ÁGUA GRAU REAGENTE PARA LABORATÓRIO E OUTROS FINS ESPECIAIS

Eymard de Meira Breda – CRQ 02300/276 – Setembro/2001

1- INTRODUÇÃO

A água de abastecimento urbano ("água de torneira") não tem pureza suficiente para muitas aplicações específicas como uso em laboratórios, preparação do banho de hemodiálise, produção de medicamentos e alguns produtos químicos específicos, produção de determinados componentes eletrônicos, alimentação de caldeiras, sistemas de geração de vapor, sistemas de refrigeração etc.

No caso específico de pesquisas e análises em geral, os pesquisadores analíticos comumente estão envolvidos com elementos e compostos presentes ao nível de ppb (partes por bilhão) na água e outros materiais. Os métodos analíticos usados em pesquisa biológica são freqüentemente sensíveis a vários contaminantes, particularmente metais pesados, matéria orgânica dissolvida e microorganismos. A cromatografia líquida de alta resolução (*HPLC – high performance liquid cromatography*) requer água ultrapura para calibração das linhas-base do detector e para eluição das colunas de fase reversa.

A análise de traços de metais requer água isenta dos elementos a serem determinados, purificada, preferencialmente, através de um sistema que inclua a deionização.

2- PADRÕES DE QUALIDADE DE ÁGUA PARA LABORATÓRIO

Para atender a crescente sensibilidade exigida em suas pesquisas, várias organizações profissionais têm estabelecido padrões de qualidade de água. Esses grupos, nos Estados Unidos, incluem o *National Committee for Clinical Laboratory Standards* (*NCCLS* - Comitê Nacional para Padrões de Laboratórios Clínicos), o *College of American Pathologists* (*CAP* - Colegiado dos Patologistas Americanos), a *Association for Advancement of Medical Instrumentation* (Associação para o Avanço da Instrumentação Médica- *AAMI*) e a *American Society for Testing and Materials* (*ASTM* - Sociedade Americana para Ensaios e Materiais); a nível internacional, podemos citar, entre outros, a Organização Mundial de Saúde (OMS) e órgãos específicos da Comunidade

Econômica Européia. Como exemplo, o *NCCLS* especificou quatro tipos de água, de acordo com suas respectivas aplicações, que são definidos a seguir:

2.1- Água Tipo I: pode ser considerada como a água de qualidade "ideal", isto é, a água com a melhor qualidade possível de ser obtida com a tecnologia disponível atualmente para tratamento e purificação de água. Deve ser usada em métodos de análise que requeiram mínima interferência e máximas precisão e exatidão (absorção atômica, espectrometria de emissão de chama, traços de metais, procedimentos enzimáticos sensíveis a traços de metais, eletroforese, cromatografia líquida de alta resolução, fluorometria); preparação de soluções-padrão e de soluções tampão; processos onde a presença de microorganismos deve ser mínima.

A água tipo I deve ser usada no momento em que é produzida; não deve ser estocada, pois sua resistividade diminui, podendo ocorrer lixiviação de metais e/ou compostos orgânicos do frasco de estocagem e também desenvolvimento / contaminação bacteriana.

2.2- Água Tipo II: métodos analíticos e processos onde é tolerada a presença de bactérias: reagentes em geral, sistemas de microbiologia e métodos / processos aos quais não é necessário o uso da água tipo I e da água para aplicações especiais.

2.3- Água Tipo III: para lavagem de vidraria em geral, produção de água de maior grau de pureza e preparação de culturas bacteriológicas.

2.4- Água para Aplicações Especiais: utilizada em procedimentos que requerem a remoção de contaminantes específicos - remoção de pirogênicos para cultura de tecidos / células e remoção de traços de orgânicos para cromatografia líquida de alta resolução.

As tabelas a seguir mostram os padrões de qualidade de água dos tipos I, II e III e os principais padrões de qualidade de água tipo I adotados por três respeitadas instituições dos EUA – o *NCCLS*, o *CAP* e a *ASTM*:

TABELA 1 - <u>Especificações do NCCLS para "Água Grau Reagente</u>

P A R Â M E T R O	T I P O I	T I P O II	T I P O III
Bactérias (UFC / ml)	≤ 10	≤ 1000	Não
p H	Não	Não	5 - 8
Resistividade a 25 ºC (MΩ.cm)	≥ 10	≥ 1	≥ 0,1
Condutividade a 25 ºC (µS / cm)	≤ 0,1	≤ 1	≤ 10
S i O_2 (mg / l)	≤ 0,05	≤ 0,1	≤ 1
Sólidos Totais (mg / l)	≤ 0,1	≤ 1	≤ 5
Carbono orgânico oxidável total	≤ 0,05	≤ 0,2	≤ 1

TABELA 2 - <u>Padrões de Água Tipo I adotados nos EUA</u>

PARÂMETRO	***NCCLS***	***CAP***	***ASTM***
Resistividade mínima (MΩ.cm, 25ºC)	10,0	10,0	18,0
Condutividade máxima(µS/cm, 25ºC)	0,1	0,1	0,056
Silicatos, máximo (mg / l)	0,05	0,05	0,003
Diâmetro máximo de material particulado (µm)	0,2	0,22	0,2
Microorganismos - nº. máximo de unidades formadoras de colônia por mililitro (UFC / ml)	10	10	Tipo I-A: 10/1000 ml Tipo I-B: 10 / 100 ml Tipo I-C: 10 / 10 ml

NOTA: a resistividade e a condutividade da água tipo I devem ser medidas em linha; a medição em recipientes pode dar resultados falsos nesse caso específico.

3- CONTAMINANTES PRESENTES MAIS FREQÜENTEMENTE NA ÁGUA

A seguir, são descritos os 5 tipos de contaminantes encontrados comumente na água; O item 8 deste capítulo discorre mais detalhadamente sobre os métodos para determinar sua presença e concentração.

3.1- Material Particulado: inclui, principalmente, sílica, resíduos desagregados do metal de tubulação e colóides. Estas partículas em suspensão podem entupir filtros, válvulas, tubos e membranas de ultrafiltração e de osmose reversa. O material particulado é visível como uma névoa ou turbidez e é detectado através de filtração combinada com métodos gravimétricos ou através de microscopia.

3.2- Materiais Inorgânicos Dissolvidos (sólidos e gases): íons cálcio e magnésio (Ca^{++} e Mg^{++}) dissolvidos de formações rochosas; gases, como o dióxido de carbono (CO_2), que se ioniza na água e forma ácido carbônico; silicatos lixiviados de leitos arenosos de rios ou de recipientes de vidro; íons ferroso (Fe^{++}) e férrico (Fe^{+++}), liberados de tubos e superfícies de ferro; íons cloreto e fluoreto, de estações de tratamento de água; fosfatos, de detergentes e fertilizantes; nitratos, de fertilizantes; íons alumínio, manganês, cobre etc. Há vários testes para identificar substâncias inorgânicas específicas; o mais simples deles é a medida direta da condutividade ou da resistividade elétrica. A maioria das substâncias inorgânicas dissolvidas tem carga elétrica, positiva (cátions) ou negativa (ânions), e transmitem corrente elétrica quando se mergulha eletrodos na água e se aplica voltagem nos mesmos. Quanto maior for a quantidade de íons presentes, maior será a condutividade e menor será a resistividade.

A condutividade é medida em **microsiemens / cm** e é mais adequada para água com grande quantidade de íons; a resistividade é medida em megohm.cm e é mais adequada para água com poucos íons dissolvidos. Ambas as medidas são recíprocas; assim, a 25º C, uma água com resistividade = 18,2 megohm.cm tem condutividade = 0,055 microsiemens / cm - esta é a água de mais elevada pureza que se consegue obter com a tecnologia atual. A TABELA 3 mostra a comparação entre valores de resistividade e condutividade:

TABELA 3 - <u>Comparação de valores de resistividade e condutividade</u>

Resistividade em MΩ.cm (megohm.cm)	0,1	1,0	10,0	18,24
Condutividade em μS/cm (microsiemens / cm)	10,0	1,0	0,1	0,055

3.3- Materiais Orgânicos Dissolvidos: pesticidas, herbicidas, gasolina, solventes e compostos orgânicos em geral, resíduos de tecidos animais e vegetais; também pode haver resíduos de revestimentos internos de tubulações, conexões e tanques de estocagem, decorrentes da lixiviação de tais superfícies; note-se que esse último caso decorre de falha no projeto e / ou

na fabricação do sistema de purificação de água; portanto, cada sistema deve ser projetado não só para remover o máximo de contaminantes como também para minimizar a incorporação dos mesmos à água. É importante utilizar água isenta de contaminantes orgânicos em análises de substâncias orgânicas via *HPLC*, cromatografia gasosa, eletroforese e fluoroscopia e em pesquisas envolvendo cultura de tecidos. Para se determinar os níveis de contaminantes orgânicos presentes na água tipo I são usados os analisadores de carbono orgânico total, que oxidam os compostos orgânicos e medem o CO_2 liberado.

3.4- Microorganismos: a água de superfície contém grande variedade de microorganismos, incluindo bactérias, protozoários, algas e outros. Considerando que a maioria da água vem de estações municipais, onde sofre tratamento intensivo para remoção de microorganismos, os principais micróbios concernentes aos sistemas de purificação de água são as bactérias. Estas penetram nos sistemas de purificação através da água de alimentação, folgas de conexões, vazamentos e trincas; no interior do sistema as bactérias segregam uma substância polimérica que permite sua aderência a superfícies internas de tanques e recipientes de estocagem, tanques e cartuchos de resinas de troca iônica, tubulações e quaisquer outras superfícies de difícil limpeza. As bactérias são usualmente detectadas e quantificadas por filtração da amostra de água através de um filtro de porosidade de 0,45 micrometro e posterior cultura desse filtro em meio adequado, durante alguns dias. As contagens de bactérias são reportadas em UFC/ml (unidades formadoras de colônias por mililitro).

3.5- Pirogênicos: são, tipicamente, fragmentos de paredes de células bacterianas gram-negativas, ou lipopolisacarídeos. Quando injetados em um mamífero, os pirogênicos causam um aumento na temperatura do corpo. Assim, a água de grau farmacêutico e para uso em injetáveis deve ser isenta de pirogênicos. Estes também têm efeito degenerador ou letal em culturas de tecidos. Os pirogênicos são detectados por injeção da amostra de água em cobaias e monitoramento de sua temperatura corporal; no caso de concentrações muito

baixas de lipopolisacarídeos, é usado o teste LAL (*Limulus Amoebocite Lysate*), que é bastante sensível.

4- MÉTODOS DE PURIFICAÇÃO

A tecnologia atual permite a utilização de vários processos de purificação de água, sejam isolados, sejam combinados, dependendo da qualidade da água bruta e da qualidade desejada para a água tratada; os principais são: destilação; deionização; osmose reversa; filtração; adsorção em carvão ativado; ultrafiltração; oxidação com radiação ultravioleta; adsorção orgânica etc., sendo os principais descritos a seguir.

4.1- Deionização: é comumente utilizada nos laboratórios para produzir água purificada de consumo rotineiro; funciona através da adsorção das impurezas pelas resinas de troca iônica: as resinas catiônicas trocam seus íons hidrogênio (H^+) por contaminantes catiônicos (cálcio, magnésio, ferro, alumínio, manganês, cobre, zinco, cromo, níquel e outros metais e cátions diversos); as resinas aniônicas trocam seus íons hidroxila (OH^-) por contaminantes aniônicos (sulfato, sulfito, sulfeto, clorato, clorito, cloreto, nitrato, nitrito, fosfato, fluoreto e outros ânions, além da sílica).

As resinas de troca iônica são polímeros orgânicos geralmente sulfonados e derivados do estireno e do divinilbenzeno, na forma de pequenas partículas quase sempre esféricas (diâmetro < 0,5 mm). Os principais fabricantes mundiais são a Bayer, Rohm & Haas, Dow Química e Resintech, entre outros.

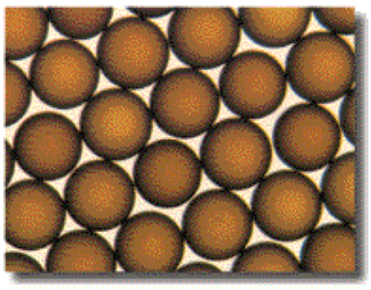

Fig. 1

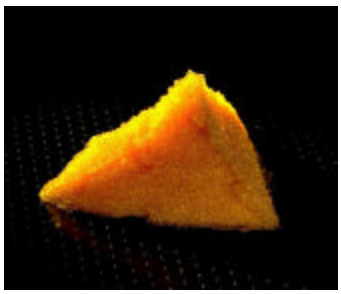

Fig. 2

Fig. 3

Grãos de resinas de troca iônica (ampliados)

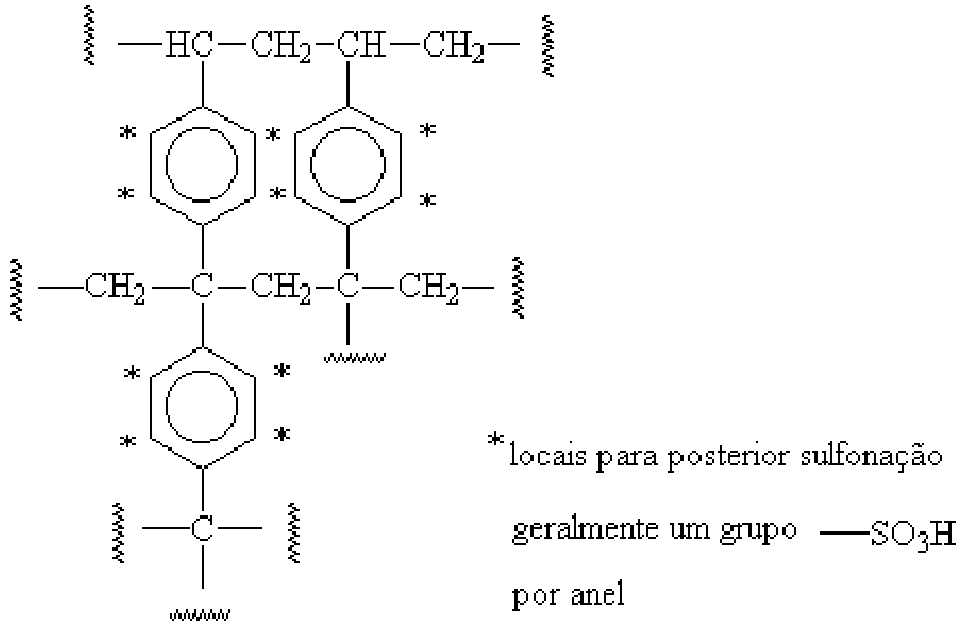

Fig. 4 - Estrutura de resinas de troca iônica

O processo consiste em passar a água através de um leito dessas partículas, quando então os cátions e ânions presentes na água vão deslocando e substituindo gradativamente os íons hidrogênio e hidroxila ativos das mesmas, até saturá-las, ou seja, até que não haja mais íons H^+ e OH^- para serem substituídos: nesse ponto, a resina tem que ser regenerada, isto é, tratada quimicamente de modo a se recuperar sua capacidade de troca iônica; o processo de regeneração é exatamente o inverso da operação, quer dizer, promove a substituição, nas partículas das resinas, dos cátions e ânions seqüestrados durante a operação normal por íons H^+ e OH^-, respectivamente.

A deionização isoladamente não produz água totalmente pura, pelos seguintes motivos:

a) há fuga de pequenos fragmentos de resina do sistema durante a operação;
b) a água estagnada nos tanques e cartuchos promove excessivo crescimento bacteriano;
c) não remove alguns compostos orgânicos;
d) não remove toda a matéria orgânica dissolvida na água de alimentação e, de fato, essa matéria orgânica pode colmatar (cobrir e bloquear) a resina.

Portanto, deve-se combinar a deionização com outros processos de purificação para se conseguir o grau de pureza de água necessário para pesquisa e análises de maiores precisão e sensibilidade.

4.2- Osmose Reversa: a osmose reversa pode ser melhor explicada após se entender o processo natural da osmose. *Osmose* é o movimento da água através de uma membrana semipermeável, do lado com menor concentração de impurezas (mais puro) para o lado de maior concentração de impurezas (lado de maior salinidade, menos puro). Esse movimento continua até que as concentrações atinjam o equilíbrio ou que a pressão no lado mais concentrado se torne alta o suficiente para impedir o fluxo.

A osmose é o processo natural pelo qual a água é absorvida pelas raízes das plantas e se move de uma célula para outra em nossos corpos.

Quando se aplica, na solução mais concentrada, uma pressão maior do que a pressão osmótica, usando uma bomba de alta pressão, as moléculas de água são empurradas de volta através da membrana para o lado menos concentrado, o que resulta na purificação da água; este é o processo da *osmose reversa.*

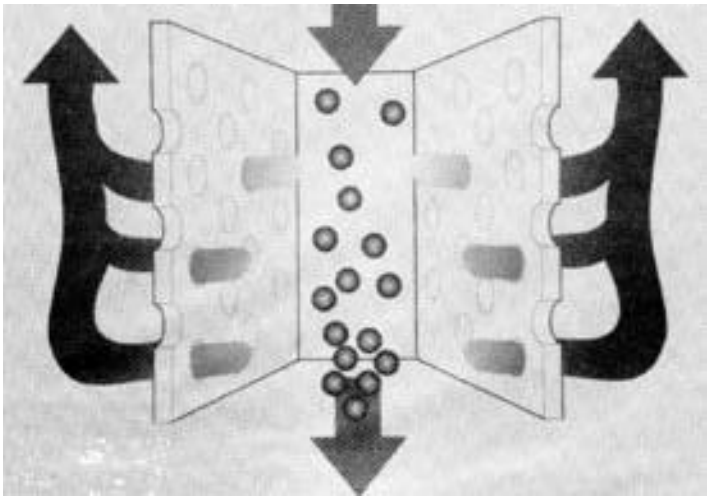

Fig. 5 - Esquema de purificação da água por membrana – fluxo cruzado: *a água de alimentação é forçada a passar longitudinalmente pelo interior da membrana; a pressão aplicada faz com que parte da água atravesse as paredes porosas da membrana e saia purificada.*

Fig. 6 - Exemplos de membranas filtrantes usadas em osmose reversa, nanofiltração e ultrafiltração.

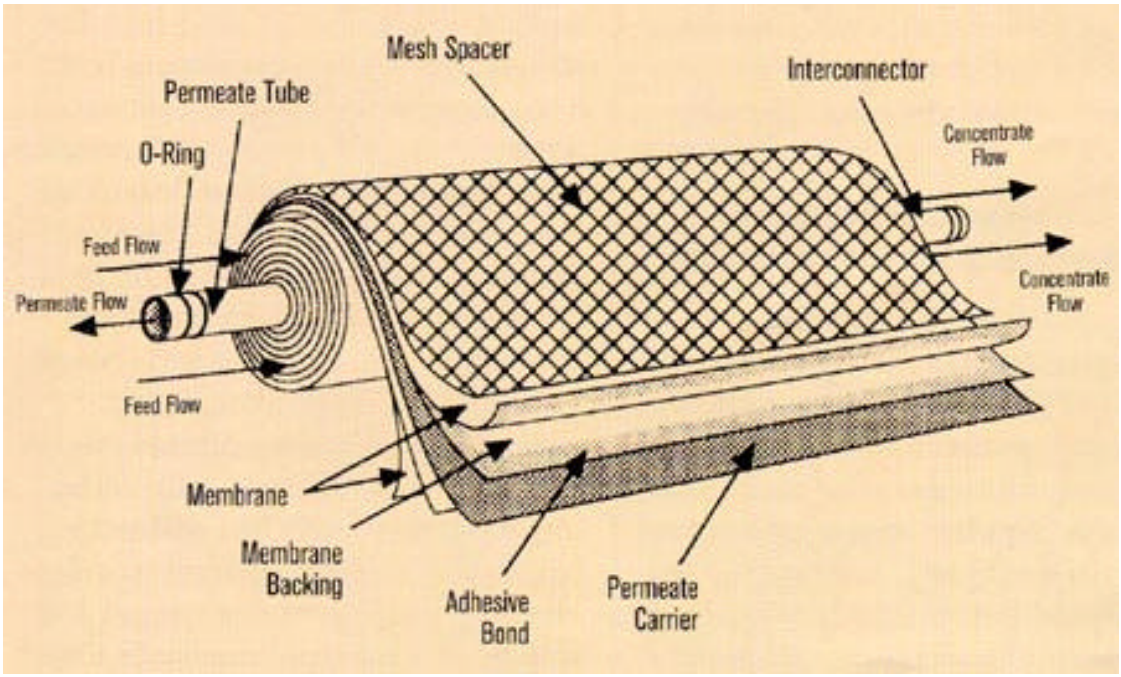

Fig. 7 - Detalhe de construção de uma membrana filtrante usada em osmose reversa ou nanofiltração ou ultrafiltração.

A osmose reversa remove 90 a 99% da maioria dos contaminantes. A TABELA 4, a seguir, mostra o desempenho da osmose reversa na remoção de contaminantes diversos.

TABELA 4 - <u>Eficiências da osmose reversa na remoção de contaminantes</u>

CONTAMINANTE	Eficiências de remoção (%)
Sólidos suspensos	100
Bactérias	99,5
Vírus	99,5
Pirogênicos	99,5
Substâncias orgânicas c/ massa molecular > 250 Daltons	97 - 99,5
Substâncias inorgânicas monovalentes	94 - 96
Substâncias inorgânicas divalentes	96 - 98
Substâncias inorgânicas trivalentes	98 - 99

Devido à sua excepcional eficiência de purificação, a osmose reversa é uma opção que tem uma relação custo / benefício muito atrativa para um sistema de purificação de água. Devido à sua alta capacidade de remoção de bactérias e pirogênicos, a osmose reversa é freqüentemente combinada com a deionização de modo a reduzir consideravelmente a freqüência de regeneração das resinas de troca iônica, o que aumenta muito a vida útil das mesmas. A osmose reversa, isoladamente, é um recurso para se obter água pré-purificada de alta qualidade, adequada para muitas aplicações de rotina em laboratório.

4.3- Filtração Através de Carvão Ativado: remove o cloro por quimisorção e as substâncias orgânicas dissolvidas por adsorção. Geralmente, o filtro de carvão ativado é colocado nos sistemas de purificação de água antes da osmose reversa e antes da deionização, pois tanto as membranas de osmose quanto as resinas de troca iônica são sensíveis ao cloro e podem ser colmatadas pela matéria orgânica dissolvida. Por outro lado, há quem prefira não colocar o filtro de carvão antes das resinas, de modo a manter o cloro na água e dificultar a proliferação microbiana nas resinas. Também se costuma colocar o filtro de carvão ativado no ciclo de polimento dos sistemas de purificação de água, para remoção de traços de substâncias orgânicas.

Atualmente os filtros de carvão ativado granulado vêm sendo substituídos por filtros de carvão sinterizado (compactado), que tem superfície de contato bem maior e é mais resistente, dificultando a liberação de partículas para a água.

Fig. 8 - Filtro de carvão ativado sinterizado (carbon block)

4.4- Adsorção Orgânica: seqüestra contaminantes orgânicos presentes em concentrações ao nível de traços. Esse processo permite obter água com menos de 20 ppb (20 partes por bilhão ou 0,02 mg/l) de carbono orgânico total. O cartucho de adsorção orgânica pode conter resinas especiais e carvão ativado e é colocado geralmente no ciclo de polimento (pós-tratamento) do sistema de purificação.

4.5- Filtração Microporosa ou Submicrônica: usa uma membrana ou fibra oca com porosidade de 0,2 micrometro que evita a passagem de qualquer contaminante com diâmetro acima desse valor. Os filtros submicrônicos retêm partículas de carvão do filtro de carvão ativado, fragmentos de resina do sistema de deionização e bactérias que possam ter penetrado no sistema. O CAP e o *NCCLS* consideram que a água está livre de particulados quando ela tenha sido filtrada através de filtro de porosidade = 0,2 micron.

Fig. 9 ***Fig. 10***

Cartucho e membranas filtrantes

4.6- Ultrafiltração: utiliza uma membrana que é muito similar à utilizada em osmose reversa, exceto pelo fato de que os poros do ultrafiltro são ligeiramente maiores. O ultrafiltro é utilizado para remover pirogênicos da água purificada. Considerando que uma alta porcentagem da água trazida ao ultrafiltro passa através dele, ele eventualmente irá entupir caso não receba manutenção adequada. Em um sistema projetado adequadamente, o ultrafiltro é regularmente lavado, tangencialmente, para eliminação dos contaminantes.

Fig. 11 - Sistema de purificação com 3 pré-filtros e um ultrafiltro

4.7- Oxidação com Ultravioleta ou Foto-Oxidação: usa radiação UV com o comprimento de onda de 254 nm para eliminar bactérias do sistema. Também dissocia e ioniza certas substâncias orgânicas a 185 nm para subseqüente remoção das mesmas por deionização e adsorção orgânica no ciclo de polimento.

Fig. 12 - Cartuchos com lâmpadas UV

5- COMPARAÇÃO DE PROCESSOS DE PURIFICAÇÃO DE ÁGUA

TABELA 5 - Processos de purificação de água – comparação de eficiências de remoção de contaminantes

PROCESSO DE PURIFICAÇÃO	Sólidos dissol-vidos ionizados	Gases dissol-vidos ionizados	Subs-tâncias Orgânicas Dissolvidas	Mate-rial parti-culado	Bacté-rias	Pirogê-nicos
Adsorção com carvão ativado	R	R (*2)	B / E (*3)	R	R	R
Deionização	E	E	R	R	R	R
Destilação	B / E (*1)	R	B	E	E	E
Filtração	R	R	R	E	E	R
Osmose Reversa	B (*7)	R	B	E	E	E
Oxidação Ultravioleta	R	R	B / E (*5)	R	B (*6)	R
Ultrafiltração	R	R	B (*4)	E	E	B / E

E = EXCELENTE (remoção total ou quase total); B = BOM (remoção de quantidades apreciáveis); R = RUIM (pouca ou nenhuma remoção).

OBSERVAÇÕES SOBRE A TABELA 5

(1*) - A resistividade da água purificada por destilação é 1 ordem de magnitude inferior à resistividade da água deionizada, devido, principalmente, à presença de CO_2 e, algumas vezes, de H_2S, NH_3 e outros gases ionizados presentes na água de alimentação.

(2*) - O carvão ativado remove o cloro por quimisorção (adsorção química).

(3*) - Quando usados em combinação com outros processos de purificação, alguns tipos especiais de carvão ativado e outros adsorventes sintéticos exibem excelentes capacidades de remoção de contaminantes orgânicos.

(4*) - Os ultrafiltros têm demonstrado eficiência para remover contaminantes orgânicos específicos, com base na sua capacidade de peneiramento molecular.

(5*) - Nos processos descontínuos (batelada) a oxidação com luz UV de 185 nm é eficiente para remover traços de contaminantes orgânicos, quando usada como pós-tratamento. A reposição da água de alimentação exerce influência crítica sobre o desempenho de tais processadores descontínuos.

(6*) - Os sistemas de oxidação UV (luz UV de comprimento de onda = 254 nm), além de não removerem fisicamente as bactérias, podem ter seu poder bactericida ou bacteriostático limitado pela intensidade luminosa, tempo de contato e vazão.

(7*) - A concentração residual de sólidos depende da concentração de sólidos da água de alimentação.

6- MÉTODOS DE PREPARAÇÃO DE ÁGUA GRAU REAGENTE DO TIPO I

A água tipo I pode ser produzida por diferentes combinações dos processos citados anteriormente; a escolha dos processos dependerá de vários fatores como qualidade da água de alimentação, pressão e vazão requeridas, turnos de trabalho, consumo, aplicações específicas etc.

A resistividade da água tipo I deve ser maior do que 10 MW.cm a 25 ºC, medida em linha. As medições de resistividade não detectam contaminantes orgânicos nem contaminantes não ionizados e também não propiciam informação precisa sobre contaminantes iônicos ao nível de mg/l (ppm). Portanto, é necessário fazer em separado as determinações dos teores dos contaminantes tais como carbono orgânico total, sílica e contagem de colônias de bactérias, além de pH, dureza e alcalinidades.

7- PREPARAÇÃO DE ÁGUA GRAU REAGENTE DOS TIPOS II E III

A água tipo II é produzida tipicamente por destilação ou deionização. Sua resistividade deve ser maior do que 1 megohm.cm a 25 ºC. Devem ser observadas as mesmas precauções adotadas para a água do tipo I com referência à determinação de contaminantes. Já para a água do tipo III geralmente bastam uma filtração e uma deionização.

8- PARÂMETROS QUE DEVEM SER PERIODICAMENTE MONITORADOS NA ÁGUA GRAU REAGENTE

8.1- Microbiologia

A água de superfície contém grande variedade de microorganismos, incluindo bactérias, protozoários, algas e outros. Considerando que a maioria da água vem de estações municipais, onde sofre tratamento intensivo para remoção de microorganismos, os principais micróbios concernentes aos sistemas de purificação de água são as bactérias. Estas penetram nos sistemas de purificação através da água de alimentação, folgas de conexões, vazamentos e trincas; no interior do sistema as bactérias segregam uma substância polimérica que permite sua aderência a superfícies internas de tanques e recipientes de estocagem, tanques e cartuchos de resinas de troca iônica, tubulações e quaisquer outras superfícies de difícil limpeza. As bactérias são usualmente detectadas e quantificadas por filtração da amostra de água através de um filtro de porosidade de 0,45 micrometro e posterior cultura desse filtro em meio adequado, durante alguns dias.

As contagens de bactérias são reportadas em UFC/ml (unidades formadoras de colônias por mililitro). Os organismos que freqüentemente contaminam a água são bastonetes gram-negativos, incluindo representantes dos gêneros *Pseudomonas, Alcaligenes, Flavobacterium, Klebsiella, Enterobacter, Aeromonas* e *Acinectobacter***.**

8.1.1- Aspectos a considerar: três aspectos relativos à contaminação bacteriana devem ser considerados:

- níveis permitidos / tolerados de bactérias que podem estar presentes quando se produz diferentes tipos de água grau reagente;
- efeitos de diferentes concentrações de bactérias na exatidão e na precisão dos testes do laboratório clínico;
- influência da carga bacteriana sobre a manutenção de outros parâmetros significativos de qualidade da água grau reagente – por exemplo, carbono orgânico total (COT).

8.1.2- Efeitos da contaminação bacteriana: idealmente, a água grau reagente deve ser isenta de bactérias; porém, a produção e estocagem de água grau reagente tornam isso difícil – se não impossível. As bactérias podem afetar a qualidade da água grau reagente por

- desativar reagentes ou alterar substratos ou metabólitos por ação de enzimas;
- contribuir para o aumento do carbono orgânico total;
- alterar as propriedades óticas da água e causar alto *background* (ruído de fundo) de absorvância em análises espectrofotométricas;
- produção de pirogênicos e endotoxinas.

Poucos estudos foram publicados sobre esses problemas teóricos. Vários testes clínicos laboratoriais usam reagentes que são ou bactericidas ou bacteriostáticos, ou que tenham preservantes (por exemplo, a azida sódica). A água grau reagente contaminada viabiliza a multiplicação das

bactérias; a contagem bacteriana total de água não estéril aumenta proporcionalmente com o tempo de estocagem da água antes de seu uso.

Com reagentes, controles e padrões adequados, os testes laboratoriais têm condições de detectar possíveis desvios de qualidade dos reagentes quase que com absoluta certeza. Sem dúvida, a qualidade da água grau reagente utilizada para preparar / reconstituir tais reagentes pode ser a fonte de um problema, e, o excesso de bactérias, a sua causa. Os fabricantes de reagentes têm que especificar o tipo de água grau reagente necessário para prepará-los / reconstituí-los.

8.1.3- Diretrizes gerais: os limites aqui sugeridos para contagem de bactérias totais e tempos de estocagem foram estabelecidos com base nos comentários anteriores. Os limites recomendados podem ser conseguidos através de sistemas adequados para produção de água grau reagente, no momento em que ela for produzida. Os métodos são prontamente adaptados às utilidades existentes nos laboratórios clínicos e utilizam técnicas familiares ao seu pessoal. Os laboratórios clínicos devem avaliar seu próprio histórico de experiências e reconhecer que níveis excessivos de bactérias podem causar problemas na manutenção da qualidade da água grau reagente.

8.1.3.1- <u>Quantificação</u>: a dosagem microbiológica deve incluir a avaliação da contagem do total de colônias segundo método padronizado, após incubação à temperatura de (36 ± 1)ºC por 24 horas, seguida por 24 h a (23 ± 3)ºC. A concentração microbiológica é reportada como “Unidades Formadoras de Colônias por mililitro” (UFC / ml).

8.1.3.2- <u>Coleta de amostras</u> - o procedimento para amostragem é o seguinte:

a) coletar a amostra em frasco estéril, de tamanho suficiente para conter toda ela. Deixar espaço vazio suficiente para viabilizar a homogeneização da amostra antes da análise;

b) abrir a torneira totalmente e deixar a água escorrer durante pelo menos 1 minuto antes de coletar a amostra; a seguir, restringir a

vazão para encher o frasco sem que haja respingos. Deve-se ter em mente que o fluxo (vazão) inadequado é uma das causas mais comuns de contagens elevadas de bactérias;

c) coletar um mínimo de 10 ml de água de cada ponto de amostragem;

d) preservar a amostra a uma temperatura entre 2 e 8ºC e processá-la após, no máximo, 6 horas. Caso não seja possível preservá-la nessa faixa de temperatura, a análise deverá ser feita no máximo 1 hora após a coleta.

8.1.4- Métodos para contagem de bactérias totais

8.1.4.1- <u>Diretrizes Gerais</u>: os procedimentos de contagem de bactérias propiciam métodos padronizados para quantificar a população de bactérias heterotróficas aeróbicas e facultativamente anaeróbicas presentes na água. É uma medição empírica porque as bactérias ocorrem sozinhas, em pares, cadeias**,** *clusters* ou *packets*.

Além disso, nenhum meio isolado ou conjunto de condições físicas e químicas pode ser considerado como capaz de viabilizar o crescimento bacteriano em uma amostra de água; conseqüentemente, o número real de bactérias pode ser maior que o número de UFCs (unidades formadoras de colônias).

8.1.4.2- <u>Critérios para escolha do método</u>: várias normas referentes à qualidade de água recomendam uma gama de procedimentos para determinar a contagem de bactérias totais, como placa, filtração e métodos bacteriológicos de amostragem. Ao se escolher um método, a decisão deve estar baseada nas seguintes considerações:

a) sensibilidade do método;

b) uso de meios que possam viabilizar o desenvolvimento de bactérias mais comumente isoladas da água no espaço de tempo especificado;

c) recursos disponíveis para execução do procedimento;

d) custo do procedimento.

8.1.4.3- **<u>Limitações dos métodos</u>:** os métodos recomendados não compreendem todas as técnicas que podem atender os objetivos já mencionados. Diferentes métodos podem recomendar a amostragem de diferentes volumes de água, especialmente quando se utiliza os conjuntos (*kits*) de contagem de bactérias disponíveis atualmente no mercado. Volumes de amostra a partir de 1 ml já podem ser suficientes para se ter uma boa sensibilidade, uma vez que é possível detectar contaminação a níveis abaixo de 1 UFC/ml. Volumes maiores são recomendados para minimizar problemas de distribuição com bactérias em suspensão em fluidos.

É importante que se garanta suficiente homogeneização do meio, de modo a se ter distribuição representativa dos microorganismos para a contagem de bactérias totais na amostra de água grau reagente do laboratório químico.

Ao se usar um sistema de *kit* comercial, seguir as instruções para amostragem e contagem e converter os resultados para UFC/ml. O *NCCLS* não recomenda o método do *loop* calibrado porque tem pouca sensibilidade para contagens de colônias abaixo de 100 UFC/ml.

8.1.5- Condições de incubação para a contagem de bactérias totais

8.1.5.1- Manter uma temperatura de (36<u>+</u>1)ºC; essa temperatura deve ser medida com um termômetro calibrado e rastreável à Rede Brasileira de Calibração (RBC). Nos EUA, o *NCCLS* recomenda que o termômetro seja rastreável ao Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia (*NIST*).

8.1.5.2- Monitorar a umidade da incubadora periodicamente (muitas incubadoras possuem controles de umidade); recomenda-se umidade na faixa de 70 a 96% a 36ºC. Caso a incubadora não possua controle de umidade, manter uma bandeja de água na câmara da incubadora para garantir a umidade necessária.

8.1.5.3- Para garantir as condições mais adequadas à incubação, seguir as seguintes etapas:

a) incubar as amostras a (36 ± 1)ºC durante 24 horas;

b) a seguir, incubar à temperatura ambiente (23±3)ºC por um período adicional mínimo de 24 horas.

O tempo total de incubação deve ser de no mínimo 48 horas.

8.2- Pirogênicos

Os pirogênicos são detectados por injeção da amostra de água em cobaias e monitoramento de sua temperatura corporal; no caso de concentrações muito baixas de lipopolisacarídeos, é usado o teste LAL *(Limulus Amoebocite Lysate)*, que é bastante sensível.

O *NCCLS*, por si, não tem recomendações específicas para dosagem de pirogênicos, podendo ser utilizados os métodos disponíveis na literatura atual. Deve-se ter em mente que essa dosagem é indispensável mesmo para a água que tenha sido purificada por destilação.

8.3- pH

Sua medição periódica é necessária para garantir o atendimento às especificações que os fabricantes dos *kits* de diagnóstico fazem para a água a ser usada com os mesmos. Além disso, o pH pode indicar se o sistema de deionização de água está com desempenho satisfatório ou não, ou se o balanço iônico do leito de resinas está correto ou não; por exemplo, um pH muito baixo da água efluente de um sistema de desmineralização pode significar que há excesso de resina catiônica em relação à resina aniônica, ou que, por algum motivo, a resina aniônica tenha atingido a saturação antes da resina catiônica.

Para as medidas de pH o *NCCLS* recomenda o uso de 2 soluções-tampão como referência, uma delas com pH neutro (7,0) e outra com pH menor – em torno de 4, por exemplo.

Pode-se usar os tampões comercialmente disponíveis, desde que os mesmos tenham certificado de qualidade, de preferência rastreáveis à RBC. Também se pode preparar tais soluções no próprio laboratório, utilizando reagentes de pureza *ACS* ou equivalente.

8.4- Resistividade e Condutividade

São 2 parâmetros relacionados à concentração de íons presentes na água, ou seja, à concentração de materiais nela dissolvidos – por exemplo, íons cálcio e magnésio (Ca^{++} e Mg^{++}), presentes nas águas de abastecimento e cuja origem pode ser a lixiviação de formações rochosas e o uso de reagentes no tratamento de potabilização); gases, como o dióxido de carbono (CO_2), que se ioniza na água e forma ácido carbônico; silicatos lixiviados de leitos arenosos de rios ou de recipientes de vidro; íons ferroso (Fe^{+2}) e férrico (Fe^{+3}), liberados de tubos e superfícies de ferro; íons cloreto e fluoreto, de estações de tratamento de água; fosfatos e nitratos, de detergentes e fertilizantes; íons alumínio, manganês, cobre etc.

A maioria das substâncias inorgânicas dissolvidas tem carga elétrica, positiva (cátions) ou negativa (ânions), e transmitem corrente elétrica quando se mergulha eletrodos na água e se aplica voltagem nos mesmos. Assim, quanto maior for a concentração iônica, mais fácil será a transmissão de corrente elétrica.

A resistividade é inversamente proporcional à concentração de íons presentes na água; portanto, quanto maior for a quantidade de íons presentes, menor será a resistividade (isto é, a água terá menos resistência à passagem da corrente elétrica) e maior será a condutividade (ou seja, a água conduzirá melhor a corrente elétrica).

A condutividade é medida em *microsiemens/cm (mS/cm)* e é mais adequada para água com grande quantidade de íons; a resistividade é medida em *megohm.cm (MW.cm)* e é mais adequada para água com poucos íons dissolvidos. Ambas as medidas são recíprocas; assim, a 25º C, uma água com resistividade = 18,2 MΩ.cm tem condutividade = 0,055 µS/cm - esta é a água de mais elevada pureza que se consegue obter com a tecnologia atual.

A medição da resistividade ou da condutividade dá apenas uma indicação genérica, não específica, da presença e concentração de espécies químicas ionizadas; ela não consegue indicar a presença, tipo e concentração de

espécies químicas não ionizadas, ou mesmo de substâncias ionizadas ao nível de partes por bilhão.

A 25ºC e a uma resistividade de 10 MΩ.cm (= ao limite inferior para a água tipo I) a concentração de espécies ionizadas é menor do que 10^{-6} equivalentes-grama por litro; em águas com resistividades maiores, o decréscimo na contaminação iônica é extremamente pequeno.

A resistividade da água tipo I tem que ser medida diariamente, apenas em linha, através de um eletrodo adaptado à tubulação; essa medição não pode ser feita em uma amostra coletada da tubulação porque a água tipo I absorve a contaminação atmosférica com extrema rapidez, reduzindo gradativamente a resistividade e causando leitura instável e progressivamente crescente no medidor.

Para a água tipo II o *NCCLS* também recomenda monitoramento diário da resistividade; porém, nos casos da água tipo II e água tipo III essa medição pode ser feita em amostra coletada da saída do sistema de purificação, não sendo necessária a medição exclusivamente em linha.

8.5- Material Particulado

Constituído principalmente por sílica, resíduos desagregados de metais de tubulações e colóides. Tais partículas em suspensão podem entupir filtros, válvulas, tubos e membranas de ultra / nanofiltração e de osmose reversa. O material particulado é visível como uma névoa ou turbidez, e é detectado através de filtração combinada com métodos gravimétricos ou através de microscopia.

A sílica solúvel, particularmente, pode ser um sério problema em certas regiões geográficas; ela interfere prejudicialmente na maioria das dosagens de enzimas, análises de metais ao nível de traços e análises de eletrólitos; ela também interfere diretamente em algumas análises espectrofotométricas.

A concentração de sílica pode ser determinada principalmente através de espectrofotometria, espectrofotometria de absorção atômica (EAA) ou espectrometria de plasma acoplado indutivamente (*ICP*); uma concentração

elevada de sílica na água deionizada pode indicar que a resina aniônica já atingiu o ponto de saturação e, conseqüentemente, a necessidade de regeneração do leito de resinas.

8.6- Contaminação Orgânica

Causada principalmente por resíduos de pesticidas, herbicidas, gasolina, solventes orgânicos, resíduos de tecidos animais e vegetais e compostos orgânicos em geral; também pode haver resíduos de revestimentos internos de tubulações, conexões e tanques de estocagem, decorrentes da lixiviação de tais superfícies; note-se que esse último caso decorre de falha no projeto e/ou na fabricação do sistema de purificação de água; portanto, cada sistema deve ser projetado não só para remover o máximo de contaminantes como também para minimizar a incorporação dos mesmos àágua.

É importante utilizar água isenta de contaminantes orgânicos em análises de substâncias orgânicas via *HPLC*, cromatografia gasosa, eletroforese e fluoroscopia e em pesquisas envolvendo cultura de tecidos.

Há vários métodos para investigar a contaminação da água grau reagente por compostos orgânicos, porém eles são inviáveis para uso rotineiro no laboratório clínico; devido a isso, o *NCCLS* não recomenda, a princípio, nenhum método em especial.

A análise espectrofotométrica da água na região do ultravioleta distante é um deles, mas só é viável com um espectrofotômetro especial para pesquisas; se há disponibilidade desse recurso, ele pode ser útil para avaliar a presença de compostos orgânicos na água produzida.

Já os métodos baseados na redução do permanganato de potássio não são adequados porque são limitados e não conseguem detectar grande variedade de orgânicos; a cromatografia líquida de alta resolução (*HPLC*), se disponível, pode satisfazer essa necessidade.

Finalmente, há os analisadores de carbono orgânico total, que oxidam os compostos orgânicos e medem o CO_2 liberado.

9- ESTOCAGEM DE ÁGUA GRAU REAGENTE

A água grau reagente – em particular dos tipos especial, I e II - não deve ser estocada em qualquer recipiente que seja. Ela tem que ser usada no momento em que é produzida, devido à contaminação pelo ar ambiente e também pelo inevitável desenvolvimento microbiano que ocorre na água estagnada. Além disso, também devido ao desenvolvimento microbiano, nunca se deve usar as primeiras quantidades de água produzida por um sistema de purificação que tenha ficado inativo por mais de 4 horas.

Ao reiniciar a operação do sistema, deve-se desprezar os primeiros volumes de água produzida; essa quantidade a ser desprezada deve ser equivalente a, pelo menos, 2 volumes estáticos do sistema. O ideal é que o sistema de purificação de água seja dotado de um sistema de recirculação, de modo a manter a água em movimento, mesmo nos períodos em que o laboratório não funciona; o *NCCLS* recomenda uma velocidade mínima de recirculação equivalente a 5 ft/s (~ 1,6 m/s).

10- *TABELA 6 - ESPECIFICAÇÕES PARA COLETA, MANUSEIO, PRESERVAÇÃO E ESTOCAGEM DE AMOSTRAS DE ÁGUA EM FUNÇÃO DO PARÂMETRO A SER MEDIDO*

PARÂ-METRO	***TIPO DE FRASCO***	***Volume Mínimo (ml)***	***PRESERVAÇÃO***	***ESTO-CAGEM MÁXIMA***
ABS (detergentes)	**P; V**	1000	Refrigerar < 4ºC, no escuro	24 h
Acidez	**P(A); V(B)**	100	Refrigerar < 4ºC, no escuro	24 h
Alcalinidade	**P; V**	200	Refrigerar < 4ºC, no escuro	24 h
Arsênio	**P(A); V(A)**	1000	Adicionar HNO_3 até pH<2	6 meses
Bário	**P(A); V(A)**	1000	Adicionar HNO_3 até pH<2	6 meses
Boro	**P**	100	Não requerida	28 dias
Brometo	**P; V**	----------	Não requerida	28 dias
Cádmio	**P(A); V(A)**	1000	Adicionar HNO_3 até pH<2	6 meses

P= Plástico (polietileno ou similar); **V=** vidro; **A=** lavado com HNO_3 1+1;
B= borossilicato.

PARÂ-METRO	***TIPO DE FRASCO***	***Volume Mínimo (ml)***	***PRESERVAÇÃO***	***ESTO-CAGEM MÁXIMA***
Carbono orgânico total (COT)	**V**	100	Analisar imediatamente ou adicionar HCl até pH < 2 e refrigerar < 4ºC, no escuro	7 dias
Chumbo	**P(A); V(A)**	1000	Adicionar HNO_3 até pH<2	6 meses
Cianeto	**P; V**	500	Ad. NaOH até pH>12; refrig. < 4ºC, no escuro	24 h
Cloro residual	**P; V**	500	Analisar imediatamente	30 minutos
Cobre	**P(A); V(A)**	1000	Adicionar HNO_3 até pH<2	6 meses
Cobre (colorimetria)	**P(A); V(A)**	500	Adic. HNO_3 até pH<2; refrigerar a T < 4ºC, no escuro	28 dias
Condutividade	**P; V**	500	Refrigerar a T < 4ºC, no escuro	28 dias
Cor	**P; V**	500	Refrigerar a T < 4ºC, no escuro	28 dias
Cromo hexa	**P(A); V(A)**	300	Refrigerar a T < 4ºC, no escuro	24 h
Cromo total	**P(A); V(A)**	1000	Adicionar HNO_3 até pH<2	6 meses
DBO_5	**P; V**	1000	Refrigerar a T < 4ºC, no escuro	24 h
Dióxido de carbono	**P; V**	100	Analisar imediatamente	Nenhuma
Dióxido de cloro	**P; V**	500	Analisar imediatamente	30 minutos
DQO solúvel	**P; V**	100	Ad. H_2SO_4 até pH<2; refrigerar a T < 4ºC no escuro	7 dias
DQO total	**P; V**	100	Ad. H_2SO_4 até pH<2; refrigerar a T < 4ºC no escuro	7 dias
Dureza	**P; V**	100	Adicionar HNO_3 até pH<2	6 meses
Estanho	**P(A); V(A)**	1000	Adicionar HNO_3 até pH<2	6 meses
Fenol	**P; V**	500	Ad. H_2SO_4 até pH<2; refrigerar a T < 4ºC no escuro	28 dias
Ferro	**P(A); V(A)**	1000	Adicionar HNO_3 até pH<2	6 meses
Fluoreto	**P**	300	Não requerida	28 dias
Fosfato	**V(A)**	100	Refrigerar < 4ºC, no escuro	48 h
Iodo	**P; V**	500	Analisar imediatamente	30 minutos
Manganês	**P(A); V(A)**	1000	Adicionar HNO_3 até pH<2	6 meses
Mercúrio	**P(A); V(A)**	500	Adicionar HNO_3 até pH<2	28 dias
Microbiol.	**P; V**	1000	Refrigerar a T < 4ºC, no escuro	24 h
N_2 Orgânico, Kjedahl	**P; V**	500	Adicionar H_2SO_4 até pH<2; refrigerar a T < 4ºC no escuro	7 dias
Níquel	**P(A); V(A)**	1000	Adicionar HNO_3 até pH<2	6 meses

P= Plástico (polietileno ou similar); **V=** vidro; **A=** lavado com HNO_3 1+1;
B= borossilicato.

PARÂ-METRO	***TIPO DE FRASCO***	***Volume Mínimo (ml)***	***PRESERVAÇÃO***	***ESTO-CAGEM MÁXIMA***
Nitrato (NO_3^-)	**P; V**	100	Refrigerar < 4ºC, no escuro	48 h
Nitrito (NO_2^-)	**P; V**	100	Analisar o mais cedo possível; refrigerar a T < 4ºC no escuro	48 h
Nitrogênio amoniacal (N-NH_3)	**P; V**	500	Adicionar H_2SO_4 até pH<2; refrigerar a T < 4ºC no escuro	7 dias
NO_3^- + NO_2^-	**P; V**	200	Adicionar H_2SO_4 até pH<2; refrigerar a T < 4ºC no escuro	28 dias
O_2 dissolvido	DBO	300	Analisar imediatamente	30 minutos
O_2 - eletrodo Winkler	DBO	300	Titulação pode ser retardada após acidulação	8 h
Odor	**V**	500	Analisar o + cedo possível; refrigerar a T < 4ºC no escuro	6 h
Óleos e Graxas	**V** (boca larga, calibrado)	1000	Adicionar H_2SO_4 até pH<2; refrigerar a T < 4ºC no escuro	28 dias
Ozônio	**V**	1000	Analisar imediatamente	30 minutos
pH	**P; V**	----------	Analisar imediatamente	2 h
Prata	**P(A); V(A)**	1000	Adicionar HNO_3 até pH<2	6 meses
Sabor	**V**	500	Analisar imediatamente; refrigerar a T < 4ºC, no escuro	24 h
Salinidade	**V** (lacre de cera)	240	Analisar imediatamente ou usar lacre de cera	6 meses
Selênio	**P(A); V(A)**	1000	Adicionar HNO_3 até pH<2	6 meses
Sílica	**P**	----------	Refrigerar a T < 4ºC, no escuro; ***não congelar.***	28 dias
Sólidos	**P; V**	----------	Refrigerar a T < 4ºC, no escuro	2 dias
Sulfato	**P; V**	----------	Refrigerar a T < 4ºC, no escuro	28 dias
Sulfeto	**P; V**	100	Adicionar 4 gotas Zn(CH3COO)2 2N e NaOH até pH > 9; refrigerar a T < 4ºC, no escuro	28 dias
Temperatura	**P; V**	----------	Analisar imediatamente	Nenhuma
Turbidez	**P; V**	----------	Analisar no mesmo dia; refrigerar a T < 4ºC, no escuro	24 h
Zinco	**P(A); V(A)**	1000	Adicionar HNO_3 até pH<2	6 meses

P= Plástico (polietileno ou similar); **V=** vidro; **A=** lavado com HNO_3 1+1;
B= borossilicato.

11- PRINCIPAIS FATORES A SEREM CONSIDERADOS NA ESPECIFICAÇÃO, PROJETO E SELEÇÃO DE UM SISTEMA PARA PURIFICAÇÃO DE ÁGUA.

Um sistema de purificação de água para usos especiais geralmente tem que ser constituído por vários métodos de purificação para que consiga produzir a água com a qualidade objetivada. Assim, além do custo propriamente dito (que é fator importante, porém nunca deve ser considerado isoladamente) é imprescindível que o projeto, especificação e seleção de um dado sistema observem os fatores descritos a seguir.

11.1- Características Físicas, Químicas e Microbiológicas da Água de Abastecimento: são fatores muito importantes, pois determinam a freqüência de manutenção do sistema – substituição / limpeza de elementos e membranas filtrantes, verificação / limpeza / substituição de conexões e tubulações, regeneração de resinas trocadoras de íons etc. Também são importantes para determinar a eventual necessidade de métodos mais adequados / viáveis a serem empregados para a purificação inicial da água bruta (filtros de areia, de carvão, desclorador etc.) e para dimensionar a quantidade de materiais filtrantes e resinas trocadoras de íons eventualmente necessárias (nesse caso, considera-se a vazão a ser tratada). Deve ser considerada a pior condição, isto é, os piores índices de contaminação que a água de alimentação pode atingir – devidos, por exemplo, a variações sazonais (em períodos de seca a concentração de impurezas dos mananciais aumenta significativamente).

11.2- Características Físicas, Químicas e Microbiológicas da Água Purificada (qualidade objetivada em função das análises / ensaios característicos das atividades do laboratório): determinam principalmente os métodos a serem empregados para o polimento (última etapa de purificação) da água, bem como os métodos necessários para a pré-purificação da água bruta.

11.3- Vazão Necessária: também deve ser considerada em conjunto com os fatores citados anteriormente, não só para os cálculos e especificações dos métodos de purificação como, também, para dimensionamento do número, tipo e dimensões de dispositivos de purificação e para o dimensionamento

de eventuais reservatórios-pulmão e tanques de recirculação, se necessário.

11.4- Distância da Saída do Sistema ao(s) Ponto(s) de Uso: os pontos de uso da água purificada devem ficar o mais próximo possível da saída do sistema de purificação; quanto maior a distância, maior é a possibilidade de contaminação microbiana ou mesmo por entradas de ar ou arraste de partículas de tubulações. Além disso, distâncias maiores podem requerer estocagem provisória da água (que é absolutamente inadmissível para água de grau reagente I e II) e/ou bombeamento (que também significa maior possibilidade de contaminação, além de custo adicional). Em determinados casos pode ser bem mais interessante e recomendável possuir mais de um sistema de purificação.

11.5- Leiaute: assim como a distância, outro fator que pode favorecer muito a contaminação – principalmente microbiana – é o número de curvas da tubulação, devido à formação dos chamados “dead legs” (pontos mortos), onde pode haver estagnação da água e conseqüente desenvolvimento microbiano. A tubulação deve ter o mínimo possível de joelhos e conexões e também deve ser sempre aparente (externa às paredes), para viabilizar manutenção periódica.

11.6- Material de Carcaças de Filtros, Tanques, Reservatórios, Tubulações e Conexões: os tipos de análises, ensaios e de outras aplicações especiais determinam o material de construção desses componentes, pois podem sofrer interferências devidas à lixiviação do material da tubulação, se essa for metálica, ou ao desenvolvimento bacteriano, muito facilitado por porosidades de tubulações de material plástico como o PVC, por exemplo.

11.7- Disponibilidade de Assistência Técnica: assegurar-se de que os fornecedores do sistema e de seus componentes tenham capacidade técnica, estoques de reposição e recursos suficientes que permitam atendimento imediato em caso de algum problema. Muitos incautos se deixam iludir pelo custo aparentemente baixo e também pela fluência verbal e argumentações dos vendedores, o que pode trazer grandes prejuízos no futuro. Sempre é recomendável obter o máximo possível de referências

sobre o desempenho do sistema e sobre o tipo / capacidade de assistência técnica, antes de qualquer decisão definitiva.

11.8- Instrumentação e Controle: os aparelhos e instrumentos de medição para monitoramento rotineiro da água purificada devem ser compatíveis com seu grau de pureza. Um simples condutivímetro de bancada não tem a mínima condição para medir a condutividade de água que seja de grau reagente I ou II; nesses casos, deve ser usado um condutivímetro com sensibilidade de leitura na casa de 0,01 μS/cm ou mesmo um resistivímetro, sempre que possível instalado em linha. Condutivímetros, resistivímetros e medidores de pH têm que estar sempre com a calibração em dia, feita preferencialmente por entidades associadas àRBC – Rede Brasileira de Calibração.

BIBLIOGRAFIA

1- BAYER - página eletrônica: artigos técnicos diversos sobre resinas de troca iônica e seu emprego na purificação de água e de outros líquidos.

2- *EPA (Environmental Protection Agency – E.U.A.)* - página eletrônica: artigos técnicos diversos sobre laboratórios e purificação de água.

3- *EPA, AWWA, WPCF: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* - 17ª edição - Partes 1070B, 1080 A / B / C, 9020 B e 9050.

4- *FISHER SCIENTIFIC:* Catálogo Eletrônico de Reagentes e Materiais de Laboratório.

5- Gould, Charles: *Treating Industrial Water with Membrane Technology – OSMONICS / Separation & Filtration Systems* – 1º / 3 / 1995.

6- *NCCLS*: Doc. C3-A2 / Vol.11, Nº. 13 - “Preparação e Teste de Água Grau Reagente no Laboratório Clínico – 2ª edição”.

7- OSMONICS – página eletrônica: artigos técnicos sobre purificação de água e filtração com membranas.

8- *R. CHAPMAN* - página eletrônica: artigos técnicos sobre purificação de água.

9- RESINTECH - página eletrônica: artigos técnicos diversos sobre resinas de troca iônica e seu emprego na purificação de água e de outros líquidos.