Após este período, a velocidade foi reduzida e mantida em um valor de 200 rpm por 15 minutos. Depois da agitação, as amostras ficaram em repouso por 30 minutos. Foi retirada uma alíquota de 60,0 mL para as medidas de turbidez, pH e condutividade.

4.3.5 - Ensaios com a moringa para determinação de sólidos totais

As cápsulas de porcelana ($V= 50 \text{ mL}$) foram aquecidas na estufa por 2 horas em uma temperatura de aproximadamente 110°C . Deixou-se esfriar no dessecador e, logo após, foram aferidas utilizando uma balança analítica. Um volume de 25,0 mL de amostra foi colocado na cápsula e, então, aquecida em banho-maria até a secagem. A cápsula contendo o resíduo foi levada para a estufa a 105°C durante, 1 hora e, após, foi esfriada em dessecador, pesada novamente.

Para as medidas da quantidade de sólidos totais, após o uso da moringa, foram colocados 50,0 mL da amostra em cada béquer e adicionadas, separadamente, diferentes quantidades do pó da moringa (0,1; 0,3; 0,5; 0,7; 1,0; 1,5 e 3,0g), seguida de agitação. Logo após, deixou-se em repouso por 30 minutos. Foi retirada uma alíquota de 25,0 mL, a qual foi colocada numa cápsula previamente aferida e então, aquecida em banho-maria até a secagem. A cápsula contendo o resíduo foi levada para a estufa a 105°C durante 1 hora e após foi esfriada em dessecador, pesada novamente.

Para a preparação do branco foram colocados 50,0 mL de água desionizada em cada béquer e diferentes quantidades do pó da moringa; agitou-se e deixou em repouso por 30 minutos. Retirou-se uma alíquota de 25,0 mL, a qual foi colocada numa cápsula previamente aferida e então, aquecida em banho-maria até a secagem. A cápsula contendo o resíduo foi levada para a estufa a 105°C durante 1 hora e após esfriada em dessecador, pesada novamente.

4.3.6 - Ensaios com o extrato de moringa para remoção de flúor

Os ensaios consistiram em misturar certa quantidade de extrato de moringa (5, 10, 25,0 e 50,0 mL) nas concentrações de 12,5 g.L⁻¹; 25,0 g.L⁻¹; 50,0 g.L⁻¹ e 100,0 g.L⁻¹ com uma solução padrão de flúor na concentração de 3,0 mg.L⁻¹ de flúor. A mistura foi agitada aproximadamente por 5 minutos e após, uma alíquota de 50,0 mL foi retirada e utilizada para as análises espectrofotométricas.

4.3.7 – Construção da curva de calibração para determinação de flúor

A determinação de flúor em água pode ser feita por três métodos: método do ácido alizarim sulfônico (Adad, 1982), método de Spands (Pregnoatto, 1985) e método potenciométrico (Skoog e Leary, 1992) cada qual com sensibilidade, confiabilidade e custos característicos. Neste projeto, utilizou o Método de Spands, o qual é o padrão utilizado para estes fins pelo Instituto Adolfo Lutz.

A determinação do flúor foi realizada por espectrofotometria de absorção molecular ($\lambda = 570$ nm). Preparou-se 50,0 mL de soluções padrão de flúor por diluição apropriada da solução padrão estoque obtendo as concentrações finais de flúor no intervalo de 0,0 a 1,6 mg.L⁻¹. Juntou-se aos 50,0 mL de cada solução padrão, 5,0 mL da solução de Spands e 5,0 mL da solução de oxicloreto de zircônio 0,027% (m/v). Procedeu-se a leitura no espectrofotômetro acertando o zero

de absorvância (100% de transmitância) com a solução de referência.

4.3.8 - Amostras

Para a avaliação dos parâmetros físico-químicos, os ensaios de laboratório com a moringa foram feitos utilizando a solução de caulim 20 g.L^{-1} com turbidez padrão. Depois de estabelecidos os parâmetros adequados que viabilizam o uso da moringa no tratamento simplificado de águas foram utilizadas amostras de águas reais (águas provenientes de estação de efluentes, lagoas, etc). As amostras de águas foram acondicionadas em frascos de polietileno e imediatamente refrigeradas até o momento da realização dos ensaios. As seguintes amostras foram utilizadas para a aplicação dos ensaios: água da Lagoa do Parque do Sabiá – Uberlândia-MG, águas residuárias de indústrias de laticínio, de fabricação de óleo de soja e de fabricação de filmes fotográficos. Nesta última, a coleta da água foi feita no local após o tratamento para retirada de nitrato de prata.

Para os ensaios envolvendo o uso da moringa para remoção de flúor, utilizaram-se amostras de água mineral, de torneira e de poço artesiano. O conteúdo de flúor também foi avaliado em amostras de águas coletadas em diferentes escolas de Uberlândia, no período da manhã e da tarde e encaminhadas ao laboratório, sob refrigeração. Os locais de coletas foram nos pontos de captações destinados ao consumo, isto é, torneiras, bebedouro, etc. Para este estudo, as coletas das amostras de água foram feitas nas seguintes escolas da cidade de Uberlândia:

- Caic Laranjeiras
- Escola Estadual Ilda Leão Carneiro
- Colégio São Pascal
- Escola Municipal Guarda Antônio R. Nascimento
- Escola Municipal A. Jardim Brasília.
- Escola Municipal Eurico Silva
- Escola Municipal Universidade da Criança
- Escola Estadual Clarimundo Carneiro
- Escola Estadual Alda Mota Batista
- Escola Estadual Polivalente
- Escola Municipal Boa Vista
- Caic Guarani

- Escola Municipal Dr. Gladsen Guerra
- Escola Municipal Prof. Ceci Cardoso
- Escola Estadual Conjunto Alvorada
- Escola Estadual 13 de Maio
- Escola Municipal Joel Cupertino Rodrigues
- Escola Estadual Rene Gianetti Escola Estadual Jardim Ipanema
- Escola Estadual Jardim das Palmeiras

5. Resultados e Discussões

5.1 – Ensaio de coagulação envolvendo sementes de moringa

Os ensaios para avaliar a viabilidade do uso de sementes de moringa para melhoria da qualidade de águas foram executados utilizando a polpa (PS), casca (CS) e semente integral (SI) da moringa. Estes ensaios consistiram em medir a turbidez, pH e condutividade das amostras de águas antes e após o uso das sementes de moringa. Para estes ensaios utilizou-se a solução contendo o extrato de moringa na concentração de 50 g.L^{-1} . Para cada ensaio foram adicionadas alíquotas diferentes do extrato de PS, CS e SI (5, 15, 30 e 50 mL) correspondendo às concentrações finais de 0,6; 1,9; 3,8 e $6,3 \text{ g.L}^{-1}$.

As figuras 6, 7 e 8 mostram as variações de turbidez, pH e condutividade em águas de turbidez padrão (solução de caulim 20 g.L^{-1}) utilizando as sementes de moringa. Os valores de percentagem de turbidez foram calculados considerando-se a turbidez inicial da água, sem a presença da moringa, como 100%, e a redução de turbidez após o uso da moringa. A turbidez inicial da solução de caulim variou de 80 a 120 NTU. Todos os experimentos foram feitos em triplicata.

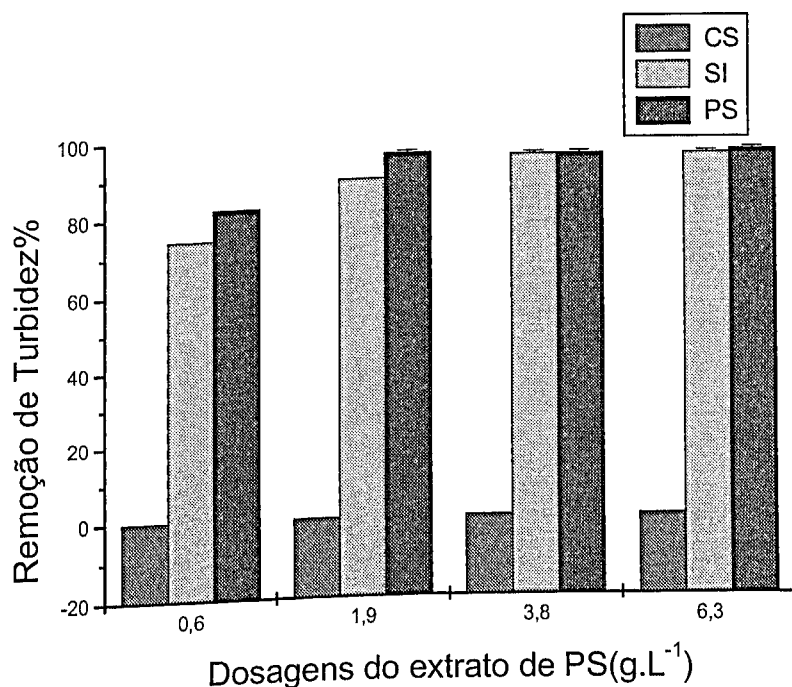


Figura 6 - Redução da turbidez (%) obtida nos ensaios de coagulação utilizando CS, SI e PS.

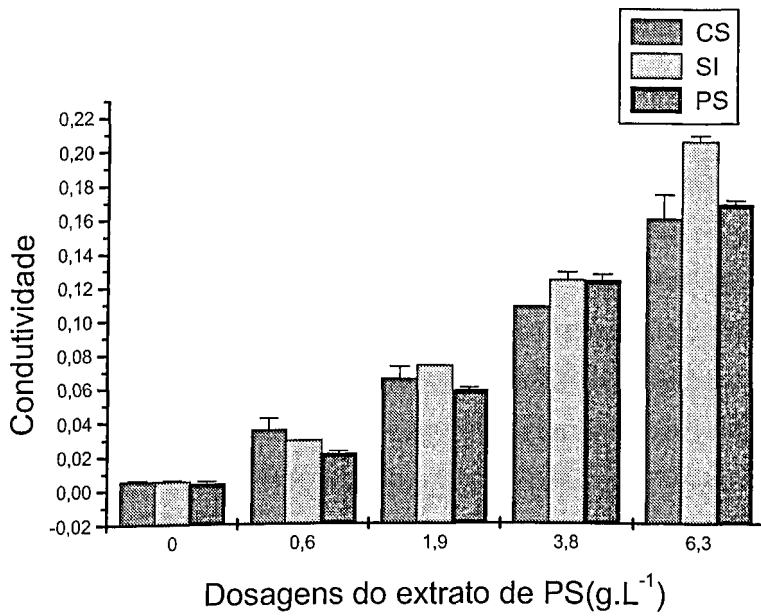


Figura 7 - Medidas de condutividade obtidas nos ensaios de coagulação utilizando CS, SI e PS.

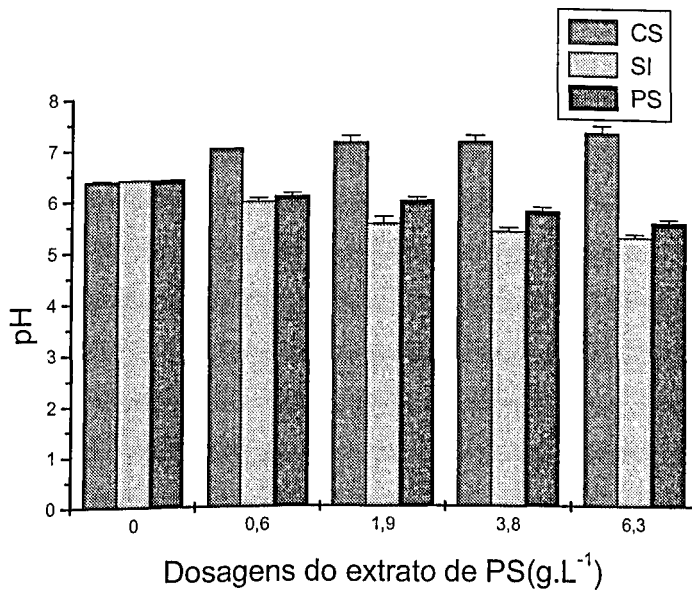


Figura 8 - Medidas de pH obtidas nos ensaios de coagulação utilizando CS, SI e PS.

Os ensaios mostraram que o coagulante está em maior quantidade na polpa da semente (PS) e que concentrações crescentes de 0,6 a 6,3 g.L⁻¹ causaram alterações nos valores de pH (5,4 a 4,7) e o aumento na condutividade elétrica de 0,027 a 0,183 na água turva. O composto orgânico responsável pela ação coagulante da semente de moringa são proteínas catiônicas (massa molecular de aproximadamente 6.500 Da), por isso a condutividade aumenta com o aumento da concentração do extrato. Observou-se que para a concentração de 6,3 g.L⁻¹ ocorreu uma redução de turbidez de 94,7% e 95,7% respectivamente para SI e PS.

Os estudos com casca da semente (CS) mostraram que para o aumento da concentração do coagulante de 0,6 a 6,3 g.L⁻¹, os valores de pH obtidos ficaram próximo de 7,0 (6,9 a 7,0) e as medidas de condutividade não foram alteradas significativamente (de 0,013 a 0,097 μ S). No entanto, os dados não mostraram nenhuma redução na turbidez da água mesmo para maiores concentrações de extrato proveniente da casca da semente de moringa, demonstrando que o coagulante está presente concentração na polpa da semente.

Portanto, para a continuidade dos estudos optou-se por utilizar o pó da polpa da semente de moringa.

5.2 - Extrações consecutivas do pó da moringa

O preparo do extrato contendo o composto responsável pela ação coagulante da moringa é feito simplesmente adicionando uma quantidade do pó da semente de moringa em certa quantidade de água, seguida de agitação e filtração. Para avaliar se a eficiência do coagulante encontra-se na primeira extração e/ou também nas extrações subsequentes, utilizou o resíduo (pó da semente de moringa) proveniente da primeira extração e fez-se outra extração (segunda extração). O mesmo procedimento foi adotado com o resíduo proveniente da segunda extração, sendo considerado neste caso a terceira extração. Ambos os extratos provenientes das 1^a, 2^a e 3^a extrações foram utilizados para a realização dos ensaios de coagulação. A Tabela 4 mostra os resultados das medidas de turbidez obtidos das extrações consecutivas da polpa da semente de moringa. Pode-se observar que a redução da turbidez ocorre quando se utiliza o extrato proveniente da primeira extração e nenhuma alteração ocorre na redução da turbidez nas amostras de águas analisadas quando se utilizam os extratos provenientes da segunda e terceira extrações. Isto demonstra que a ação do coagulante da moringa encontra-se predominantemente no extrato

proveniente da primeira extração. Para a dosagem do extrato de $6,3 \text{ g.L}^{-1}$ de PS, a redução de turbidez foi de 96,3% e que dosagens crescentes de 0,6 a $6,3 \text{ g.L}^{-1}$ de PS, o pH diminui de 6,4 a 5,4 e a condutividade aumentou de 0,002 a $0,177 \mu\text{Siemens}$.

As Tabelas 5 e 6 mostram os resultados obtidos nos ensaios de coagulação para as medidas de pH e condutividade utilizando os extratos provenientes das 1^a, 2^a e 3^a extrações. Observa-se que para as 2^a e 3^a extrações não ocorrem variações significativas de pH e condutividade mesmo variando-se as concentrações dos extratos entre 0,6 a $6,3 \text{ g.L}^{-1}$.

Tabela 4 - Redução (%) da turbidez para as diferentes extrações.

Concentração (g.L^{-1}) de PS	% Redução de Turbidez		
	1 ^a Extração	2 ^a Extração	3 ^a Extração
0,6	83,4±1,5	0	0
1,9	93,1±1,0	0	0
3,8	94,9±1,0	0	0
6,3	96,3±1,0	0	0

Tabela 5 - Efeito no pH de águas para diferentes extrações.

Concentração (g.L^{-1}) de PS	pH		
	1 ^a Extração	2 ^a Extração	3 ^a Extração
0,6	6,2±0,1	6,3±0,1	6,4±0,3
1,9	5,8±0,1	6,4±0,2	6,5±0,3
3,8	5,6±0,1	6,3±0,2	6,5±0,3
6,3	5,4±0,2	6,2±0,2	6,6±0,3

Tabela 6 - Efeito na condutividade em águas para diferentes extrações da moringa.

Concentração (g.L ⁻¹) de PS	Condutividade (μS)		
	1ªExtração	2ªExtração	3ªExtração
0,6	0,002±0,001	0,008±0,005	0,004±0,001
1,9	0,057±0,005	0,018±0,005	0,008±0,001
3,8	0,107±0,005	0,031±0,005	0,012±0,002
6,3	0,177±0,005	0,043±0,005	0,017±0,004

Adicionalmente, observou-se que o filtrado obtido da extração de PS da 1ª extração apresentou uma tonalidade amarela mais intensa em relação aos outros filtrados da 2ª extração e 3ª extração, tornando-se evidente que a concentração do coagulante é maior na primeira extração.

5.3 - Efeito do tempo de extração

A literatura mostra que a extração do princípio ativo (coagulante) da semente de moringa é feita em água (Ndabigengesere et al, 1995). Nos trabalhos desenvolvidos por Ndabigengesere e colaboradores outros solventes foram testados (hexano, clorofórmio, acetona, etanol), no entanto, não foi observado nenhuma atividade de coagulação utilizando estes solventes. O uso de extratos aquosos de sementes de moringa representa uma vantagem, pois além de simplificar o procedimento de extração, reduz a matéria orgânica no tratamento da água.

Assim, neste trabalho, utilizou-se a extração do coagulante da polpa da semente de moringa com água. Outros solventes não foram testados. A extração consistiu em adicionar 10 g do pó da semente de moringa em 200 mL de água, seguida de agitação e filtração. O tempo de agitação durante a etapa de extração foi estudado buscando-se as melhores condições para a extração do coagulante. Neste caso, estudou-se o tempo de 5, 15, 30, 60 e 90 minutos. Após esta etapa, efetuou-se os ensaios de coagulação como descritos na Parte Experimental (item 4.3.4). As Figuras 9, 10 e 11 mostram os resultados obtidos para as medidas de turbidez (% redução de turbidez), condutividade e pH para os ensaios variando-se o tempo de extração de 5 a 90 minutos.

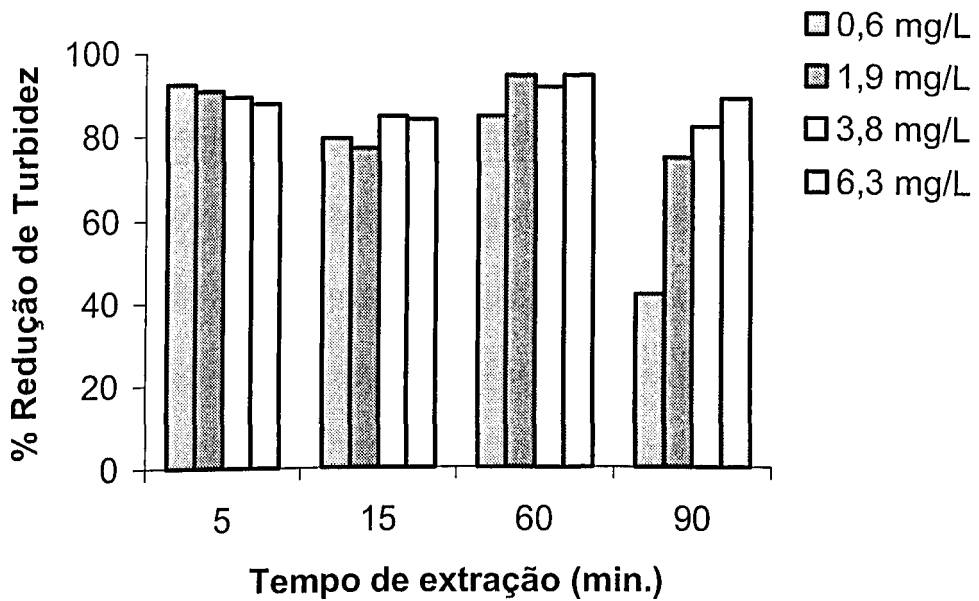


Figura 9 – Redução da turbidez (%) obtida nos ensaios de coagulação utilizando os diferentes tempos de extração.

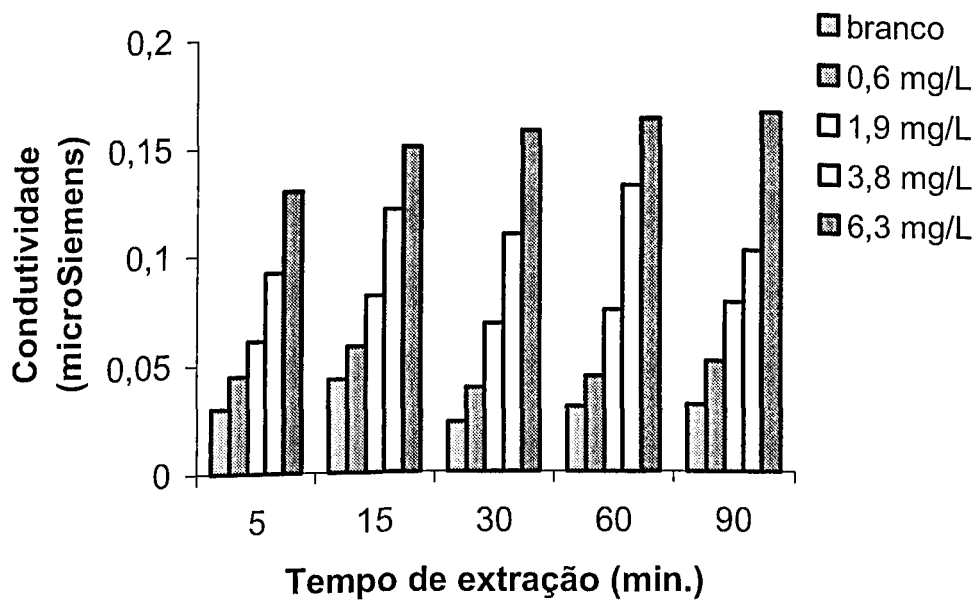


Figura 10 – Medidas de condutividade obtidas nos ensaios de coagulação utilizando os diferentes tempos de extração.

Como pode ser observado (Figura 9) não existem diferenças significativas na redução de turbidez utilizando os tempos de extração entre 5 a 90 minutos para as concentrações finais do coagulante de 3,8 e 6,3 g.L⁻¹. Para a concentração de coagulante de 0,6 g.L⁻¹, no tempo de extração de 90 minutos, a redução de turbidez foi de 42%. Tal fato pode ser atribuído ao erro cometido durante a retirada da alíquota da água turva para as medidas de turbidez. Os dados mostraram que o tempo de 5 minutos na etapa de extração é suficiente para a extração do coagulante. No entanto, optou-se pelo tempo de 90 minutos. A Figura 10 mostra os resultados obtidos nos ensaios de coagulação para as medidas condutividade utilizando os diferentes tempos de extração da PS. Como mostra a Figura 10, o aumento na concentração de coagulante aumenta a condutividade independentemente do tempo de extração, sendo que para o tempo de 5 e 90 minutos há um pequeno aumento no valor de condutividade para a concentração final de coagulante de 6,3 g.L⁻¹. Não foi observado nenhuma diferença significativa nas medidas de pH para os tempos de extrações estudados (Figura 11). Para cada faixa de concentração não há alteração significativa da condutividade ao longo do tempo.

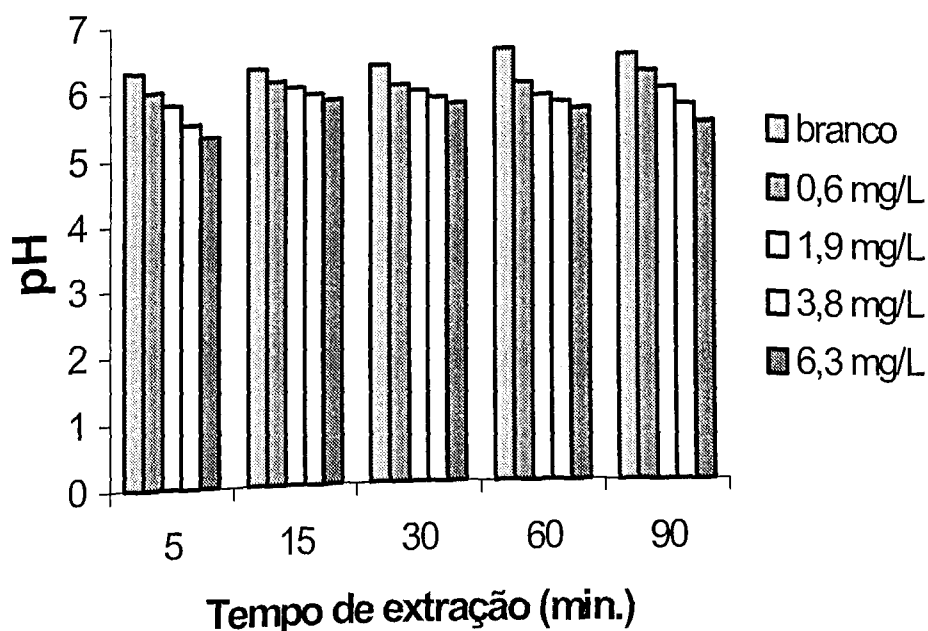


Figura 11 – Medidas de pH obtidas nos ensaios de coagulação utilizando os diferentes tempos de extração.

5.4 – Efeito da temperatura durante a etapa de extração

Para verificar se as propriedades do coagulante da semente de moringa são alteradas com a variação da temperatura; foi feito um estudo variando-se a temperatura (25^o, 45^o e 60^o C) durante a etapa de extração. Para isto, a extração foi feita num banho termostático com controle de temperatura de $\pm 0,5^{\circ}$ C.

As Figuras 12, 13 e 14 mostram os resultados obtidos para as medidas de turbidez (% de redução de turbidez), condutividade e pH utilizando diferentes temperaturas para a extração do coagulante nos ensaios de coagulação.

Como mostra a Figura 12, não há alteração na redução da turbidez na solução padrão de turbidez utilizando os extratos provenientes da extração das sementes de moringa em diferentes temperaturas. Somente para a concentração de coagulante de 0,6 g.L⁻¹ foi observado menor eficiência da propriedade coagulante da moringa no intervalo de temperatura estudado. No entanto, a comparação com outros ensaios mostra que não há variações significativas na % redução da turbidez considerando as medidas obtidas em replicas (N=3) no limite de confiança de 90%.

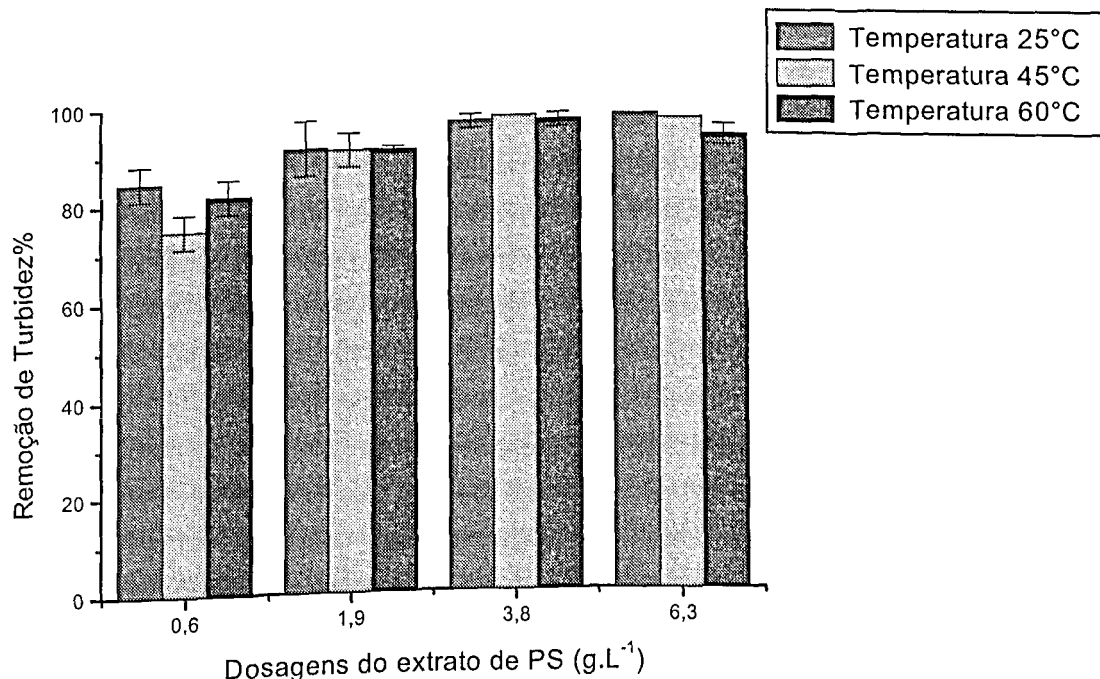


Figura 12 – Redução de turbidez (%) nos ensaios de coagulação utilizando diferentes temperaturas durante a extração.

A Figura 13 mostra os resultados obtidos para as medidas de condutividade utilizando as diferentes temperaturas durante a extração nos ensaios de coagulação. Como pode ser observado, o aumento na concentração de coagulante aumenta a condutividade independentemente da temperatura.

Não foram observadas diferenças significativas nas medidas de pH nos ensaios de coagulação no intervalo de temperatura estudada (Figura 14). Os valores de pH variaram entre 5,5 a 6,5 para as concentrações de coagulante de 0,6 a 6,3 g.L⁻¹ nas diferentes temperaturas estudadas. Os dados mostram que no intervalo de temperatura estudada, o coagulante mantém suas propriedades de redução de turbidez.

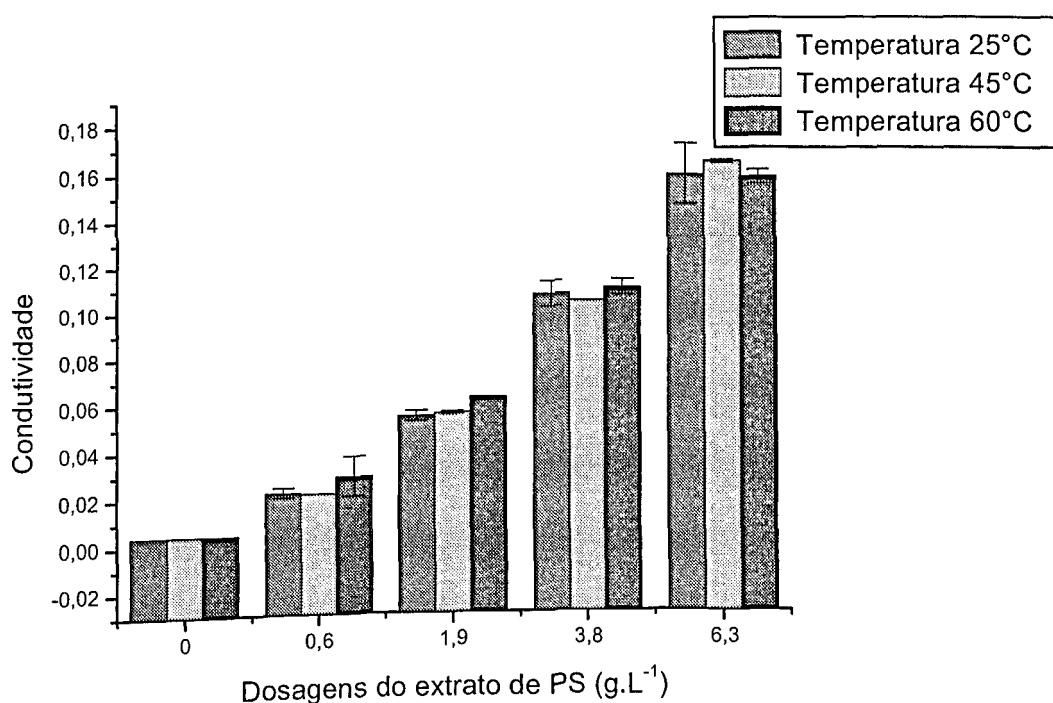


Figura 13 – Valores de condutividade (µS) obtidos nos ensaios de coagulação utilizando diferentes temperaturas durante a extração.

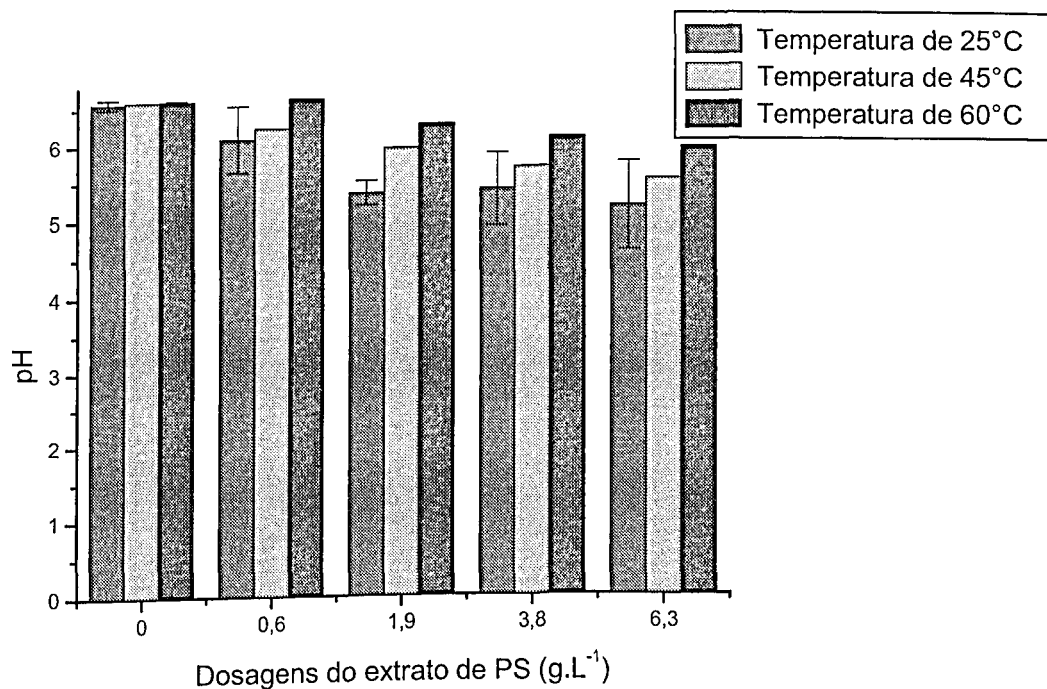


Figura 14 – Valores de pH obtidos nos ensaios de coagulação utilizando diferentes temperaturas durante a extração.

5.5 – Efeito do pH na etapa de coagulação

O estudo do pH foi efetuado alterando-se o pH da solução de caulim 20 g.L⁻¹ antes dos ensaios de coagulação. Para isto, adicionaram-se algumas gotas solução de ácido nítrico até o valor de pH desejado e para o pH alcalino, adicionaram-se algumas gotas de solução de hidróxido de sódio. O procedimento de coagulação foi efetuado como descrito na Parte Experimental (item 4.3.4). A Figura 15 mostra os resultados obtidos para a remoção de turbidez (%) da solução de caulim 20 g.L⁻¹ utilizando a polpa da semente de moringa para diferentes concentrações de coagulante nos valores de pH de 4,0; 7,0; 10,0 e 12,0.

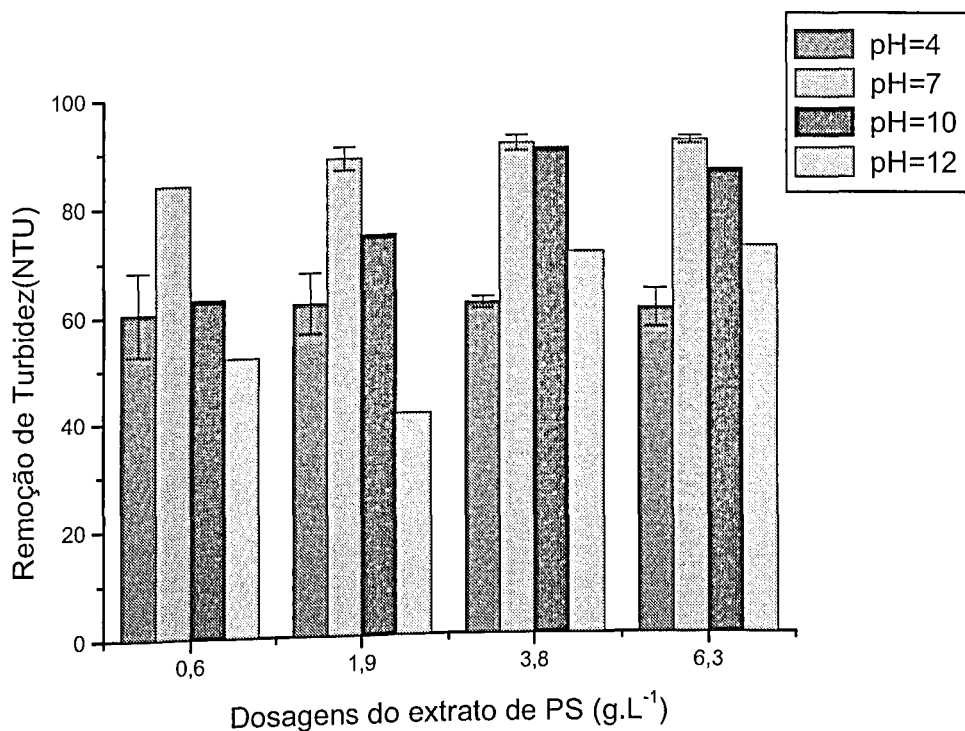


Figura 15 – Remoção da Turbidez nos ensaios de coagulação.

Os dados mostraram que para todas as concentrações de coagulante estudadas e nos ensaios realizados em pH 4,0, houve pouca eficiência da atividade do coagulante, pois a turbidez foi menor quando comparada com outros ensaios realizados nos pH de 7,0; 10,0 e 12,0. A percentagem de redução de turbidez em pH 4,0 foi de aproximadamente 60%. Possivelmente, ocorreu a precipitação de compostos pouco solúveis em pH 12,0. Observa-se que o pH de 7,0 é adequado para a realização dos ensaios de coagulação, pois, a redução da turbidez foi superior a 92,0 % para todas as concentrações de coagulantes testadas.

5.6 - Ensaios comparativos utilizando sulfato de alumínio como coagulante

Para verificar a eficiência do uso de sementes de *Moringa oleifera* como coagulante para melhoria da qualidade de águas, os ensaios foram comparados utilizando solução de sulfato de alumínio 1,0 % (m/v), normalmente utilizado em Estações de Tratamento de Águas. Os resultados são apresentados na Figura 16.

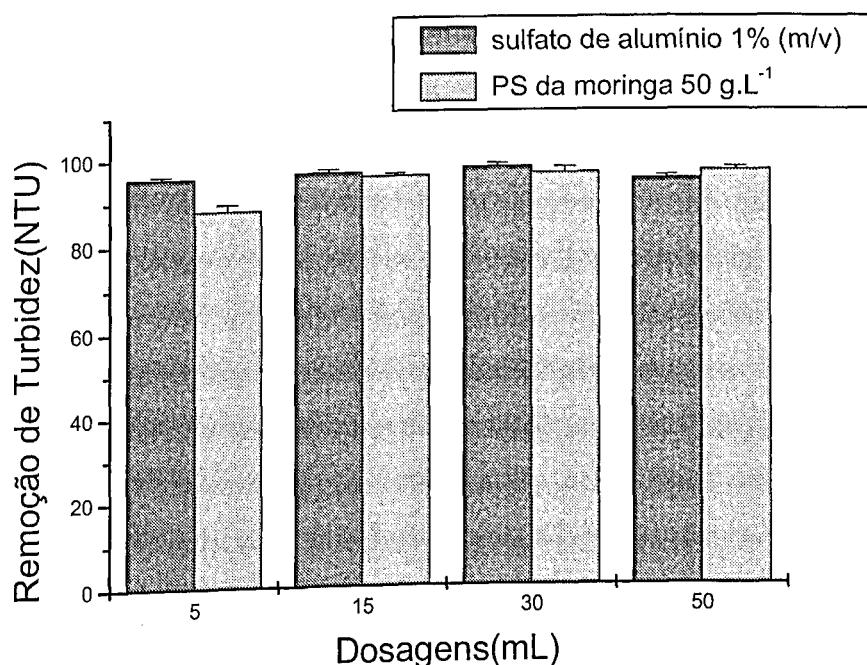


Figura 16 - Comparação da redução da turbidez (%) utilizando a PS de moringa e o sulfato de alumínio como coagulante.

Pela análise dos dados, ficou evidenciado que a polpa da semente de moringa tem a mesma eficiência que o sulfato de alumínio como coagulante para o tratamento de águas. Esse coagulante (PS) satisfaz as características exigidas para um bom coagulante, ou seja, oferece uma redução em termos de turbidez maior que 90,0 %. Por esse fato, o extrato de moringa pode ser classificado como um excelente coagulante, tendo em vista que a redução de turbidez está acima de 95,0 %.

É importante ressaltar que a proteína contida na polpa da moringa, só dá bom rendimento como coagulante ou como auxiliar de coagulação, quando as sementes estão em bom estado de conservação caracterizado pela: cor branca da polpa, boa textura e consistência das sementes, ausência de umidade, fungos e bactérias. Durante a realização deste trabalho, foram feitos experimentos com as sementes de moringa que germinaram. Os resultados não foram satisfatórios e não são apresentados nesta dissertação por não recomendarmos este procedimento.

5.7 - Ensaios com a moringa e determinação de sólidos totais

Para avaliar a redução de sólidos totais em águas utilizando sementes de moringa os ensaios foram realizados utilizando amostras de águas coletadas de indústrias de laticínio e de fabricação de óleo e de filmes fotográficos. Inicialmente, determinou-se a quantidade de sólidos totais nas amostras de águas coletas (procedimento descrito na Parte Experimental item 4.3.5). O mesmo procedimento foi seguido utilizando as mesmas amostras de águas contendo quantidades conhecidas de sementes de moringa. Os experimentos foram comparados com um “branco analítico” que consistiu da realização de ensaios utilizando quantidades conhecidas do extrato de moringa na presença de água desionizada. Os resultados mostraram que para o branco analítico, quanto maior a quantidade de moringa maior a quantidade de sólidos (Tabela 7).

Os ensaios foram aplicados utilizando amostras de águas reais. Para as amostras de água da lagoa, a quantidade de sólidos foi de 3,7 mg.L⁻¹. Pode-se concluir que para águas com baixa quantidade de sólidos este estudo não é viável, pois o branco apresenta alto conteúdo de sólidos totais (Tabela 7).

Tabela 7 - Uso de sementes de *Moringa oleifera* para diminuição dos sólidos totais (ST) em amostra de águas da Lagoa do Parque do Sabiá (Uberlândia-MG).

Amostra*	massa de moringa (g)						
	0,0	0,1	0,3	0,5	0,7	1,0	1,5
Branco	-	29,2	76,7	107,5	196,0	179,5	354,2
Água	3,7	29,2	64,2	102,2	169,0	151,2	300,0

* os valores são dados em mg.L⁻¹.

Para amostras com alta concentração de sólidos totais, os resultados mostraram que com o uso de sementes de moringa diminui a quantidade de sólidos nas águas (Tabela 8). Os resultados mostrados na Tabela 8 representam os valores obtidos já descontados o valor do branco analítico.

Tabela 8 - Uso de sementes de *Moringa oleifera* para diminuição dos sólidos totais (ST) em amostra de águas. (1) indústrias de laticínios, (2) indústrias de fabricação de filmes fotográficos, (3) indústrias de óleo.

Amostra*	massa de moringa (g)			
	0,0	0,5	1,5	3,0
1	1047,6	829,7	598,2	697,7
2	6281,2	5590,6	5069,6	4783,0
3	260,4	184,75	240,875	236,75

* Os valores são dados em mg.L^{-1} .

Nas amostras de águas provenientes de indústria de laticínio cuja quantidade de sólido total foi de $1047,6 \text{ mg L}^{-1}$, a adição de 0,5; 1,5 e 3,0 gramas de semente de moringa promoveu a diminuição da quantidade de sólidos totais para 829,7; 598,2 e 697,7 mg.L^{-1} , respectivamente. Houve portanto uma redução de aproximadamente 30% da redução de sólidos totais nas amostras analisadas.

Para amostras de águas de indústrias de fabricação de filmes, o uso das sementes de moringa reduziu em aproximadamente 23% a quantidade de sólidos. Estudos preliminares realizados em nosso laboratório mostram que a moringa é capaz de remover metais em águas. Portanto, para amostras de efluentes, como no caso das águas provenientes de indústrias de filmes fotográficos, possivelmente, as sementes de moringa apresentam a capacidade para remoção do resíduo de prata após o tratamento.

A Figura 17 mostra os resultados obtidos para determinação de sólidos totais nas amostras de águas analisadas (águas de indústria de laticínio, efluentes de indústrias de filmes (1) e de fabricação de óleo de soja (2)) utilizando diferentes quantidades de sementes de moringa.

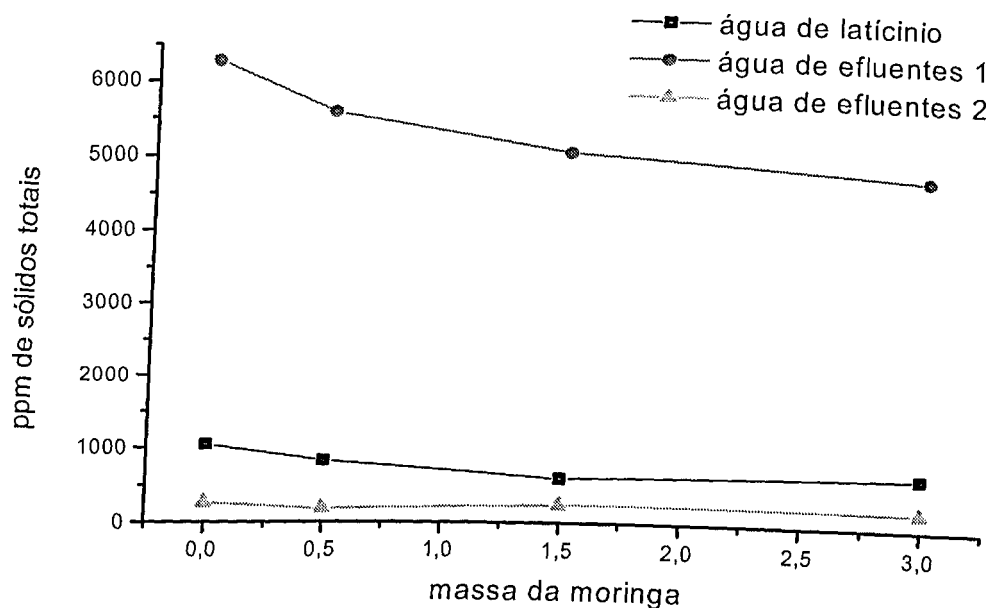


Figura 17 - Redução de sólidos totais utilizando diferentes quantidades de sementes de moringa.

5.8 – Determinação de flúor nas amostras de águas

A constatação de fluorose dentária em crianças na idade escolar relatada por cirurgiões dentistas que exercem a profissão no âmbito público e/ou privado na cidade de Uberlândia - MG e a falta de controle efetivo dos teores de flúor presentes na água de abastecimento, bem como do flúor encontrado nos cremes dentais, fios dentais, alguns medicamentos e alimentos, e o desconhecimento do problema pela comunidade, justificam a preocupação por uma sondagem mais abrangente com respeito ao índice de flúor na água de abastecimento de Uberlândia.

No projeto desenvolvido entre a Secretaria Municipal de Saúde de Uberlândia, a Universidade Federal de Uberlândia e o Centro Universitário do Triângulo Mineiro foi realizado um estudo no qual pretendeu-se verificar e acompanhar o teor de flúor na água de abastecimento público de Uberlândia (Coelho, 2004). As análises laboratoriais foram realizadas no Laboratório de Bromatologia da Secretaria Municipal de Saúde. O período de realização de coleta das amostras foi de outubro de 2002 a maio de 2004.

Os resultados obtidos para a concentração de flúor (mg.L^{-1}) em amostras de água coletas de 20 escolas da Cidade de Uberlândia em datas diferentes são apresentados no Anexo II. Em alguns períodos, observou-se que os valores obtidos de concentração de flúor nas amostras

coletadas durante a manhã foram maiores que nas amostras coletadas durante a tarde. Possivelmente, isto se deve ao fato que no período da manhã ocorre maior descarga de flúor na rede de abastecimento decorrente do tratamento da água da Estação de Tratamento.

Conforme a Portaria N^o 518 do Ministério da Saúde de 25/03/2004, no Artigo 14, o valor máximo de flúor em águas de abastecimento público é de 1,5 mg.L⁻¹, conforme Anexo 2.

Os dados Anexo II mostram que em períodos ocasionais as concentrações de flúor, encontrados na água de abastecimento público da Cidade de Uberlândia estão acima do permitido pela Legislação.

5.9 - Determinação flúor nas amostras de águas tratadas com moringa

A equação típica para a curva de calibração na determinação de flúor foi $Y = -0,0267X + 0,5254$, onde Y é o sinal analítico (absorbância) e X é a concentração de flúor (em mg.L⁻¹). O coeficiente de correlação foi de 0,9928. Os limites de detecção (3 vezes o desvio padrão) e de quantificação (10 vezes o desvio padrão) para esta metodologia foram de 0,01 e 0,05 mg.L⁻¹ de flúor.

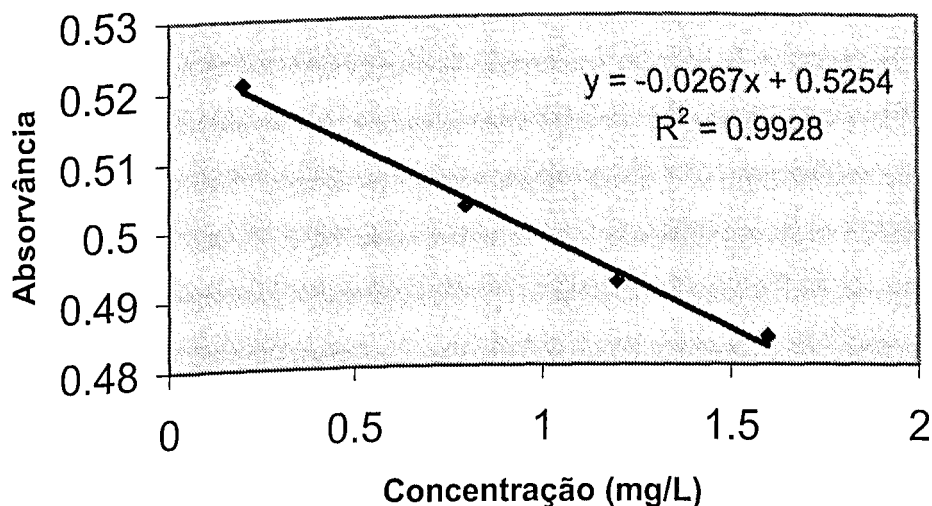


Figura 18 - Curva analítica de concentração na determinação de Flúor.

No ensaio com $12,5 \text{ mg.L}^{-1}$ do extrato da moringa, não foi observado uma redução significativa de flúor na água, pois a concentração deste extrato não foi suficiente para tal remoção.

Para a concentração de $25,0 \text{ g.L}^{-1}$ do extrato da moringa, observou-se uma diminuição da concentração de flúor da solução à medida que aumentou-se o volume do extrato de moringa, sendo que para o volume de $50,0 \text{ mL}$ observou-se uma redução de 67% de flúor. Para a concentração de $50,0 \text{ g.L}^{-1}$ do extrato de moringa, sendo que a partir de $10,0 \text{ mL}$ do extrato a quantidade de flúor na solução foi pequena não sendo possível a leitura no aparelho. Isto comprova que ocorreu uma remoção significativa de fluoreto da solução (Tabela 9). A remoção de flúor da solução pode ser devido a presença de Ca^{2+} no extrato de moringa que em contato com os íons de F^- formam CaF_2 .

Tabela 9 - Concentração de flúor em águas após utilização de extratos de moringa.

Volume do extrato de moringa (mL)	25,0 g L ⁻¹ do extrato de moringa		50,0 g L ⁻¹ do extrato de moringa	
	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	<0,01	100
25,0	1,4	53	<0,01	100
50,0	1,0	67	<0,01	100

Os dados mostrados na Tabela 9, revelam que é possível a remoção de 100 % de flúor em amostras de água utilizando somente $10,0 \text{ mL}$ do extrato de $50,0 \text{ g.L}^{-1}$ de moringa.

Este estudo foi aplicado para amostras reais de águas (água mineral, poço artesiano, águas de torneiras). Como a concentração de flúor nestas águas foi baixa, os ensaios com uso da moringa obtiveram leituras menores que a sensibilidade do aparelho. Para tanto, nas amostras de águas analisadas adicionaram-se quantidades conhecidas de flúor nas concentrações finais de $1,0$

e $3,0 \text{ mg.L}^{-1}$ de flúor (Tabela 10). Os valores de concentração de flúor mostrados na Tabela 10 representam as concentrações de flúor obtidas após o uso das sementes de moringa.

A Figura 19 mostra os resultados obtidos utilizando diferentes volumes de extrato de moringa para concentração de $25,0 \text{ g.L}^{-1}$.

Os resultados apresentados na Figura 19 mostram uma remoção de 67% de flúor utilizando 50 mL do extrato de $25,0 \text{ g.L}^{-1}$ de moringa. Portanto, os dados mostram que o procedimento proposto pode ser uma alternativa para a remoção de íons fluoreto em águas.

Tabela 10 - Concentração de flúor em águas reais (torneira, poço artesiano, mineral) e porcentagem de redução após utilização de 10 mL de extrato de moringa (25 g L^{-1}).

Amostras	Torneira		Poço Artesiano		Mineral	
	Conc. F^- (mg.L^{-1})	% Redução F^-	Conc. F^- (mg.L^{-1})	% Redução F^-	Conc. de F^- (mg.L^{-1})	% Redução F^-
Água	0,2	-	<0,01	-	<0,01	-
Água + $1,0 \text{ mg.L}^{-1} \text{ F}^-$	0,6	46	0,7	32	0,7	56
Água + $3,0 \text{ mg.L}^{-1} \text{ F}^-$	0,9	51	1,0	43	0,5	44

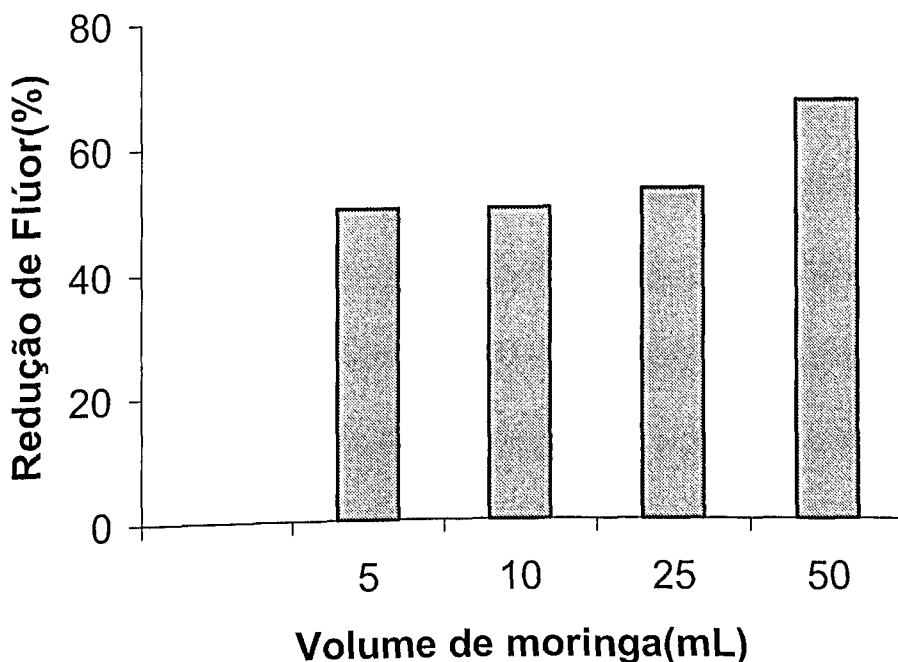


Figura 19 - Redução da quantidade de flúor utilizando diferentes volume de moringa (25g.L^{-1})

6. CONCLUSÃO GERAL

De acordo com os resultados apresentados, ficou evidenciado que a polpa da semente (PS) de moringa é muito eficiente para o tratamento de águas. Esse coagulante (PS) satisfaz as características exigidas para um bom coagulante, ou seja, oferecer uma redução em termos de turbidez da ordem de 90,0 % a 95,0 %.

O aumento da concentração de coagulante (pó da semente de moringa) promove uma pequena diminuição no pH e um aumento na percentagem de redução da turbidez da amostra de água. As condições experimentais estabelecidas que foram suficientes para diminuir a turbidez da amostra em valores maiores que 90% são: 15,0 mL do extrato de moringa na concentração de 50g.L^{-1} adicionados no volume total de água turva de 400 mL com tempo de coagulação de 5 minutos (400 rpm) e 15 minutos (200 rpm).

Os dados mostraram que para todas as concentrações de coagulante estudadas e os ensaios realizados no pH de 4,0, houve pouca eficiência da atividade do coagulante. O pH de 7,0 é

adequado para a realização dos ensaios de coagulação. Neste caso, a redução da turbidez foi superior a 92,0 % para todas as concentrações de coagulantes testadas.

Os resultados obtidos mostram que a moringa pode ser usada para remoção de flúor em águas de abastecimento público que apresentam teores de flúor acima daqueles permitidos pela Legislação. Para amostras de águas com concentração de flúor de 3,0 g.L⁻¹; 10,0 mL do extrato de 50,0 g.L⁻¹ de moringa foi possível a remoção de 100% de flúor nas amostras. No entanto, salienta-se que a remoção completa (100%) de flúor em águas não é recomendado pelo fato da presença de flúor em quantidades adequadas em águas de consumo ser importante para o ser humano.

Diante do interesse em elaborar modelos de uso e gestão capazes de compatibilizar as demandas crescentes de água e o aumento da sensibilização para as questões ambientais, pode-se concluir que a *Moringa oleifera* constitui uma alternativa no tratamento de águas superficiais com turbidez elevada podendo ser utilizada como um coagulante natural biodegradável.

O procedimento proposto é muito simples e de baixo custo, trazendo melhoria da qualidade de água, redução da quantidade de resíduos, aumento da flexibilidade da operação das ETA, sendo uma alternativa ao tratamento simplificado de águas para a população que não dispõe de água tratada. Para 1 litro de água recomenda-se a adição de 8 sementes.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADAD, J. M. T., "Controle Químico de Qualidade", Guanabara Dois S.A, Belo Horizonte, 1982.
- AZEVEDO, E.B. "Poluição vs. Tratamento de água", *Química Nova na Escola* **1999**, *10*, 21-25.
- Azevedo, J. M. N.; "Técnica de abastecimento e tratamento de água", 3ed., São Paulo, CETESB, 1987.
- BAG, B.C.; GHOSH, A. K.; ADHIKARI, B.; MAITI, S., "Effectiveness of a plant polymer as an antioxidant" *Polymer Degradation and Stability* **1998**, *61*, 303-307
- BATALHA, B.H.L.; PARLATORE, A. C., "Controle da qualidade da água para consumo humano: bases conceituais e operacionais. São Paulo, CETESB, 1993.

CARRIJO, K. C.; Estudo da utilização de floculantes naturais biodegradáveis na clarificação de águas. Monografia de final de curso apresentada ao Curso de Graduação em Engenharia Química da Universidade Federal de Uberlândia, 2002.

CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental – “Controle da qualidade de água para consumo humano - bases conceituais e operacionais”, São Paulo, 1993.

CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental – “Análises físico-químicas para controle de Estações de Tratamento de Esgotos”, São Paulo, 1977

COELHO, N. M. M. “Quantificação do flúor na água de abastecimento público na cidade de Uberlândia-MG”, Projeto Fluorose, Universidade Federal de Uberlândia, 2004

Decreto Nº 12486, de 20-10-78, NTA 60 - “Águas de consumo alimentar” In: “Legislação: água para o consumo humano, potabilidade, fluoretação” CETESB, São Paulo, 1994.

DI BERNADO, L. Ensaio de Tratabilidade de Água e dos Resíduos Gerados em Estações de Tratamento de águas, Ed. RiMa, São Carlos, 2002.

DIAZ, A; RINCON, N.; ESCORIHUELA, A; FERNANDEZ, N.; CHACIN, E.; FORSTER, C.F., “A preliminary evaluation of turbidity removal by natural coagulants indigenous to Venezuela” *Proc. Bioch.* **35** (1999) 391-395

DONALD, J.; REASONER, J., “Agentes patógenos en el agua potable”, División de Control de Contaminantes Microbiológicos, WSWRD, NRMRL, USA, 2000

EVANS, W.R.; STAMN J.W., “An epidemiological estimate of the critical period during which human maxillary central incisors are most susceptible to fluorosis”. *J. Publ. Health Dent.* **49** (1989) 259-271.

- GASSEN, H.G.; GASSENSCHMIDT, U.; JANY, K.D.; TAUSCHER, B.; WOLF, S., Modern methods in protein and nucleic acid analysis. *Biol. Chem. Hoppe-Seyler* **371** (1990) 768-769
- GHEBREMICHAEL, K.A.; GUNARATNA, K.R.; HENRIKSSON, H.; ALHAMMAR, G., A simple purification and activity assay of the coagulant protein from *Moringa oleifera* seed, *Wat. Res.* **39** (2005) 2338-2344
- HU, C.Y.; LO, S.L.; KUAN, W. H., "Effects of co-existing anions on fluoride removal in electrocoagulation (EC) process using aluminum electrodes" *Wat. Res.* **37** (2003) 4513-4523
- KERR, W. E.; SILVA, A. R. "Moringa: uma nova hortaliça para o Brasil". Uberlândia, MG, UFU DIRIU, 1999
- LIMA, Y.B.O.; CURY, J.Á., "Ingestão de flúor por crianças pela água e dentifricio", *Rev. Saúde Pública* **35** (2001) 576-80.
- LOTUFO, L.V.C.; KHAN, M.T.H. ; ATHER, A.; WILKE, D.V.; JIMENEZ, P.C.; PESSOA, C.; MORAES, M.E..A.; MORAES, M.O., Studies of the anticancer potential of plants used in Bangladeshi folk medicine" *Journal of Ethnopharmacology*, **99**, (2005) 21-30
- McCONNACHIE, G. L.; FOLKARD, G.K.; MTAWALP, M.A; SUTHERLAND J. P., "Field trials of appropriate hydraulic flocculation processes", *Wat. Res.*, **33**, 1999, 1425-1434.
- MEKONEN, A. ; KUMAR, P.; KUMAR, A.; "Integrated biological and physiochemical treatment process for nitrate and fluoride removal" *Wat. Res.* **35** (2001) 3127-3136
- MENDES, C. G. N., "Noções sobre técnicas de tratamento de águas para abastecimento", Apostila, 1998

NDABIGENGESERE, A.; NARASIAH, K. S.; TALBOT, B. G.; Active agents and mechanism of coagulation of turbid waters using *Moringa oleifera*. *Wat. Res.* **29** (1995) 703-710.

NDABIGENGESERE, A.; NARASIAH, K. S.; Quality of water treated by coagulation using *Moringa oleifera* seeds. *Wat. Res.* **32** (1998) 781-791.

NETTO, J. M. A. "Técnica de abastecimento e tratamento de água", Volume 2, São Paulo, 1974

NIDIAYE, P.I.; MOULIN, P.; DOMINGUEZ, L.; MILLET, J.C.; CHARBIT, F., "Removal of fluoride from electronic industrial effluent by RO membrane separation" *Desalination* **173** (2005) 25-32

NIKIFORUK, G., "Understanding dental caries. Prevention, basic and clinical aspects" *Rev. Saúde Pública* **2** (1985) 88-112.

OKUDA, T.; BAES, A. U. ; NISHIUMA, W.; OKADA, M., "Coagulation mechanism of salt solution-extracted active component in *Moringa oleifera* seeds" *Wat. Res.* **35** (2001a) 830-834

OKUDA, T.; BAES, A. U.; NISHIJIMA, W.; OKADA, M., "Isolation and characterization of coagulant extracted from *Moringa oleifera* seed by salt solution" *Wat.Res.* **35** (2001b) 405-410

OMS - Organização Mundial de Saúde. Tradução Gouveia, M.L. "Desinfecção da Água", Gabinete Regional da Europa, Copenhagen, Denmark, 1996

ORLANDO, U.S.; OKUDA, T.; BAES, A.U.; NISHIJIMA, W.; OKADA, M., "Chemical properties of anion-exchangers prepared from waste natural materials" *Reactive and Functional Polymers* **55** (2003) 311-318

PENDRYS, D.G.; KATZ, R.V.; MORSE, D.E., "Risk factors for enamel fluorosis in a fluoridated population" *Am. J. Epidemiol* **143** (1996) 808-815.

- PEREIRA, L. A. S., "Questões do dia-a-dia: Quais as implicações da ingestão de flúor durante a gestação, especificamente na cidade de São Paulo, que já fluoreta sua água?" *Revista APCD* 54 (2000) 408-412.
- PINTO, V.G., "Saúde bucal coletiva" 4^a ed. São Paulo: Ed. Santos; 2000.
- POLLARD, S.J.T.; THOMPSON, F.E.; McCONNACHIE, G. L. "Microporous carbons from *M. oleifera* husks for water purification in less developed countries" *Wat. Res.* 29 (1995) 337-347
- PORTARIA Nº 36/GM do Ministério da Saúde de 19 de janeiro de 1990. Aprova normas e padrões de potabilidade da água destinada ao consumo humano, a serem observados em todo o território nacional. Diário Oficial, Brasília, 23 de janeiro de 1990.
- PORTARIA Nº 518 de 25/03/2004, do Ministério da Saúde
- PREGNOLATTO, W.; PREGNOLATTO, N. P., "Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz", São Paulo, 1985
- RANGEL, M. A. S. "*Moringa oleifera*: uma planta de uso múltiplo". Embrapa Tabuleiros Costeiros. Aracaju – SE, Circular Técnica nº 9, 1999
- RICHTER, N.; SIDDHURAJU, P.; BECKER, K., "Evaluation of nutritional quality of moringa (*Moringa oleifera* Lam.) leaves as an alternative protein source for Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.)" *Aquaculture* 217 (2001) 599-611
- RESOLUCAO SS-45 de 31 de janeiro de 1992 . Institui o programa de vigilância da qualidade da água para o consumo humano – Pró-Água e aprova diretrizes para a sua implantação no âmbito da Secretaria da Saúde. Diário Oficial, 01 de fevereiro de 1992, seção 1, p.27.

RESOLUCAO SS 250 de 15 de agosto de 1995. Define teores de concentração de íon fluoreto nas águas para consumo humano, fornecidas por sistemas públicos de abastecimento. Diário Oficial, 15 de agosto de 1995, seção 1, p.11.

ROLDI, C.R.; CURY, J. A., "Metabolismo do flúor após a ingestão de dentifrícios" *Rev Gaúcha Odont* **34** (1986) 426-427.

SHEN, F.; CHEN, X.; GAO, P.; CHEN, G., "Electrochemical removal of fluoride ions from industrial wastewater" *Chemical Eng. Science* **58** (2003) 987-993

SKOOG, D. A.; LEARY, J. J. "Principles of Instrumental Analysis", 4th Edition, Saunders College Publishing, New York, 1992.

SRIMURALI, M.; PRAGATHI, A.; KARTHIKEYAN, J., "A study on removal of fluorides from drinking water by adsorption onto low-cost materials" *Environ. Poll* **99** (1998) 285-289

TOMINAGA, M.Y.; MÍDIO, A.F., "Exposição humana a trihalometanos presentes na água tratada" *Rev. Saúde Pública*, **33** (1999) 413-421 .

TUFFANI, M.; "Dossiê da Água". Sede Global. Galileu. Editora Globo. N^o 140, 2003.

YANG, M.; HASHIMOTO, T.; HOSHI, N.; MYOGA, H.; "Fluoride removal in a fixed bed packed with granular calcite" *Wat. Res.* **33** (1999) 3395-3402

ANEXO I

ATO PORTARIA Nº 518/GM Em 25 de março de 2004.

Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, e dá outras providências.

O MINISTRO DE ESTADO DA SAÚDE, INTERINO, no uso de suas atribuições e considerando o disposto no Art. 2º do Decreto nº 79.367, de 9 de março de 1977,

RESOLVE:

Art. 1º Aprovar a Norma de Qualidade da Água para Consumo Humano, na forma do Anexo desta Portaria, de uso obrigatório em todo território nacional.

Art. 2º Fica estabelecido o prazo máximo de 12 meses, contados a partir da publicação desta Portaria, para que as instituições ou órgãos aos quais esta Norma se aplica, promovam as adequações necessárias a seu cumprimento, no que se refere ao tratamento por filtração de água para consumo humano suprida por manancial superficial e distribuída por meio de canalização e da obrigação do monitoramento de cianobactérias e cianotoxinas.

Art. 3º É de responsabilidade da União, dos Estados, dos Municípios e do Distrito Federal a adoção das medidas necessárias para o fiel cumprimento desta Portaria.

Art. 4º O Ministério da Saúde promoverá, por intermédio da Secretaria de Vigilância em Saúde – SVS, a revisão da Norma de Qualidade da Água para Consumo Humano estabelecida nesta Portaria, no prazo de 5 anos ou a qualquer tempo, mediante solicitação devidamente justificada de órgãos governamentais ou não governamentais de reconhecida capacidade técnica nos setores objeto desta regulamentação.

Art. 5º Fica delegada competência ao Secretário de Vigilância em Saúde para editar, quando necessário, normas regulamentadoras desta Portaria.

Art. 6º Esta Portaria entra em vigor na data de sua publicação.

Art. 7º Fica revogada a Portaria nº 1469, de 29 de dezembro de 2000, publicada no DOU nº 1-E de 2 de janeiro de 2001, Seção 1, página nº 19.

GASTÃO WAGNER DE SOUSA CAMPOS

NORMA DE QUALIDADE DA ÁGUA PARA CONSUMO HUMANO

Capítulo I

DAS DISPOSIÇÕES PRELIMINARES

Art. 1º Esta Norma dispõe sobre procedimentos e responsabilidades inerentes ao controle e à vigilância da qualidade da água para consumo humano, estabelece seu padrão de potabilidade e dá outras providências.

Art. 2º Toda a água destinada ao consumo humano deve obedecer ao padrão de potabilidade e está sujeita à vigilância da qualidade da água.

Art. 3º Esta Norma não se aplica às águas envasadas e a outras, cujos usos e padrões de qualidade são estabelecidos em legislação específica.

Capítulo II

DAS DEFINIÇÕES

Art. 4º Para os fins a que se destina esta Norma, são adotadas as seguintes definições:

I - água potável – água para consumo humano cujos parâmetros microbiológicos, físicos, químicos e radioativos atendam ao padrão de potabilidade e que não ofereça riscos à saúde;

II - sistema de abastecimento de água para consumo humano – instalação composta por conjunto de obras civis, materiais e equipamentos, destinada à produção e à distribuição canalizada de água potável para populações, sob a responsabilidade do poder público, mesmo que administrada em regime de concessão ou permissão;

III - solução alternativa de abastecimento de água para consumo humano – toda modalidade de abastecimento coletivo de água distinta do sistema de abastecimento de água, incluindo, entre outras,

fonte, poço comunitário, distribuição por veículo transportador, instalações condominiais horizontal e vertical;

IV - controle da qualidade da água para consumo humano – conjunto de atividades exercidas de forma contínua pelos responsáveis pela operação de sistema ou solução alternativa de abastecimento de água, destinadas a verificar se a água fornecida à população é potável, assegurando a manutenção desta condição;

V - vigilância da qualidade da água para consumo humano – conjunto de ações adotadas continuamente pela autoridade de saúde pública, para verificar se a água consumida pela população atende à esta Norma e para avaliar os riscos que os sistemas e as soluções alternativas de abastecimento de água representam para a saúde humana;

VI - coliformes totais (bactérias do grupo coliforme) - bacilos gram-negativos, aeróbios ou anaeróbios facultativos, não formadores de esporos, oxidase-negativos, capazes de desenvolver na presença de sais biliares ou agentes tensoativos que fermentam a lactose com produção de ácido, gás e aldeído a $35,0 \pm 0,5^\circ\text{C}$ em 24-48 horas, e que podem apresentar atividade da enzima β -galactosidase. A maioria das bactérias do grupo coliforme pertence aos gêneros *Escherichia*, *Citrobacter*, *Klebsiella* e *Enterobacter*, embora vários outros gêneros e espécies pertençam ao grupo;

VII - coliformes termotolerantes - subgrupo das bactérias do grupo coliforme que fermentam a lactose a $44,5 \pm 0,2^\circ\text{C}$ em 24 horas; tendo como principal representante a *Escherichia coli*, de origem exclusivamente fecal;

VIII - *Escherichia Coli* - bactéria do grupo coliforme que fermenta a lactose e manitol, com produção de ácido e gás a $44,5 \pm 0,2^\circ\text{C}$ em 24 horas, produz indol a partir do triptofano, oxidase negativa, não hidroliza a uréia e apresenta atividade das enzimas β galactosidase e β glucuronidase, sendo considerada o mais específico indicador de contaminação fecal recente e de eventual presença de organismos patogênicos;

IX - contagem de bactérias heterotróficas - determinação da densidade de bactérias que são capazes de produzir unidades formadoras de colônias (UFC), na presença de compostos orgânicos contidos em meio de cultura apropriada, sob condições pré-estabelecidas de incubação: $35,0, \pm 0,5^\circ\text{C}$ por 48 horas;

X - cianobactérias - microorganismos procarióticos autotróficos, também denominados como cianofíceas (algas azuis), capazes de ocorrer em qualquer manancial superficial especialmente naqueles com elevados níveis de nutrientes (nitrogênio e fósforo), podendo produzir toxinas com efeitos adversos à saúde; e

XI - cianotoxinas - toxinas produzidas por cianobactérias que apresentam efeitos adversos à saúde por ingestão oral, incluindo:

a) microcistinas - hepatotoxinas heptapeptídicas cíclicas produzidas por cianobactérias, com efeito potente de inibição de proteínas fosfatases dos tipos 1 e 2A e promotoras de tumores;

b) cilindrospermopsina - alcalóide guanidínico cíclico produzido por cianobactérias, inibidor de síntese protéica, predominantemente hepatotóxico, apresentando também efeitos citotóxicos nos rins, baço, coração e outros órgãos; e

c) saxitoxinas - grupo de alcalóides carbamatos neurotóxicos produzido por cianobactérias, não sulfatados (saxitoxinas) ou sulfatados (goniautoxinas e C-toxinas) e derivados decarbamil, apresentando efeitos de inibição da condução nervosa por bloqueio dos canais de sódio.

Capítulo III DOS DEVERES E DAS RESPONSABILIDADES

Seção I Do Nível Federal

Art. 5º São deveres e obrigações do Ministério da Saúde, por intermédio da Secretaria de Vigilância em Saúde - SVS:

I. - promover e acompanhar a vigilância da qualidade da água, em articulação com as Secretarias de Saúde dos Estados e do Distrito Federal e com os responsáveis pelo controle de qualidade da água, nos termos da legislação que regulamenta o SUS;

II - estabelecer as referências laboratoriais nacionais e regionais, para dar suporte às ações de maior complexidade na vigilância da qualidade da água para consumo humano;

III - aprovar e registrar as metodologias não contempladas nas referências citadas no artigo 17 desta Norma;

IV - definir diretrizes específicas para o estabelecimento de um plano de amostragem a ser implementado pelos Estados, Distrito Federal ou Municípios, no exercício das atividades de vigilância da qualidade da água, no âmbito do Sistema Único de Saúde - SUS; e

V - executar ações de vigilância da qualidade da água, de forma complementar, em caráter excepcional, quando constatada, tecnicamente, insuficiência da ação estadual, nos termos da regulamentação do SUS.

Seção II

Do Nível Estadual e Distrito Federal

Art. 6º São deveres e obrigações das Secretarias de Saúde dos Estados e do Distrito Federal:

I - promover e acompanhar a vigilância da qualidade da água em sua área de competência, em articulação com o nível municipal e os responsáveis pelo controle de qualidade da água, nos termos da legislação que regulamenta o SUS;

II - garantir, nas atividades de vigilância da qualidade da água, a implementação de um plano de amostragem pelos municípios, observadas as diretrizes específicas a serem elaboradas pela SVS/MS;

III - estabelecer as referências laboratoriais estaduais e do Distrito Federal para dar suporte às ações de vigilância da qualidade da água para consumo humano; e

IV - executar ações de vigilância da qualidade da água, de forma complementar, em caráter excepcional, quando constatada, tecnicamente, insuficiência da ação municipal, nos termos da regulamentação do SUS.

Seção III

Do Nível Municipal

Art. 7º São deveres e obrigações das Secretarias Municipais de Saúde:

I - exercer a vigilância da qualidade da água em sua área de competência, em articulação com os responsáveis pelo controle de qualidade da água, de acordo com as diretrizes do SUS;

II - sistematizar e interpretar os dados gerados pelo responsável pela operação do sistema ou solução alternativa de abastecimento de água, assim como, pelos órgãos ambientais e gestores de recursos hídricos, em relação às características da água nos mananciais, sob a perspectiva da vulnerabilidade do abastecimento de água quanto aos riscos à saúde da população;

III - estabelecer as referências laboratoriais municipais para dar suporte às ações de vigilância da qualidade da água para consumo humano;

IV - efetuar, sistemática e permanentemente, avaliação de risco à saúde humana de cada sistema de abastecimento ou solução alternativa, por meio de informações sobre:

a) a ocupação da bacia contribuinte ao manancial e o histórico das características de suas águas;

b) as características físicas dos sistemas, práticas operacionais e de controle da qualidade da água;

c) o histórico da qualidade da água produzida e distribuída; e

d) a associação entre agravos à saúde e situações de vulnerabilidade do sistema.

V - auditar o controle da qualidade da água produzida e distribuída e as práticas operacionais adotadas;

VI - garantir à população informações sobre a qualidade da água e riscos à saúde associados, nos termos do inciso VI do artigo 9 desta Norma;

VII - manter registros atualizados sobre as características da água distribuída, sistematizados de forma compreensível à população e disponibilizados para pronto acesso e consulta pública;

VIII - manter mecanismos para recebimento de queixas referentes às características da água e para a adoção das providências pertinentes;

IX - informar ao responsável pelo fornecimento de água para consumo humano sobre anomalias e não conformidades detectadas, exigindo as providências para as correções que se fizerem necessárias;

X - aprovar o plano de amostragem apresentado pelos responsáveis pelo controle da qualidade da água de sistema ou solução alternativa de abastecimento de água, que deve respeitar os planos mínimos de amostragem expressos nas Tabelas 6, 7, 8 e 9;

XI - implementar um plano próprio de amostragem de vigilância da qualidade da água, consoante diretrizes específicas elaboradas pela SVS; e

XII - definir o responsável pelo controle da qualidade da água de solução alternativa.

Seção IV

Do Responsável pela Operação de Sistema e/ou Solução Alternativa

Art. 8º Cabe aos responsáveis pela operação de sistema ou solução alternativa de abastecimento de água, exercer o controle da qualidade da água.

Parágrafo único. Em caso de administração, em regime de concessão ou permissão do sistema de abastecimento de água, é a concessionária ou a permissionária a responsável pelo controle da qualidade da água.

Art. 9º Aos responsáveis pela operação de sistema de abastecimento de água incumbe:

I - operar e manter sistema de abastecimento de água potável para a população consumidora, em conformidade com as normas técnicas aplicáveis publicadas pela ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas e com outras normas e legislações pertinentes;

II - manter e controlar a qualidade da água produzida e distribuída, por meio de:

- a) controle operacional das unidades de captação, adução, tratamento, reservação e distribuição;
- b) exigência do controle de qualidade, por parte dos fabricantes de produtos químicos utilizados no tratamento da água e de materiais empregados na produção e distribuição que tenham contato com a água;
- c) capacitação e atualização técnica dos profissionais encarregados da operação do sistema e do controle da qualidade da água; e
- d) análises laboratoriais da água, em amostras provenientes das diversas partes que compõem o sistema de abastecimento.

III - manter avaliação sistemática do sistema de abastecimento de água, sob a perspectiva dos riscos à saúde, com base na ocupação da bacia contribuinte ao manancial, no histórico das características de suas águas, nas características físicas do sistema, nas práticas operacionais e na qualidade da água distribuída;

IV - encaminhar à autoridade de saúde pública, para fins de comprovação do atendimento a esta Norma, relatórios mensais com informações sobre o controle da qualidade da água, segundo modelo estabelecido pela referida autoridade;

V - promover, em conjunto com os órgãos ambientais e gestores de recursos hídricos, as ações cabíveis para a proteção do manancial de abastecimento e de sua bacia contribuinte, assim como efetuar controle das características das suas águas, nos termos do artigo 19 desta Norma, notificando imediatamente a autoridade de saúde pública sempre que houver indícios de risco à saúde ou sempre que amostras coletadas apresentarem resultados em desacordo com os limites ou condições da respectiva classe de enquadramento, conforme definido na legislação específica vigente;

VI - fornecer a todos os consumidores, nos termos do Código de Defesa do Consumidor, informações sobre a qualidade da água distribuída, mediante envio de relatório, dentre outros mecanismos, com periodicidade mínima anual e contendo, no mínimo, as seguintes informações:

- a) descrição dos mananciais de abastecimento, incluindo informações sobre sua proteção, disponibilidade e qualidade da água;
- b) estatística descritiva dos valores de parâmetros de qualidade detectados na água, seu significado, origem e efeitos sobre a saúde; e
- c) ocorrência de não conformidades com o padrão de potabilidade e as medidas corretivas providenciadas.

VII - manter registros atualizados sobre as características da água distribuída, sistematizados de forma compreensível aos consumidores e disponibilizados para pronto acesso e consulta pública;

VIII - comunicar, imediatamente, à autoridade de saúde pública e informar, adequadamente, à população a detecção de qualquer anomalia operacional no sistema ou não conformidade na qualidade da água tratada, identificada como de risco à saúde, adotando-se as medidas previstas no artigo 29 desta Norma; e

IX - manter mecanismos para recebimento de queixas referentes às características da água e para a adoção das providências pertinentes.

Art. 10. Ao responsável por solução alternativa de abastecimento de água, nos termos do inciso XII do artigo 7 desta Norma, incumbe:

I - requerer, junto à autoridade de saúde pública, autorização para o fornecimento de água apresentando laudo sobre a análise da água a ser fornecida, incluindo os parâmetros de qualidade previstos nesta Portaria, definidos por critério da referida autoridade;

II - operar e manter solução alternativa que forneça água potável em conformidade com as normas técnicas aplicáveis, publicadas pela ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas, e com outras normas e legislações pertinentes;

III - manter e controlar a qualidade da água produzida e distribuída, por meio de análises laboratoriais, nos termos desta Portaria e, a critério da autoridade de saúde pública, de outras medidas conforme inciso II do artigo anterior;

IV - encaminhar à autoridade de saúde pública, para fins de comprovação, relatórios com informações sobre o controle da qualidade da água, segundo modelo e periodicidade estabelecidos pela referida autoridade, sendo no mínimo trimestral;

V - efetuar controle das características da água da fonte de abastecimento, nos termos do artigo 19 desta Norma, notificando, imediatamente, à autoridade de saúde pública sempre que houver indícios de risco à saúde ou sempre que amostras coletadas apresentarem resultados em desacordo com os limites ou condições da respectiva classe de enquadramento, conforme definido na legislação específica vigente;

VI - manter registros atualizados sobre as características da água distribuída, sistematizados de forma compreensível aos consumidores e disponibilizados para pronto acesso e consulta pública;

VII - comunicar, imediatamente, à autoridade de saúde pública competente e informar, adequadamente, à população a detecção de qualquer anomalia identificada como de risco à saúde, adotando-se as medidas previstas no artigo 29; e

VIII - manter mecanismos para recebimento de queixas referentes às características da água e para a adoção das providências pertinentes.

Capítulo IV

DO PADRÃO DE POTABILIDADE

Art.11. A água potável deve estar em conformidade com o padrão microbiológico conforme Tabela 1, a seguir:

Tabela 1 - Padrão microbiológico de potabilidade da água para consumo humano

PARÂMETRO	VMP ⁽¹⁾
Água para consumo humano ⁽²⁾	
Escherichia coli ou coliformes termotolerantes ⁽³⁾	Ausência em 100ml
Água na saída do tratamento	
Coliformes totais	Ausência em 100ml
Água tratada no sistema de distribuição (reservatórios e rede)	
Escherichia coli ou coliformes termotolerantes ⁽³⁾	Ausência em 100ml
Coliformes totais	Sistemas que analisam 40 ou mais amostras por mês: Ausência em 100ml em 95% das amostras examinadas no mês; Sistemas que analisam menos de 40 amostras por mês: Apenas uma amostra poderá apresentar mensalmente resultado positivo em 100ml

NOTAS:

(1) Valor Máximo Permitido.

(2) água para consumo humano em toda e qualquer situação, incluindo fontes individuais como poços, minas, nascentes, dentre outras.

(3) a detecção de Escherichia coli deve ser preferencialmente adotada.

§ 1º No controle da qualidade da água, quando forem detectadas amostras com resultado positivo para coliformes totais, mesmo em ensaios presuntivos, novas amostras devem ser coletadas em dias imediatamente sucessivos até que as novas amostras revelem resultado satisfatório.

§ 2º Nos sistemas de distribuição, a recoleta deve incluir, no mínimo, três amostras simultâneas, sendo uma no mesmo ponto e duas outras localizadas a montante e a jusante.

§ 3º Amostras com resultados positivos para coliformes totais devem ser analisadas para Escherichia coli e, ou, coliformes termotolerantes, devendo, neste caso, ser efetuada a verificação e confirmação dos resultados positivos.

§ 4º O percentual de amostras com resultado positivo de coliformes totais em relação ao total de amostras coletadas nos sistemas de distribuição deve ser calculado mensalmente, excluindo as amostras extras (recoleta).

§ 5º O resultado negativo para coliformes totais das amostras extras (recoletas) não anula o resultado originalmente positivo no cálculo dos percentuais de amostras com resultado positivo.

§ 6º Na proporção de amostras com resultado positivo admitidas mensalmente para coliformes totais no sistema de distribuição, expressa na Tabela 1, não são tolerados resultados positivos que ocorram em recoleta, nos termos do § 1º deste artigo.

§ 7º Em 20% das amostras mensais para análise de coliformes totais nos sistemas de distribuição, deve ser efetuada a contagem de bactérias heterotróficas e, uma vez excedidas 500 unidades formadoras de colônia (UFC) por ml, devem ser providenciadas imediata recoleta, inspeção local e, se constatada irregularidade, outras providências cabíveis.

§ 8º Em complementação, recomenda-se a inclusão de pesquisa de organismos patogênicos, com o objetivo de atingir, como meta, um padrão de ausência, dentre outros, de enterovírus, cistos de *Giardia* spp e oocistos de *Cryptosporidium* sp.

§ 9º Em amostras individuais procedentes de poços, fontes, nascentes e outras formas de abastecimento sem distribuição canalizada, tolera-se a presença de coliformes totais, na ausência de *Escherichia coli* e, ou, coliformes termotolerantes, nesta situação devendo ser investigada a origem da ocorrência, tomadas providências imediatas de caráter corretivo e preventivo e realizada nova análise de coliformes.

Art. 12. Para a garantia da qualidade microbiológica da água, em complementação às exigências relativas aos indicadores microbiológicos, deve ser observado o padrão de turbidez expresso na Tabela 2, abaixo:

Tabela 2 - Padrão de turbidez para água pós-filtração ou pré-desinfecção

TRATAMENTO DA ÁGUA	VMP ⁽¹⁾
Desinfecção (água subterrânea)	1,0 UT ⁽²⁾ em 95% das amostras
Filtração rápida (tratamento completo ou filtração direta)	1,0 UT ⁽²⁾
Filtração lenta	2,0 UT ⁽²⁾ em 95% das amostras

NOTAS:

(1) Valor máximo permitido.

(2) Unidade de turbidez.

§ 1º Entre os 5% dos valores permitidos de turbidez superiores aos VMP estabelecidos na Tabela 2, o limite máximo para qualquer amostra pontual deve ser de 5,0 UT, assegurado, simultaneamente, o atendimento ao VMP de 5,0 UT em qualquer ponto da rede no sistema de distribuição.

§ 2º Com vistas a assegurar a adequada eficiência de remoção de enterovírus, cistos de *Giardia* spp e oocistos de *Cryptosporidium* sp., recomenda-se, enfaticamente, que, para a filtração rápida, se estabeleça como meta a obtenção de efluente filtrado com valores de turbidez inferiores a 0,5 UT em 95% dos dados mensais e nunca superiores a 5,0 UT.

§ 3º O atendimento ao percentual de aceitação do limite de turbidez, expresso na Tabela 2, deve ser verificado, mensalmente, com base em amostras no mínimo diárias para desinfecção ou filtração lenta e a cada quatro horas para filtração rápida, preferivelmente, em qualquer caso, no efluente individual de cada unidade de filtração.

Art. 13. Após a desinfecção, a água deve conter um teor mínimo de cloro residual livre de 0,5 mg/L, sendo obrigatória a manutenção de, no mínimo, 0,2 mg/L em qualquer ponto da rede de distribuição, recomendando-se que a cloração seja realizada em pH inferior a 8,0 e tempo de contato mínimo de 30 minutos.

Parágrafo único. Admite-se a utilização de outro agente desinfetante ou outra condição de operação do processo de desinfecção, desde que fique demonstrado pelo responsável pelo sistema de tratamento uma eficiência de inativação microbiológica equivalente à obtida com a condição definida neste artigo.

Art. 14. A água potável deve estar em conformidade com o padrão de substâncias químicas que representam risco para a saúde expresso na Tabela 3, a seguir:

Tabela 3 - Padrão de potabilidade para substâncias químicas que representam risco à saúde

PARÂMETRO	UNIDADE	VMP ⁽¹⁾
INORGÂNICAS		
Antimônio	mg/L	0,005
Arsênio	mg/L	0,01

Bário	mg/L	0,7
Cádmio	mg/L	0,005
Cianeto	mg/L	0,07
Chumbo	mg/L	0,01
Cobre	mg/L	2
Cromo	mg/L	0,05
Fluoreto ⁽²⁾	mg/L	1,5
Mercúrio	mg/L	0,001
Nitrato (como N)	mg/L	10
Nitrito (como N)	mg/L	1
Selênio	mg/L	0,01
ORGÂNICAS		
Acrilamida	µg/L	0,5
Benzeno	µg/L	5
Benzo[a]pireno	µg/L	0,7
Cloreto de Vinila	µg/L	5
1,2 Dicloroetano	µg/L	10
1,1 Dicloroetano	µg/L	30
Diclorometano	µg/L	20
Estireno	µg/L	20
Tetracloroeto de Carbono	µg/L	2
Tetracloroetano	µg/L	40
Triclorobenzenos	µg/L	20
Tricloroetano	µg/L	70
AGROTÓXICOS		
Alaclor	µg/L	20,0
Aldrin e Dieldrin	µg/L	0,03
Atrazina	µg/L	2
Bentazona	µg/L	300
Clordano (isômeros)	µg/L	0,2
2,4 D	µg/L	30
DDT (isômeros)	µg/L	2
Endossulfan	µg/L	20
Endrin	µg/L	0,6
Glifosato	µg/L	500
Heptacloro e Heptacloro epóxido	µg/L	0,03
Hexaclorobenzeno	µg/L	1
Lindano (γ-BHC)	µg/L	2
Metolacloro	µg/L	10
Metoxicloro	µg/L	20
Molinato	µg/L	6
Pendimetalina	µg/L	20
Pentaclorofenol	µg/L	9
Permetrina	µg/L	20
Propanil	µg/L	20
Simazina	µg/L	2

Trifluralina	µg/L	20
CIANOTOXINAS		
Microcistinas ⁽³⁾	µg/L	1,0
DESINFETANTES E PRODUTOS SECUNDARIOS DA DESINFECÇÃO		
Bromato	mg/L	0,025
Clorito	mg/L	0,2
Cloro livre ⁽⁴⁾	mg/L	5
Monocloramina	mg/L	3
2,4,6 Triclorofenol	mg/L	0,2
Trihalometanos Total	mg/L	0,1

NOTAS:

(1) Valor Máximo Permitido.

(2) Os valores recomendados para a concentração de ion fluoreto devem observar à legislação específica vigente relativa à fluoretação da água, em qualquer caso devendo ser respeitado o VMP desta Tabela.

(3) É aceitável a concentração de até 10 µg/L de microcistinas em até 3 (três) amostras, consecutivas ou não, nas análises realizadas nos últimos 12 (doze) meses.

(4) Análise exigida de acordo com o desinfetante utilizado.

§ 1º Recomenda-se que as análises para cianotoxinas incluam a determinação de cilindrospermopsina e saxitoxinas (STX), observando, respectivamente, os valores limites de 15,0 µg/L e 3,0 µg/L de equivalentes STX/L.

§ 2º Para avaliar a presença dos inseticidas organofosforados e carbamatos na água, recomenda-se a determinação da atividade da enzima acetilcolinesterase, observando os limites máximos de 15% ou 20% de inibição enzimática, quando a enzima utilizada for proveniente de insetos ou mamíferos, respectivamente.

Art. 15. A água potável deve estar em conformidade com o padrão de radioatividade expresso na Tabela 4, a seguir:

Tabela 4 - Padrão de radioatividade para água potável

PARÂMETRO	UNIDADE	VMP ⁽¹⁾
Radioatividade alfa global	Bq/L	0,1 ⁽²⁾
Radioatividade beta global	Bq/L	1,0 ⁽²⁾

NOTAS:

(1) Valor máximo permitido.

(2) Se os valores encontrados forem superiores aos VMP, deverá ser feita a identificação dos radionuclídeos presentes e a medida das concentrações respectivas. Nesses casos, deverão ser aplicados, para os radionuclídeos encontrados, os valores estabelecidos pela legislação pertinente da Comissão Nacional de Energia Nuclear - CNEN, para se concluir sobre a potabilidade da água.

Art. 16. A água potável deve estar em conformidade com o padrão de aceitação de consumo expresso na Tabela 5, a seguir:

Tabela 5 - Padrão de aceitação para consumo humano

PARÂMETRO	UNIDADE	VMP ⁽¹⁾
Alumínio	mg/L	0,2
Amônia (como NH ₃)	mg/L	1,5
Cloreto	mg/L	250
Cor Aparente	uH ⁽²⁾	15
Dureza	mg/L	500
Etilbenzeno	mg/L	0,2
Ferro	mg/L	0,3
Manganês	mg/L	0,1

Monoclorobenzeno	mg/L	0,12
Odor	-	Não objetável ⁽³⁾
Gosto	-	Não objetável ⁽³⁾
Sódio	mg/L	200
Sólidos dissolvidos totais	mg/L	1.000
Sulfato	mg/L	250
Sulfeto de Hidrogênio	mg/L	0,05
Surfactantes	mg/L	0,5
Tolueno	mg/L	0,17
Turbidez	UT ⁽⁴⁾	5
Zinco	mg/L	5
Xileno	mg/L	0,3

NOTAS:

- (1) Valor máximo permitido.
 (2) Unidade Hazen (mg Pt-Co/L).
 (3) critério de referência
 (4) Unidade de turbidez.

§ 1º Recomenda-se que, no sistema de distribuição, o pH da água seja mantido na faixa de 6,0 a 9,5.

§ 2º Recomenda-se que o teor máximo de cloro residual livre, em qualquer ponto do sistema de abastecimento, seja de 2,0 mg/L.

§ 3º Recomenda-se a realização de testes para detecção de odor e gosto em amostras de água coletadas na saída do tratamento e na rede de distribuição de acordo com o plano mínimo de amostragem estabelecido para cor e turbidez nas Tabelas 6 e 7.

Art. 17. As metodologias analíticas para determinação dos parâmetros físicos, químicos, microbiológicos e de radioatividade devem atender às especificações das normas nacionais que disciplinem a matéria, da edição mais recente da publicação Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, de autoria das instituições American Public Health Association (APHA), American Water Works Association (AWWA) e Water Environment Federation (WEF), ou das normas publicadas pela ISO (International Standardization Organization).

§ 1º Para análise de cianobactérias e cianotoxinas e comprovação de toxicidade por bioensaios em camundongos, até o estabelecimento de especificações em normas nacionais ou internacionais que disciplinem a matéria, devem ser adotadas as metodologias propostas pela Organização Mundial da Saúde (OMS) em sua publicação Toxic cyanobacteria in water: a guide to their public health consequences, monitoring and management.

§ 2º Metodologias não contempladas nas referências citadas no § 1º e "caput" deste artigo, aplicáveis aos parâmetros estabelecidos nesta Norma, devem, para ter validade, receber aprovação e registro pelo Ministério da Saúde.

§ 3º As análises laboratoriais para o controle e a vigilância da qualidade da água podem ser realizadas em laboratório próprio ou não que, em qualquer caso, deve manter programa de controle de qualidade interna ou externa ou ainda ser acreditado ou certificado por órgãos competentes para esse fim.

Capítulo V DOS PLANOS DE AMOSTRAGEM

Art. 18. Os responsáveis pelo controle da qualidade da água de sistema ou solução alternativa de abastecimento de água devem elaborar e aprovar, junto à autoridade de saúde pública, o plano de amostragem de cada sistema, respeitando os planos mínimos de amostragem expressos nas Tabelas 6, 7, 8 e 9.

Tabela 6 - Número mínimo de amostras para o controle da qualidade da água de sistema de abastecimento, para fins de análises físicas, químicas e de radioatividade, em função do ponto de amostragem, da população abastecida e do tipo de manancial

Parâmetro	Tipo de manancial	Saída do tratamento (número de amostras por unidade de tratamento)	Sistema de distribuição (reservatórios e rede) População abastecida		
			< 50.000 hab.	50.000 a 250.000 hab.	> 250.000 hab.
Cor Turbidez PH	Superficial	1	10	1 para cada 5.000 hab.	40 + (1 para cada 25.000 hab.)
	Subterrâneo	1	5	1 para cada 10.000 hab.	20 + (1 para cada 50.000 hab.)
CRL ⁽¹⁾	Superficial	1	(Conforme § 3º do artigo 18).		
	Subterrâneo	1			
Fluoreto	Superficial ou Subterrâneo	1	5	1 para cada 10.000 hab.	20 + (1 para cada 50.000 hab.)
Cianotoxinas	Superficial	1 (Conforme § 5º do artigo 18)	-	-	-
Trihalometanos	Superficial	1	1 ⁽²⁾	4 ⁽²⁾	4 ⁽²⁾
	Subterrâneo	-	1 ⁽²⁾	1 ⁽²⁾	1 ⁽²⁾
Demais Parâmetros ⁽³⁾	Superficial ou Subterrâneo	1	1 ⁽⁴⁾	1 ⁽⁴⁾	1 ⁽⁴⁾

NOTAS:

(1) Cloro residual livre.

(2) As amostras devem ser coletadas, preferencialmente, em pontos de maior tempo de detenção da água no sistema de distribuição.

(3) Apenas será exigida obrigatoriedade de investigação dos parâmetros radioativos quando da evidência de causas de radiação natural ou artificial.

(4) Dispensada análise na rede de distribuição quando o parâmetro não for detectado na saída do tratamento e, ou, no manancial, à exceção de substâncias que potencialmente possam ser introduzidas no sistema ao longo da distribuição.

Tabela 7 - Frequência mínima de amostragem para o controle da qualidade da água de sistema de abastecimento, para fins de análises físicas, químicas e de radioatividade, em função do ponto de amostragem, da população abastecida e do tipo de manancial.

PARÂMETRO	TIPO DE MANANCIAL	SAÍDA DO TRATAMENTO (FREQUÊNCIA POR UNIDADE DE TRATAMENTO)	SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO (RESERVATÓRIOS E REDE)		
			População abastecida		
			<50.000 hab.	50.000 a 250.000 hab.	> 250.000 hab.
Cor Turbidez PH Fluoreto	Superficial	A cada 2 horas	Mensal	Mensal	Mensal
	Subterrâneo	Diária			
CRL ⁽¹⁾	Superficial	A cada 2 horas	(Conforme § 3º do artigo 18).		
	Subterrâneo	Diária			
Cianotoxinas	Superficial	Semanal (Conforme § 5º do artigo 18)	-	-	-
Trihalometanos	Superficial	Trimestral	Trimestral	Trimestral	Trimestral
	Subterrâneo	-	Anual	Semestral	Semestral
Demais	Superficial ou Subterrâneo	Semestral	Semestral	Semestral ⁽³⁾	Semestral ⁽³⁾

parâmetros ⁽²⁾	Subterrâneo		(3)		
---------------------------	-------------	--	-----	--	--

NOTAS:

(1) Cloro residual livre.

(2) Apenas será exigida obrigatoriedade de investigação dos parâmetros radioativos quando da evidência de causas de radiação natural ou artificial.

(3) Dispensada análise na rede de distribuição quando o parâmetro não for detectado na saída do tratamento e, ou, no manancial, à exceção de substâncias que potencialmente possam ser introduzidas no sistema ao longo da distribuição.

Tabela 8 - Número mínimo de amostras mensais para o controle da qualidade da água de sistema de abastecimento, para fins de análises microbiológicas, em função da população abastecida.

PARÂMETRO	SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO (RESERVATÓRIOS E REDE)			
	População abastecida			
	< 5.000 hab.	5.000 a 20.000 hab.	20.000 a 250.000 hab.	> 250.000 hab.
Coliformes totais	10	1 para cada 500 hab.	30 + (1 para cada 2.000 hab.)	105 + (1 para cada 5.000 hab.) Máximo de 1.000

NOTA: na saída de cada unidade de tratamento devem ser coletadas, no mínimo, 2 (duas) amostras semanais, recomendando-se a coleta de, pelo menos, 4 (quatro) amostras semanais.

Tabela 9 - Número mínimo de amostras e frequência mínima de amostragem para o controle da qualidade da água de solução alternativa, para fins de análises físicas, químicas e microbiológicas, em função do tipo de manancial e do ponto de amostragem.

PARÂMETRO	TIPO DE MANANCIAL	SÁDIDA DO TRATAMENTO para água analisada)	NÚMERO DE AMOSTRAS RETIRADAS NO PONTO DE CONSUMO ⁽¹⁾ para cada 500 hab.)	FREQÜÊNCIA DE AMOSTRAGEM
Cor, turbidez, pH e coliformes totais ⁽²⁾	Superficial	I	I	Semanal
	Subterrâneo	I	I	Mensal
CRL ^{(2) (3)}	Superficial ou Subterrâneo	I	I	Diário

NOTAS:

(1) Devem ser retiradas amostras em, no mínimo, 3 pontos de consumo de água.

(2) Para veículos transportadores de água para consumo humano, deve ser realizada 1 (uma) análise de CRL em cada carga e 1 (uma) análise, na fonte de fornecimento, de cor, turbidez, PH e coliformes totais com frequência mensal, ou outra amostragem determinada pela autoridade de saúde pública.

(3) Cloro residual livre.

§ 1º A amostragem deve obedecer aos seguintes requisitos:

I - distribuição uniforme das coletas ao longo do período; e

II - representatividade dos pontos de coleta no sistema de distribuição (reservatórios e rede), combinando critérios de abrangência espacial e pontos estratégicos, entendidos como aqueles próximos a grande circulação de pessoas (terminais rodoviários, terminais ferroviários, etc.) ou edifícios que alberguem grupos populacionais de risco (hospitais, creches, asilos, etc.), aqueles localizados em trechos vulneráveis do sistema de distribuição (pontas de rede, pontos de queda de pressão, locais afetados por manobras, sujeitos à intermitência de abastecimento, reservatórios, etc.) e locais com sistemáticas notificações de agravos à saúde tendo como possíveis causas agentes de veiculação hídrica.

§ 2º No número mínimo de amostras coletadas na rede de distribuição, previsto na Tabela 8, não se incluem as amostras extras (recoletas).

§ 3º Em todas as amostras coletadas para análises microbiológicas deve ser efetuada, no momento da coleta, medição de cloro residual livre ou de outro composto residual ativo, caso o agente desinfetante utilizado não seja o cloro.

§ 4º Para uma melhor avaliação da qualidade da água distribuída, recomenda-se que, em todas as amostras referidas no § 3º deste artigo, seja efetuada a determinação de turbidez.

§ 5º Sempre que o número de cianobactérias na água do manancial, no ponto de captação, exceder 20.000 células/ml ($2\text{mm}^3/\text{L}$ de biovolume), durante o monitoramento que trata o § 1º do artigo 19, será exigida a análise semanal de cianotoxinas na água na saída do tratamento e nas entradas (hidrômetros) das clínicas de hemodiálise e indústrias de injetáveis, sendo que esta análise pode ser dispensada quando não houver comprovação de toxicidade na água bruta por meio da realização semanal de bioensaios em camundongos.

Art. 19. Os responsáveis pelo controle da qualidade da água de sistemas e de soluções alternativas de abastecimento supridos por manancial superficial devem coletar amostras semestrais da água bruta, junto do ponto de captação, para análise de acordo com os parâmetros exigidos na legislação vigente de classificação e enquadramento de águas superficiais, avaliando a compatibilidade entre as características da água bruta e o tipo de tratamento existente.

§ 1º O monitoramento de cianobactérias na água do manancial, no ponto de captação, deve obedecer frequência mensal, quando o número de cianobactérias não exceder 10.000 células/ml (ou $1\text{mm}^3/\text{L}$ de biovolume), e semanal, quando o número de cianobactérias exceder este valor.

§ 2º É vedado o uso de algicidas para o controle do crescimento de cianobactérias ou qualquer intervenção no manancial que provoque a lise das células desses microrganismos, quando a densidade das cianobactérias exceder 20.000 células/ml (ou $2\text{mm}^3/\text{L}$ de biovolume), sob pena de comprometimento da avaliação de riscos à saúde associados às cianotoxinas.

Art. 20. A autoridade de saúde pública, no exercício das atividades de vigilância da qualidade da água, deve implementar um plano próprio de amostragem, consoante diretrizes específicas elaboradas no âmbito do Sistema Único de Saúde - SUS.

Capítulo VI

DAS EXIGÊNCIAS APLICÁVEIS AOS SISTEMAS E SOLUÇÕES ALTERNATIVAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

Art. 21. O sistema de abastecimento de água deve contar com responsável técnico, profissionalmente habilitado.

Art. 22. Toda água fornecida coletivamente deve ser submetida a processo de desinfecção, concebido e operado de forma a garantir o atendimento ao padrão microbiológico desta Norma.

Art. 23. Toda água para consumo humano suprida por manancial superficial e distribuída por meio de canalização deve incluir tratamento por filtração.

Art. 24. Em todos os momentos e em toda sua extensão, a rede de distribuição de água deve ser operada com pressão superior à atmosférica.

§ 1º Caso esta situação não seja observada, fica o responsável pela operação do serviço de abastecimento de água obrigado a notificar a autoridade de saúde pública e informar à população, identificando períodos e locais de ocorrência de pressão inferior à atmosférica.

§ 2º Excepcionalmente, caso o serviço de abastecimento de água necessite realizar programa de manobras na rede de distribuição, que possa submeter trechos a pressão inferior à atmosférica, o referido programa deve ser previamente comunicado à autoridade de saúde pública.

Art. 25. O responsável pelo fornecimento de água por meio de veículos deve:

I - garantir o uso exclusivo do veículo para este fim;

II - manter registro com dados atualizados sobre o fornecedor e, ou, sobre a fonte de água; e

III - manter registro atualizado das análises de controle da qualidade da água.

§ 1º A água fornecida para consumo humano por meio de veículos deve conter um teor mínimo de cloro residual livre de 0,5 mg/L.

§ 2º O veículo utilizado para fornecimento de água deve conter, de forma visível, em sua carroceria, a inscrição: "ÁGUA POTÁVEL".

Capítulo VII

DAS PENALIDADES

Art. 26. Serão aplicadas as sanções administrativas cabíveis, aos responsáveis pela operação dos sistemas ou soluções alternativas de abastecimento de água, que não observarem as determinações constantes desta Portaria.

Art. 27. As Secretarias de Saúde dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios estarão sujeitas a suspensão de repasse de recursos do Ministério da Saúde e órgãos ligados, diante da inobservância do contido nesta Portaria.

Art. 28. Cabe ao Ministério da Saúde, por intermédio da SVS/MS, e às autoridades de saúde pública dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios, representadas pelas respectivas Secretarias de Saúde ou órgãos equivalentes, fazer observar o fiel cumprimento desta Norma, nos termos da legislação que regulamenta o Sistema Único de Saúde – SUS.

Capítulo VIII

DAS DISPOSIÇÕES FINAIS

Art. 29. Sempre que forem identificadas situações de risco à saúde, o responsável pela operação do sistema ou solução alternativa de abastecimento de água e as autoridades de saúde pública devem estabelecer entendimentos para a elaboração de um plano de ação e tomada das medidas cabíveis, incluindo a eficaz comunicação à população, sem prejuízo das providências imediatas para a correção da anormalidade.

Art. 30. O responsável pela operação do sistema ou solução alternativa de abastecimento de água pode solicitar à autoridade de saúde pública a alteração na frequência mínima de amostragem de determinados parâmetros estabelecidos nesta Norma.

Parágrafo único. Após avaliação criteriosa, fundamentada em inspeções sanitárias e, ou, em histórico mínimo de dois anos do controle e da vigilância da qualidade da água, a autoridade de saúde pública decidirá quanto ao deferimento da solicitação, mediante emissão de documento específico.

Art. 31. Em função de características não conformes com o padrão de potabilidade da água ou de outros fatores de risco, a autoridade de saúde pública competente, com fundamento em relatório técnico, determinará ao responsável pela operação do sistema ou solução alternativa de abastecimento de água que amplie o número mínimo de amostras, aumente a frequência de amostragem ou realize análises laboratoriais de parâmetros adicionais ao estabelecido na presente Norma.

Art. 32. Quando não existir na estrutura administrativa do Estado a unidade da Secretaria de Saúde, os deveres e responsabilidades previstos no artigo 6º desta Norma serão cumpridos pelo órgão equivalente.

Anexo II

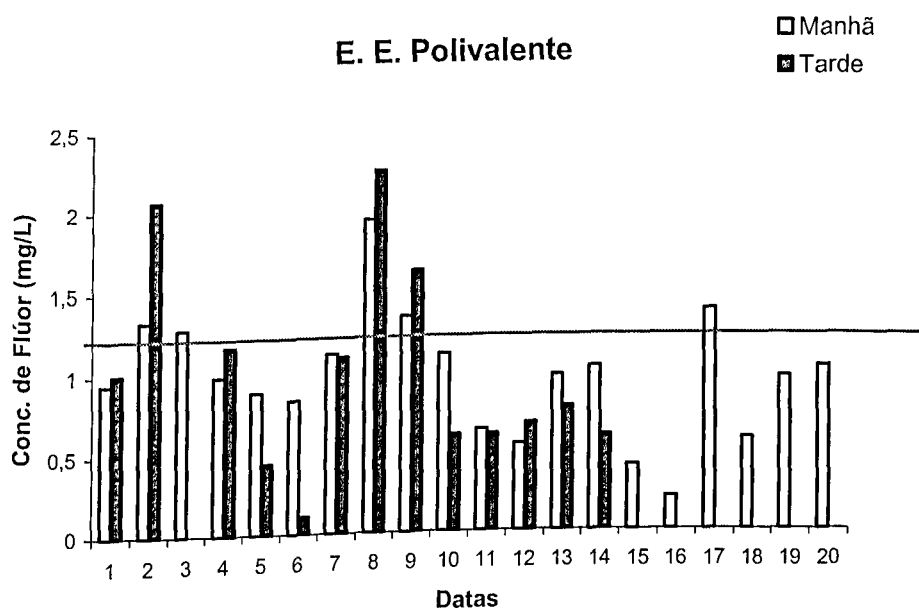


Figura 1. Determinação de flúor em amostras de água da escola E. E. Polivalente (Uberlândia -MG) nos períodos da manhã e tarde, em diferentes datas. 1: 03/10/2002; 2: 16/10/2002; 3: 08/11/2002; 4: 11/11/2002; 5: 25/11/2002; 6: 06/12/2002; 7: 20/11/2003; 8: 16/10/2002; 9: 04/12/2003; 10: 11/12/2003; 11: 18/12/2003; 12: 11/03/2004; 13: 18/03/2004; 14: 27/11/2003; 15: 06/04/2004; 16: 13/04/2004; 17: 22/04/2004; 18: 11/05/2004; 19: 18/05/2004; 20: 25/05/2004.

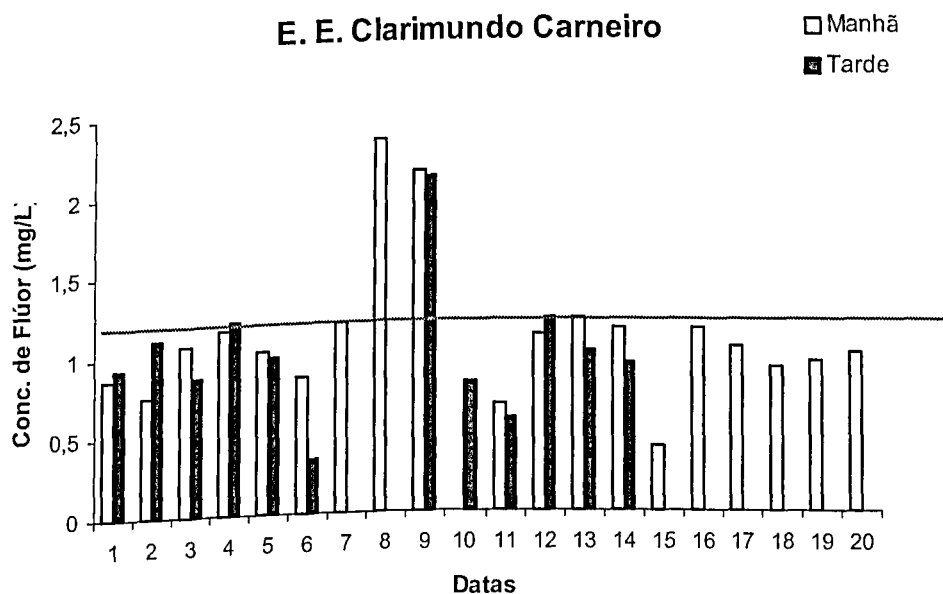


Figura 2. Determinação de flúor em amostras de água da escola E. E. Clarimundo Carneiro (Uberlândia -MG) nos períodos da manhã e tarde, em diferentes datas. 1: 03/10/2002; 2: 16/10/2002; 3: 08/11/2002; 4: 11/11/2002; 5: 25/11/2002; 6: 06/12/2002; 7: 20/11/2003; 8: 16/10/2002; 9: 04/12/2003; 10: 11/12/2003; 11: 18/12/2003; 12: 11/03/2004; 13: 18/03/2004; 14: 25/03/2004; 15: 06/04/2004; 16: 13/04/2004; 17: 22/04/2004; 18: 11/05/2004; 19: 18/05/2004; 20: 25/05/2004.

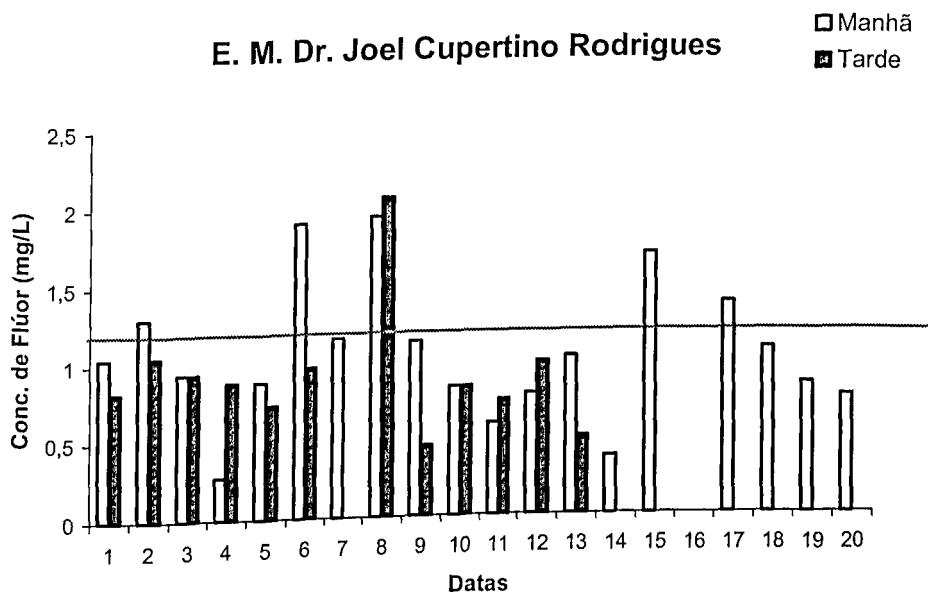


Figura 3. Determinação de flúor em amostras de água da escola E. M. Dr. Joel Cupertino Rodrigues (Uberlândia -MG) nos períodos da manhã e tarde, em diferentes datas. 1: 03/10/2002; 2: 16/10/2002; 3: 08/11/2002; 4: 11/11/2002; 5: 25/11/2002; 6: 06/12/2002; 7: 20/11/2003; 8: 27/11/2003; 9: 04/12/2003; 10: 11/12/2003; 11: 18/12/2003; 12: 11/03/2004; 13: 18/03/2004; 14: 25/03/2004; 15: 06/04/2004; 16: 13/04/2004; 17: 22/04/2004; 18: 11/05/2004; 19: 18/05/2004; 20: 25/05/2004.

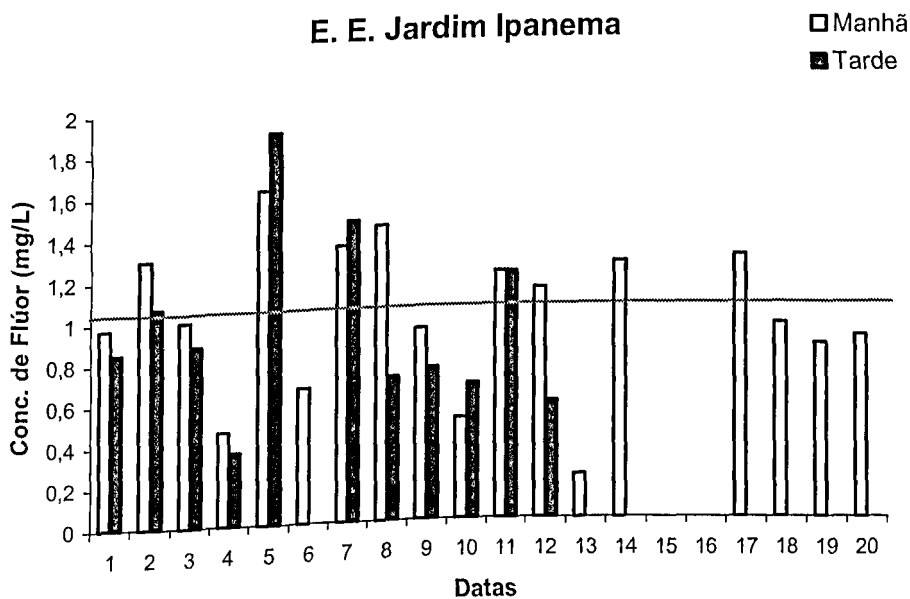


Figura 4. Determinação de flúor em amostras de água da escola E. E. Jardim Ipanema (Uberlândia -MG) nos períodos da manhã e tarde, em diferentes datas. 1: 03/10/2002; 2: 16/10/2002; 3: 08/11/2002; 4: 11/11/2002; 5: 25/11/2002; 6: 06/12/2002; 7: 20/11/2003; 8: 27/11/2003; 9: 04/12/2003; 10: 11/12/2003; 11: 18/12/2003; 12: 11/03/2004; 13: 18/03/2004; 14: 25/03/2004; 15: 06/04/2004; 16: 13/04/2004; 17: 22/04/2004; 18: 11/05/2004; 19: 18/05/2004; 20: 25/05/2004.

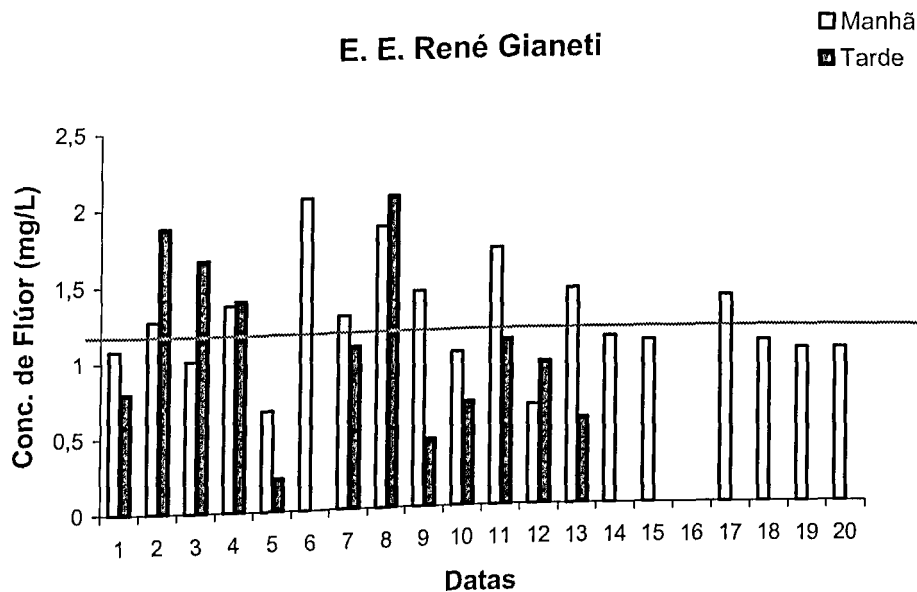


Figura 5. Determinação de flúor em amostras de água da escola E. E. René Gianeti (Uberlândia -MG) nos períodos da manhã e tarde, em diferentes datas. 1: 03/10/2002; 2: 16/10/2002; 3: 08/11/2002; 4: 11/11/2002; 5: 25/11/2002; 6: 06/12/2002; 7: 20/11/2003; 8: 27/11/2003; 9: 04/12/2003; 10: 11/12/2003; 11: 18/12/2003; 12: 11/03/2004; 13: 18/03/2004; 14: 25/03/2004; 15: 06/04/2004; 16: 13/04/2004; 17: 22/04/2004; 18: 11/05/2004; 19: 18/05/2004; 20: 25/05/2004.

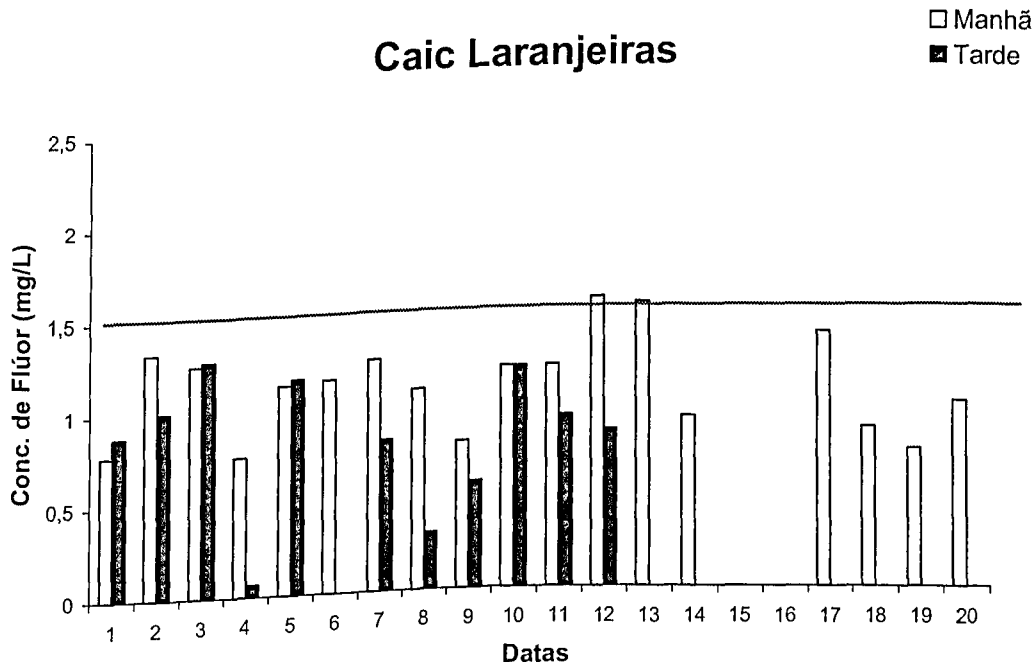


Figura 6. Determinação de flúor em amostras de água da escola Caic Laranjeiras (Uberlândia -MG) nos períodos da manhã e tarde, em diferentes datas. 1: 03/10/2002; 2: 16/10/2002; 3: 08/11/2002; 4: 11/11/2002; 5: 25/11/2002; 6: 06/12/2002; 7: 20/11/2003; 8: 27/11/2003; 9: 04/12/2003; 10: 11/12/2003; 11: 18/12/2003; 12: 11/03/2004; 13: 18/03/2004; 14: 25/03/2004; 15: 06/04/2004; 16: 13/04/2004; 17: 22/04/2004; 18: 11/05/2004; 19: 18/05/2004; 20: 25/05/2004.

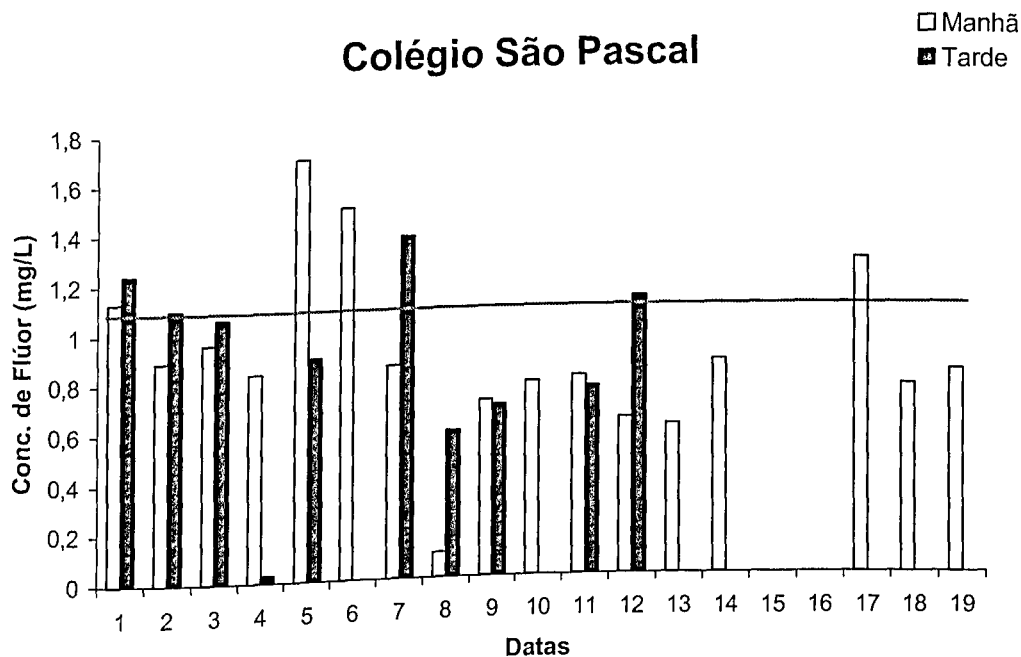


Figura 7. Determinação de flúor em amostras de água da escola Colégio São Pascal (Uberlândia -MG) nos períodos da manhã e tarde, em diferentes datas. 1: 03/10/2002; 2: 16/10/2002; 3: 08/11/2002; 4: 11/11/2002; 5: 25/11/2002; 6: 06/12/2002; 7: 20/11/2003; 8: 27/11/2003; 9: 04/12/2003; 10: 11/12/2003; 11: 18/12/2003; 12: 11/03/2004; 13: 18/03/2004; 14: 25/03/2004; 15: 06/04/2004; 16: 13/04/2004; 17: 22/04/2004; 18: 11/05/2004; 19: 18/05/2004; 20: 25/05/2004.

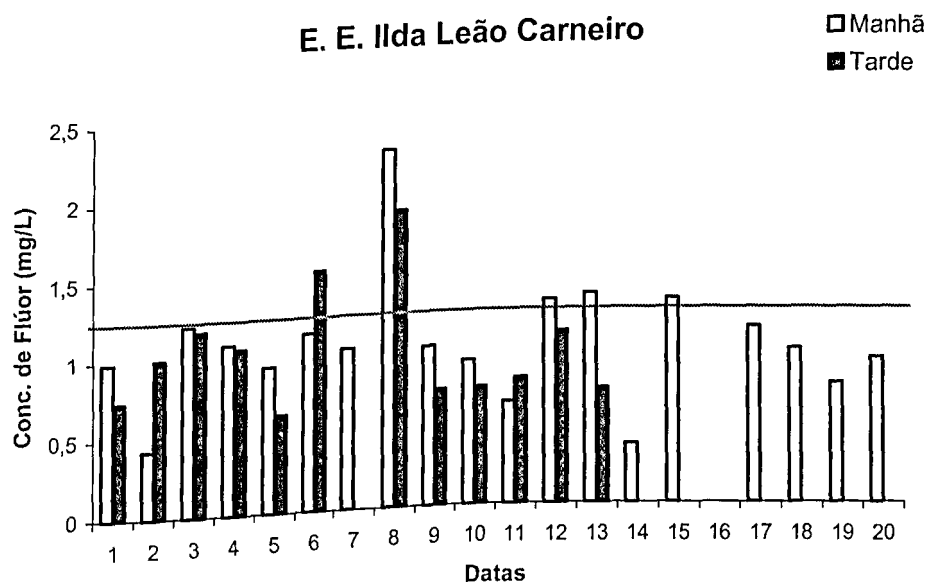


Figura 8. Determinação de flúor em amostras de água da escola E. E. Ilda Leão Carneiro (Uberlândia -MG) nos períodos da manhã e tarde, em diferentes datas. 1: 03/10/2002; 2: 16/10/2002; 3: 08/11/2002; 4: 11/11/2002; 5: 25/11/2002; 6: 06/12/2002; 7: 20/11/2003; 8: 27/11/2003; 9: 04/12/2003; 10: 11/12/2003; 11: 18/12/2003; 12: 11/03/2004; 13: 18/03/2004; 14: 25/03/2004; 15: 06/04/2004; 16: 13/04/2004; 17: 22/04/2004; 18: 11/05/2004; 19: 18/05/2004; 20: 25/05/2004.

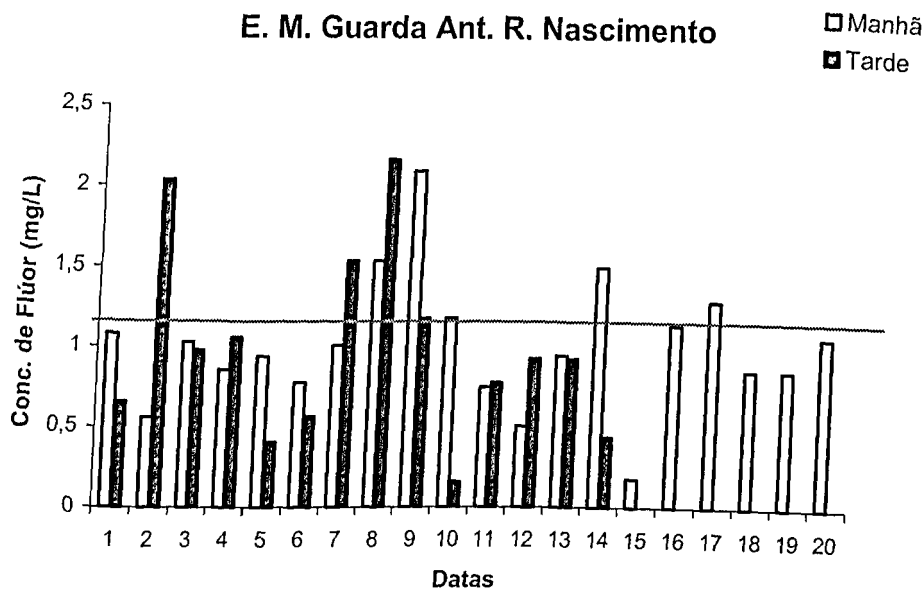


Figura 9. Determinação de flúor em amostras de água da escola E. M. Guarda Ant. R. Nascimento (Uberlândia -MG) nos períodos da manhã e tarde, em diferentes datas. 1: 03/10/2002; 2: 16/10/2002; 3: 08/11/2002; 4: 11/11/2002; 5: 25/11/2002; 6: 06/12/2002; 7: 20/11/2003; 8: 27/11/2003; 9: 04/12/2003; 10: 11/12/2003; 11: 18/12/2003; 12: 11/03/2004; 13: 18/03/2004; 14: 25/03/2004; 15: 06/04/2004; 16: 13/04/2004; 17: 22/04/2004; 18: 11/05/2004; 19: 18/05/2004; 20: 25/05/2004.

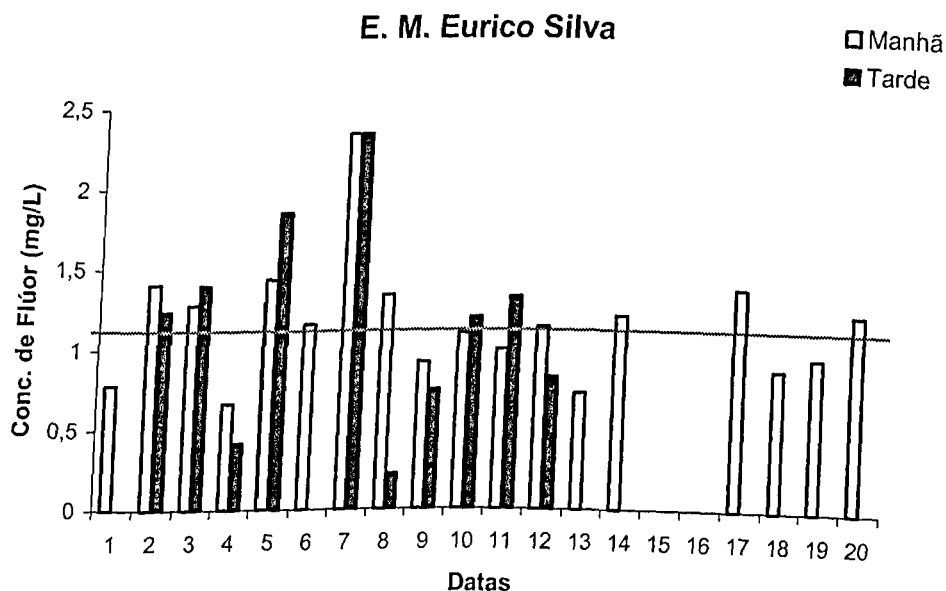


Figura 10. Determinação de flúor em amostras de água da escola E. M. Eurico Silva (Uberlândia -MG) nos períodos da manhã e tarde, em diferentes datas. 1: 03/10/2002; 2: 16/10/2002; 3: 08/11/2002; 4: 11/11/2002; 5: 25/11/2002; 6: 06/12/2002; 7: 20/11/2003; 8: 27/11/2003; 9: 04/12/2003; 10: 11/12/2003; 11: 18/12/2003; 12: 11/03/2004; 13: 18/03/2004; 14: 25/03/2004; 15: 06/04/2004; 16: 13/04/2004; 17: 22/04/2004; 18: 11/05/2004; 19: 18/05/2004; 20: 25/05/2004.

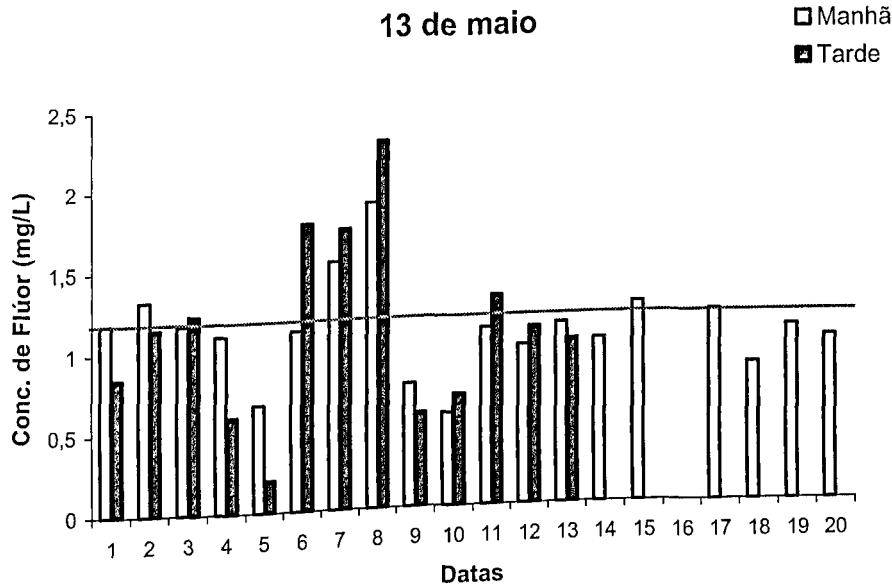


Figura 11. Determinação de flúor em amostras de água da escola E. E. 13 de maio (Uberlândia -MG) nos períodos da manhã e tarde, em diferentes datas. 1: 03/10/2002; 2: 16/10/2002; 3: 08/11/2002; 4: 11/11/2002; 5: 25/11/2002; 6: 06/12/2002; 7: 20/11/2003; 8: 27/11/2003; 9: 04/12/2003; 10: 11/12/2003; 11: 18/12/2003; 12: 11/03/2004; 13: 18/03/2004; 14: 25/03/2004; 15: 06/04/2004; 16: 13/04/2004; 17: 22/04/2004; 18: 11/05/2004; 19: 18/05/2004; 20: 25/05/2004.

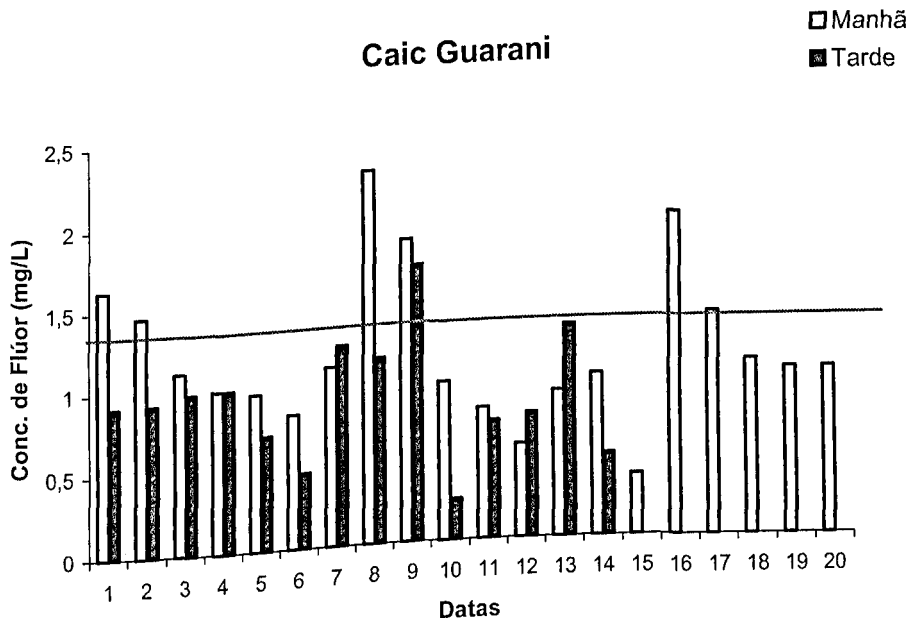


Figura 12. Determinação de flúor em amostras de água da escola Caic Guarani (Uberlândia -MG) nos períodos da manhã e tarde, em diferentes datas. 1: 03/10/2002; 2: 16/10/2002; 3: 08/11/2002; 4: 11/11/2002; 5: 25/11/2002; 6: 06/12/2002; 7: 20/11/2003; 8: 27/11/2003; 9: 04/12/2003; 10: 11/12/2003; 11: 18/12/2003; 12: 11/03/2004; 13: 18/03/2004; 14: 25/03/2004; 15: 06/04/2004; 16: 13/04/2004; 17: 22/04/2004; 18: 11/05/2004; 19: 18/05/2004; 20: 25/05/2004.

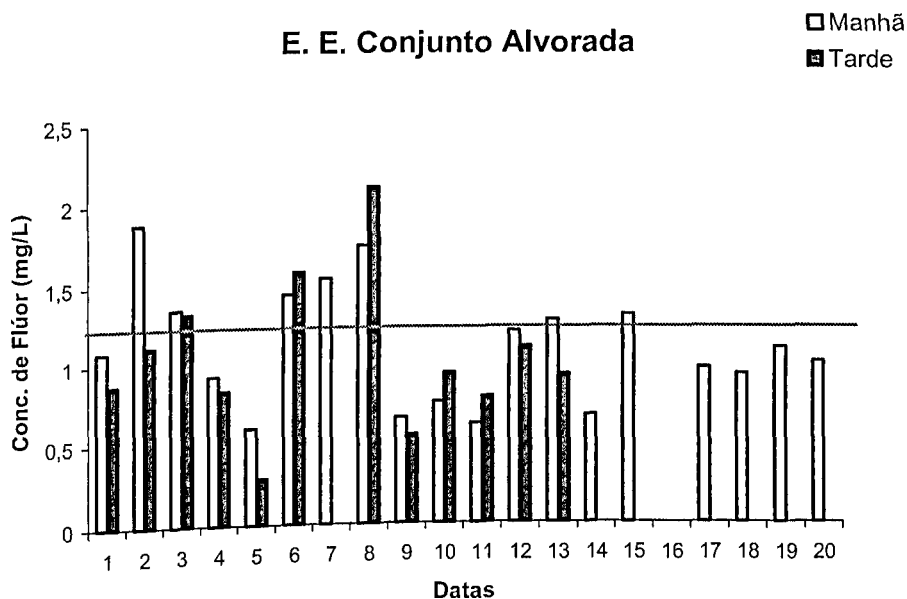


Figura 13. Determinação de flúor em amostras de água da escola E. E. Conjunto Alvorada (Uberlândia -MG) nos períodos da manhã e tarde, em diferentes datas. 1: 03/10/2002; 2: 16/10/2002; 3: 08/11/2002; 4: 11/11/2002; 5: 25/11/2002; 6: 06/12/2002; 7: 20/11/2003; 8: 27/11/2003; 9: 04/12/2003; 10: 11/12/2003; 11: 18/12/2003; 12: 11/03/2004; 13: 18/03/2004; 14: 25/03/2004; 15: 06/04/2004; 16: 13/04/2004; 17: 22/04/2004; 18: 11/05/2004; 19: 18/05/2004; 20: 25/05/2004.

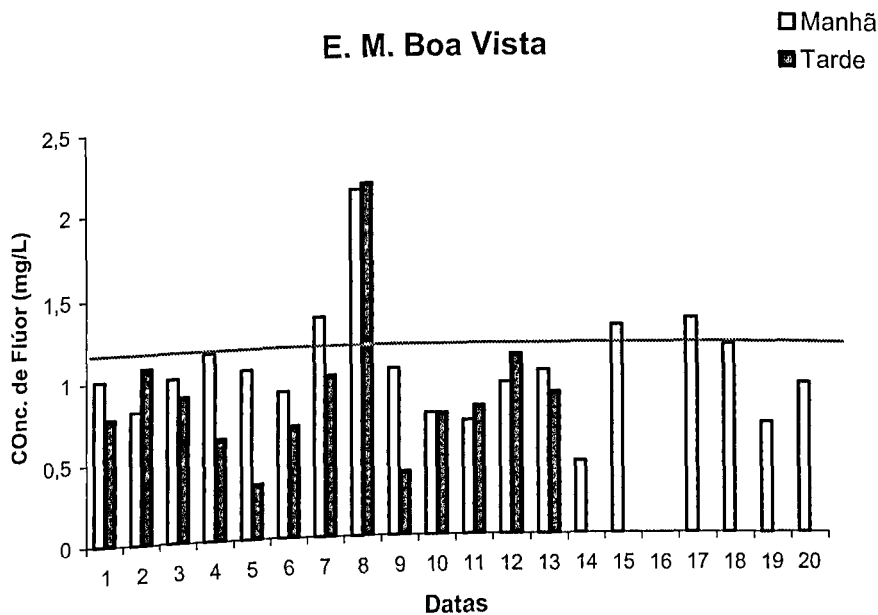


Figura 14. Determinação de flúor em amostras de água da escola E. M. Boa Vista (Uberlândia -MG) nos períodos da manhã e tarde, em diferentes datas. 1: 03/10/2002; 2: 16/10/2002; 3: 08/11/2002; 4: 11/11/2002; 5: 25/11/2002; 6: 06/12/2002; 7: 20/11/2003; 8: 27/11/2003; 9: 04/12/2003; 10: 11/12/2003; 11: 18/12/2003; 12: 11/03/2004; 13: 18/03/2004; 14: 25/03/2004; 15: 06/04/2004; 16: 13/04/2004; 17: 22/04/2004; 18: 11/05/2004; 19: 18/05/2004; 20: 25/05/2004.

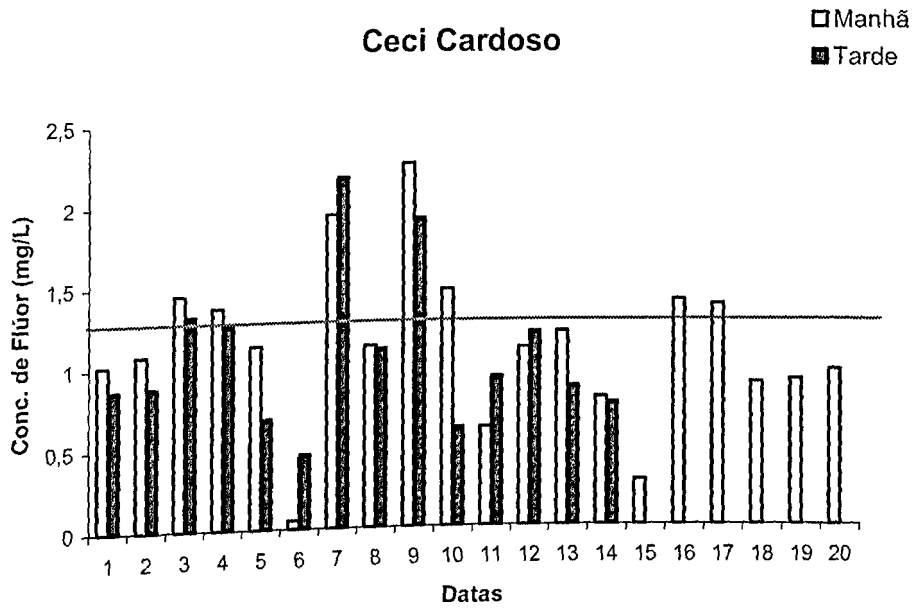


Figura 15. Determinação de flúor em amostras de água da escola E. E. Ceci Cardoso (Uberlândia -MG) nos períodos da manhã e tarde, em diferentes datas. 1: 03/10/2002; 2: 16/10/2002; 3: 08/11/2002; 4: 11/11/2002; 5: 25/11/2002; 6: 06/12/2002; 7: 20/11/2003; 8: 27/11/2003; 9: 04/12/2003; 10: 11/12/2003; 11: 18/12/2003; 12: 11/03/2004; 13: 18/03/2004; 14: 25/03/2004; 15: 06/04/2004; 16: 13/04/2004; 17: 22/04/2004; 18: 11/05/2004; 19: 18/05/2004; 20: 25/05/2004.

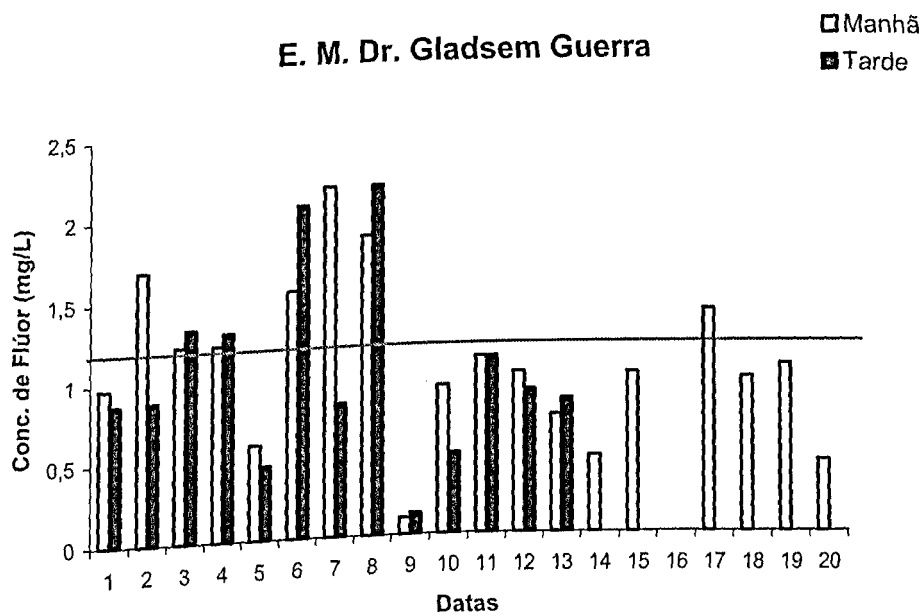


Figura 16. Determinação de flúor em amostras de água da escola E. M. Dr. Gladsem Guerra (Uberlândia -MG) nos períodos da manhã e tarde, em diferentes datas. 1: 03/10/2002; 2: 16/10/2002; 3: 08/11/2002; 4: 11/11/2002; 5: 25/11/2002; 6: 06/12/2002; 7: 20/11/2003; 8: 27/11/2003; 9: 04/12/2003; 10: 11/12/2003; 11: 18/12/2003; 12: 11/03/2004; 13: 18/03/2004; 14: 25/03/2004; 15: 06/04/2004; 16: 13/04/2004; 17: 22/04/2004; 18: 11/05/2004; 19: 18/05/2004; 20: 25/05/2004.

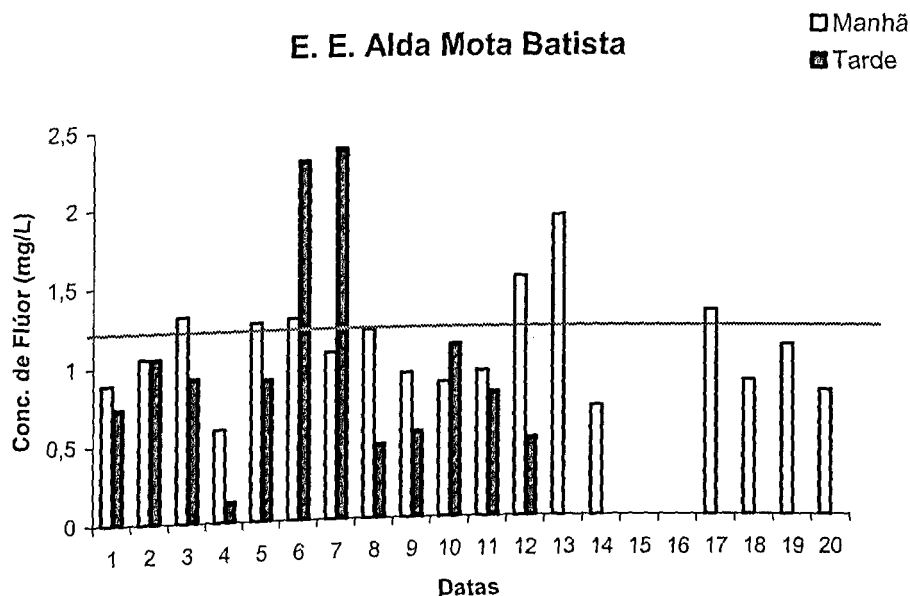


Figura 17. Determinação de flúor em amostras de água da escola E. E. Alda Mota Batista (Uberlândia -MG) nos períodos da manhã e tarde, em diferentes datas. 1: 03/10/2002; 2: 16/10/2002; 3: 08/11/2002; 4: 11/11/2002; 5: 25/11/2002; 6: 06/12/2002; 7: 20/11/2003; 8: 27/11/2003; 9: 04/12/2003; 10: 11/12/2003; 11: 18/12/2003; 12: 11/03/2004; 13: 18/03/2004; 14: 25/03/2004; 15: 06/04/2004; 16: 13/04/2004; 17: 22/04/2004; 18: 11/05/2004; 19: 18/05/2004; 20: 25/05/2004.

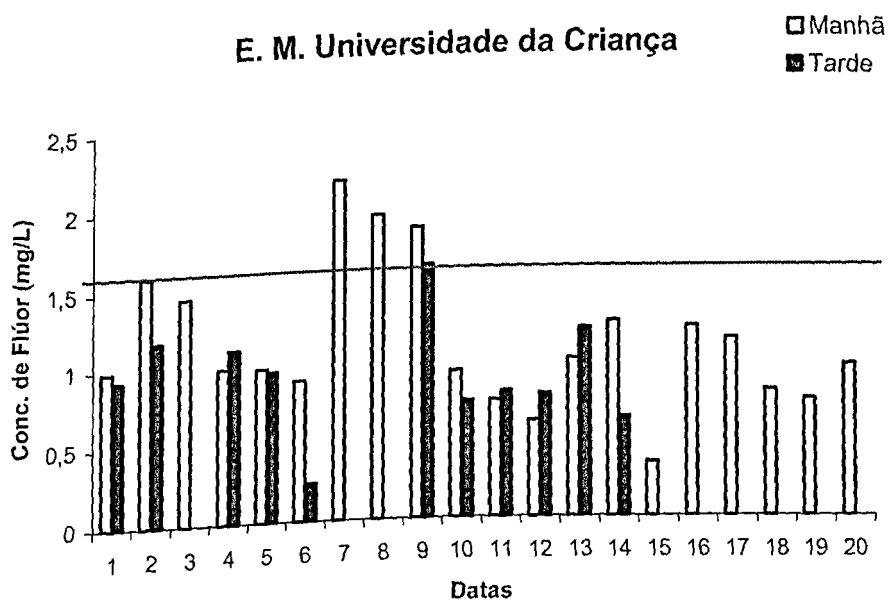


Figura 18. Determinação de flúor em amostras de água da escola E. M. Universidade da Criança (Uberlândia - MG) nos períodos da manhã e tarde, em diferentes datas. 1: 03/10/2002; 2: 16/10/2002; 3: 08/11/2002; 4: 11/11/2002; 5: 25/11/2002; 6: 06/12/2002; 7: 20/11/2003; 8: 27/11/2003; 9: 04/12/2003; 10: 11/12/2003; 11: 18/12/2003; 12: 11/03/2004; 13: 18/03/2004; 14: 25/03/2004; 15: 06/04/2004; 16: 13/04/2004; 17: 22/04/2004; 18: 11/05/2004; 19: 18/05/2004; 20: 25/05/2004.

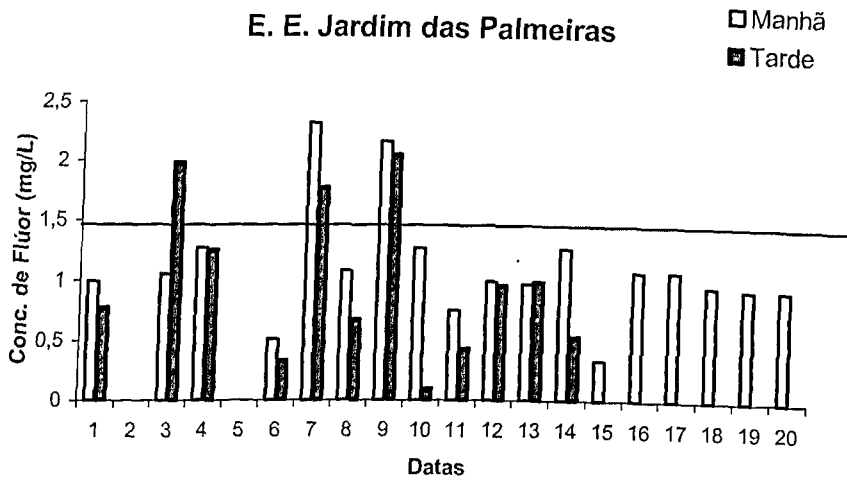


Figura 19. Determinação de flúor em amostras de água da escola E. E. Jardim das Palmeiras (Uberlândia - MG) nos períodos da manhã e tarde, em diferentes datas. 1: 03/10/2002; 2: 16/10/2002; 3: 08/11/2002; 4: 11/11/2002; 5: 25/11/2002; 6: 06/12/2002; 7: 20/11/2003; 8: 27/11/2003; 9: 04/12/2003; 10: 11/12/2003; 11: 18/12/2003; 12: 11/03/2004; 13: 18/03/2004; 14: 25/03/2004; 15: 06/04/2004; 16: 13/04/2004; 17: 22/04/2004; 18: 11/05/2004; 19: 18/05/2004; 20: 25/05/2004.