



Maria João Coelho Póvoas

julho 2012

*“Diz-me e eu esquecerei,
mostra-me e eu lembrar-me-ei,
deixa-me fazer e eu aprenderei.”*

Confúcio

Capítulo 1- A água na Terra	7
1.1. O ciclo da água	7
1.2. As reservas de água na Terra	8
1.3. Assimetrias da distribuição da água na Terra	9
1.4. Classificação da água na Terra	10
1.4.1. Águas superficiais versus águas subterrâneas	10
Capítulo 2- Qualidade e consumo de água potável	11
2.1. Legislação	11
2.2. Parâmetros de análise de água	12
2.2.1. Análise microbiológica	12
2.2.2. Análise físico-química	13
Capítulo 3- Tratamento de água	19
3.1. Necessidade de tratamento	19
3.2. Sistemas de tratamento de água	19
3.2.1. Descalcificação	20
3.2.2. Desferrização	21
3.2.2.1. Filtração através de materiais especiais	21
3.2.3. Dessalinização por osmose inversa	22
3.2.3.1. O Princípio de separação	23
3.2.3.2. Membranas	24
3.2.3.3. Instalação de osmose inversa	25
Capítulo 4- Atividades laboratoriais	27
4.1. Determinação da alcalinidade a micro e macroescala	27
4.1.1. Introdução	27
4.1.2. Objetivo	29
4.1.3. Segurança	29
4.1.4. Reagentes	29
4.1.5. Protocolo a microescala	29
4.1.6. Protocolo a macroescala	32
4.2. Determinação da dureza a micro e macroescala	34
4.2.1. Introdução	34
4.2.2. Objetivo	34
4.2.3. Segurança	34
4.2.4. Reagentes	35
4.2.5. Protocolo a microescala	35
4.2.6. Protocolo a macroescala	36
4.3. Caso de estudo	38
4.3.1. Registo de resultados	38
4.3.2. Discussão de resultados e principais conclusões	39
Conclusão	41
Bibliografia	43
Anexos	45

Capítulo 1

A água na Terra

A água e o ar são elementos sem os quais não seria possível a vida na Terra como a conhecemos hoje. O corpo humano tem aproximadamente 70% de água e uma ligeira redução deste valor pode conduzir à morte¹. Na verdade o Homem adulto pode viver entre duas a três semanas sem alimentos mas apenas três a quatro dias sem água.

A água nem sempre esteve presente no planeta da mesma forma, no início a Terra apresentava uma temperatura média superior a 100°C o que impossibilitava a presença de água no estado líquido e sólido². Por isso nessa fase não existiam oceanos e abundavam os vulcões em constante atividade, libertando gases tóxicos e vapor de água. À medida que a Terra arrefeceu ocorreu a condensação do vapor de água, cujo excesso originou os oceanos, cursos de água e lagos.

1.1. O ciclo da água

A água circula continuamente na natureza, podendo passar por diferentes formas e estados físicos, originando o Ciclo da Água, que está representado na figura 1, também designado de Ciclo Hidrológico³. Este ciclo é responsável pela renovação da água no planeta, através de transferências contínuas entre os vários estados físicos: sólido, líquido e gasoso.

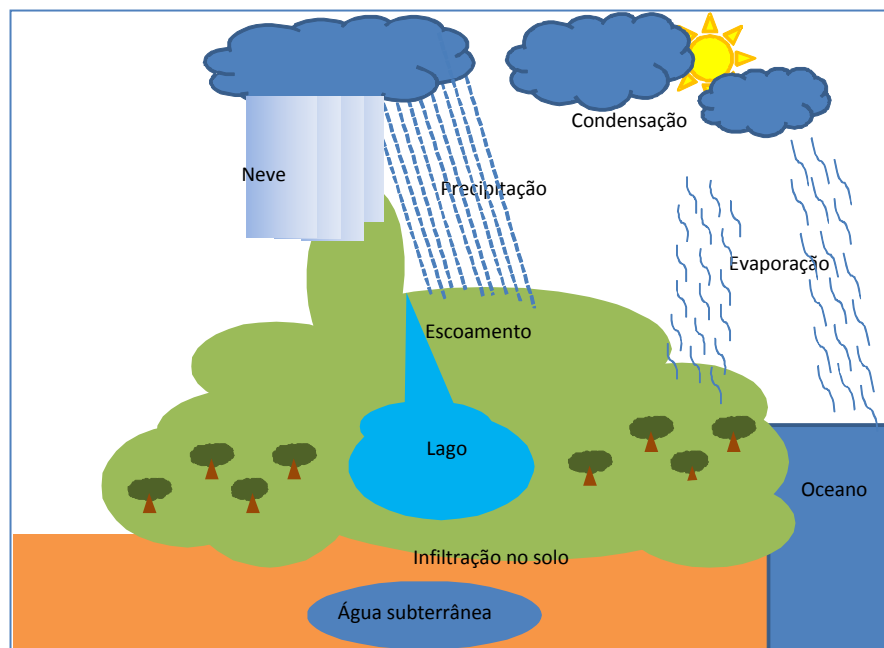


Figura 1: Ciclo da água

A superfície da Terra através dos oceanos, rios, lagos, glaciares e solo ou da transpiração dos animais e plantas está constantemente a libertar vapor de água para a atmosfera, por evaporação⁴.

Na atmosfera, algum vapor de água condensa ficando suspenso no ar, num estado coloidal dando origem a aerossóis que por condensação constituem as nuvens. Nesta fase, a água pode precipitar (chuva ou neve) da atmosfera para a superfície terrestre.

Ao atingir a superfície terrestre a água pode ficar retida, escoar ou infiltrar-se no subsolo, permitindo a formação de lagos, rios e lençóis freáticos subterrâneos⁴.

Este processo repete-se de forma contínua permitindo a circulação da água coexistindo em três estados físicos: sólido, líquido e gasoso.

1.2. As reservas de água na Terra

Cerca de 70% da superfície terrestre está coberta de água no estado líquido encontrando-se sobretudo nos oceanos e apenas uma pequena parte nos continentes e na atmosfera. Assim, cerca de 97,4% da água é salgada e por isso imprópria para consumo e dos 2,6% (aproximadamente 38 milhões de km³) de água doce a grande maioria encontra-se no estado sólido nos glaciares e calotes polares do Ártico e Antártico e em águas subterrâneas². Na figura 5 apresenta-se um esquema das reservas de água na Terra.

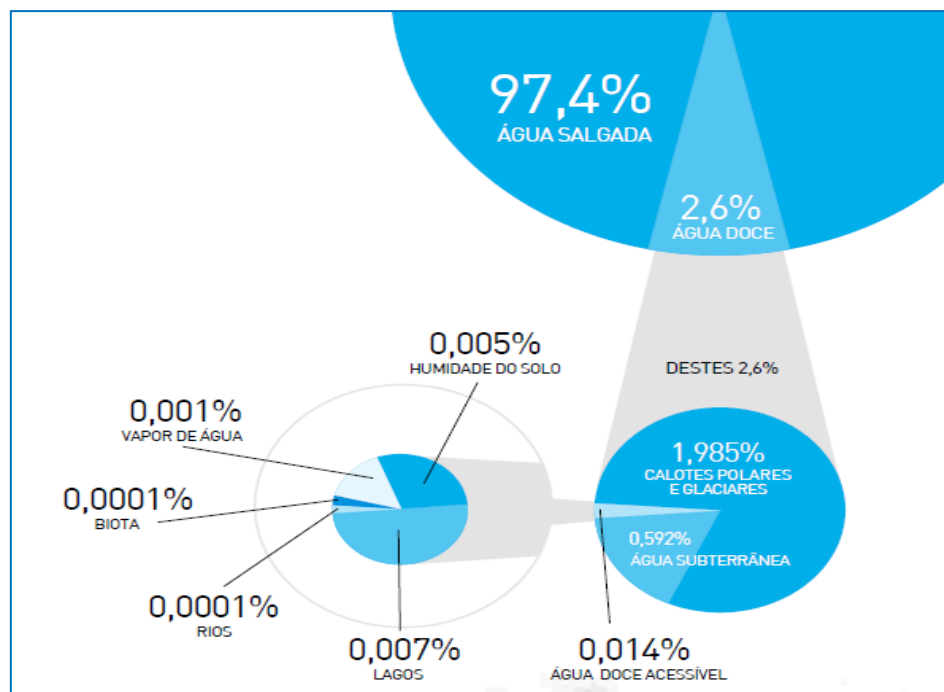


Figura 2: Distribuição da água na Terra

Cerca de 3/4 da água doce encontra-se num estado em que não é possível a sua utilização, pelo menos a curto e médio prazo, e que as águas superficiais constituem uma ínfima parte da água doce.

1.3. Assimetrias da distribuição da água na Terra

Para além da sua escassez, a água apresenta ainda uma distribuição irregular no espaço e no tempo, sendo flagrante o contraste entre regiões secas e húmidas e entre períodos de cheia e de estiagem de cursos de água⁴. Clique [AQUI](#) e aprecie as previsões da disponibilidade de água doce na Terra em 2050.

Através da análise pode verificar-se que Portugal, assim como para a maioria dos países europeus, se prevê uma diminuição nas reservas de água doce disponíveis para o consumo.

O forte consumismo das nossas sociedades está a levar à emissão de poluentes para os oceanos, rios, aquíferos subterrâneos e atmosfera que podem influenciar significativamente o equilíbrio do ciclo da água. Um dos problemas mais significativos é o aumento da temperatura da atmosfera devido ao aquecimento global o que pode alterar completamente o ciclo da água, retardando-o devido solidificação, ou acelerando-o intensificando a evaporação. Qualquer destas situações poderá acarretar problemas como secas, furacões e cheias.

1.4. Classificação da água na Terra

Não há na natureza algo a que possamos chamar "água pura", uma vez que a presença de gases dissolvidos, compostos orgânicos e inorgânicos, e partículas em suspensão é inevitável. A água é também o habitat natural de microrganismos e plantas aquáticas. Na água estão ainda presentes substâncias corrosivas ou incrustantes, como sais de cálcio e de magnésio e compostos de ferro e manganésio. Todos estes elementos presentes na água estabelecem as características da mesma, que variam e devem ser estudadas caso a caso.

1.4.1. Águas superficiais versus águas subterrâneas

A formação geológica dos solos e a poluição são os fatores determinantes na classificação dos tipos de água: águas superficiais e águas subterrâneas, ou seja, quanto à origem da captação⁵.

As águas superficiais como por exemplo os rios, as albufeiras e lagos apresentam normalmente características próprias tais como:

- elevado material em suspensão (turvação);
- carga orgânica (ácidos húmico e fúlvico);
- baixo teor de sais dissolvidos.

As *águas subterrâneas* como lençóis subterrâneos, fissuras de terrenos e furos tendem a ser:

- duras (em solos calcários) ou ácidas (em solos graníticos);
- límpidas (pois são filtradas pelas camadas terrestres);
- possuem alguns elementos químicos dissolvidos que podem ser mais ou menos nocivos.

No caso de águas de profundidade podem ainda ser distinguidas de acordo com o tipo de solos. Assim, águas originárias de solos calcários (típicos da região Sul de Portugal e também da região de Leiria) apresentam dureza média/alta, alcalinidade e mineralização, enquanto as águas originárias de solos graníticos (Norte do país) apresentam baixa mineralização (leves), condutividade e acidez, assim como, alguns materiais dissolvidos (Ferro, frequente nos solos xistosos, o Manganésio, os Nitratos, entres outros).

Capítulo 2

Qualidade e consumo de água potável

A qualidade de uma água é avaliada por um conjunto de análises de natureza física, química, biológica e radioativa. O objetivo da qualidade a estabelecer depende da utilização que for destinada à água e são quantificados através de indicadores de qualidade. A fixação de níveis para cada uma dessas determinações constitui os critérios de qualidade. Quando estes critérios são definidos por uma autoridade administrativa passam a constituir normas ou padrões de qualidade.

2.1. Legislação

Em Portugal, a Lei da Água estabelece normas, critérios e objetivos da qualidade com a finalidade de proteger o meio aquático e melhorar a qualidade das águas em função dos fins a que se destinam. O Decreto-Lei n.º 236/1998⁶ de 1 de agosto estabelece um grande número de valores guia designados de Valor Máximo Recomendado (VMR) e Valor Máximo Admissível (VMA) para a água com destino ao consumo humano. O VMR é o teor, concentração ou valor da norma da qualidade que, de preferência, deve ser respeitado ou não excedido, sob risco de afetar a saúde. Por outro lado, VMA é o teor, concentração ou valor da norma da qualidade que não deve, em caso algum, ser ultrapassado, sob risco de poder haver contaminação.

Em 5 de setembro de 2001 entrou em vigor a Lei da Água Potável que tem como objetivos proteger a saúde humana dos efeitos nocivos resultantes de qualquer contaminação da água destinada ao consumo humano, assegurando a sua salubridade e limpeza. O Decreto-Lei n.º 243/2001⁷ estabelece aos parâmetros de qualidade da água potável um valor paramétrico (VP) máximo ou mínimo. O VP é o valor especificado ou concentração máxima (ou mínima) para uma propriedade, elemento, organismo ou substância. Ao abrigo deste Decreto-Lei foi também criada uma autoridade competente, o Instituto Regulador de Águas e Resíduos (IRAR), responsável pela coordenação da implementação do diploma. Procedeu-se, assim, à concentração de um conjunto essencial de atribuições, anteriormente dispersas por várias entidades públicas, o que dificultava uma maior eficiência da Administração na fiscalização de uma matéria essencial à proteção da saúde humana.

O Decreto-Lei n.º 306/2007⁸ de 27 de agosto procedeu à definição de uma abordagem mais racionalizada para as zonas de abastecimento com volumes médios diários inferiores a 100 m³, nomeadamente no que concerne à frequência de amostragem. Acrescentou ainda a necessidade de garantir a desinfeção como processo de tratamento para a redução da elevada percentagem de incumprimentos dos valores paramétricos relativos aos parâmetros microbiológicos. Definiu a implementação de um programa de controlo operacional, já que é essencial o controlo regular de todos os componentes do sistema de abastecimento, de forma a otimizar a qualidade da água no consumidor.

2.2. Parâmetros de análise de água

Para saber se água disponível num determinado local é apropriada ao fim a que se destina, é necessário proceder, habitualmente, a dois principais tipos de análises distintas: *Análise Microbiológica* e *Análise Físico-Química* (Anexo 1 – Relatório tipo de uma análise Microbiológica e Físico-Química fornecido pelo Laboratório Pimenta do Vale).

2.2.1. Análise microbiológica

As bactérias são organismos vivos unicelulares que existem na Natureza e nos organismos animais incluindo o Homem e podem ser classificados de várias maneiras:

- Quanto à forma, quando vistos ao microscópio ampliadas 1000 vezes.
- Quanto às características tintoriais, quando coradas por uma coloração especial (coloração de Gram) e vistas ao microscópio ampliadas 1000 vezes.
- Quanto às exigências metabólicas em relação ao oxigénio.

Existem bactérias que têm uma grande probabilidade de causar doenças nos seres humanos, chamando-se por isso bactérias patogénicas. Por isso numa análise microbiológica⁹ de água os parâmetros analisados são:

- **Coliformes** - Grupo heterogéneo de bacilos Gram negativos aeróbios ou aeróbios facultativos cujo habitat natural é o intestino do Homem e dos animais. O grupo indicador de poluição fecal mais utilizado é o chamado *Coliformes Totais* e *Escherichia coli*.

- **Enterococos faecalis** - Fazem parte da flora do intestino humano e são cocos Gram positivos aeróbios facultativos que podem causar doenças graves: amigdalites, reumatismo, infecções urinárias, endocardites, meningites.
- **Número Total de colônias** - é o número total de bactérias existentes na água a 22°C e 37°C. Dão uma indicação do grau de contaminação da água, mas sem qualquer tipo de identificação.
- **Clostridium perfringens** - São bacilos Gram positivos anaeróbios. Podem existir na natureza ou na flora normal do intestino e causar doenças muito graves como a gangrena gasosa.

2.2.2. Análise físico-química

A análise Físico-Química de uma água apresenta parâmetros analisados diferentes de laboratório para laboratório. No entanto os métodos de ensaio e técnicas analíticas são os mesmos independentemente do laboratório onde a análise foi efetuada. Ao longo da descrição dos vários parâmetros será indicado o método de ensaio utilizado.

- **Alcalinidade (mg/l CaCO₃)** – alcalinidade de uma água mede a capacidade de neutralização de ácidos (capacidade tampão) e representa a quantidade total de todas as bases [bicarbonato ou hidrogenocarbonato (HCO₃⁻), carbonato (CO₃²⁻), hidróxido (OH⁻) e sais de ácidos fracos] que uma água possui.

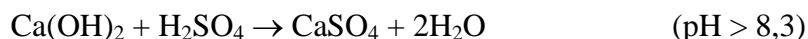
Pode ser utilizada como uma indicação indireta do consumo de ácido necessário para baixar o pH a:

- ✓ 8,3 - Alcalinidade à fenolftaleína (simples), representa os Hidróxidos e parte dos Carbonatos.
- ✓ 4,5 - Alcalinidade Total, representa a neutralização dos Bicarbonatos

A alcalinidade está intimamente ligada ao pH, quanto maior este for, mais elevada será a alcalinidade, e quanto mais elevada esta for, menor é a tendência

agressiva e maior é a tendência incrustante de uma água. O método de ensaio é o SM 2320 B⁹ e a técnica analítica a titulação.

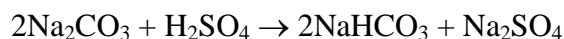
✓ **Alcalinidade Cáustica:**



Se a alcalinidade à fenolftaleína for igual à alcalinidade de alaranjado de metilo, só existirá alcalinidade cáustica. Para o cálculo da alcalinidade cáustica, dependendo do pH, e para uma temperatura de 25°C, usa-se a seguinte expressão:

$$[\text{OH}^-]_{(\text{mg CaCO}_3/\text{L})} = 5,0 \times 10^{(\text{pH}-10)} \quad (1)$$

✓ **Alcalinidade devida aos carbonatos:**



Para o cálculo da alcalinidade devido aos carbonatos, dependendo do pH, e para uma temperatura de 25°C, usa-se a seguinte expressão:

$$[\text{CO}_3^{2-}]_{(\text{mg CaCO}_3/\text{L})} = 0,94 \times \text{Alcalinidade} (\text{HCO}_3^-) \times 10^{(\text{pH}-10)} \quad (2)$$

Sendo que alcalinidade (HCO_3^-) é a alcalinidade devido aos bicarbonatos.

✓ **Alcalinidade devida aos bicarbonatos:**



Para o cálculo da alcalinidade devido aos bicarbonatos, dependendo do pH, e para uma temperatura de 25°C, usa-se a seguinte expressão, em que o **M** é a alcalinidade total:

$$[\text{HCO}_3^-]_{(\text{mg CaCO}_3/\text{L})} = \frac{\text{M} - 5,0 \times 10^{(\text{pH}-10)}}{1 + 0,94 \times 10^{(\text{pH}-10)}} \quad (3)$$

- **Azoto** - O azoto pode encontrar-se na água na forma de: Azoto orgânico, N; Azoto amoniacal (amónia), NH_4^+ ; Nitratos, NO_3^- e Nitritos, NO_2^- . Todas as formas de azoto são interconvertíveis (Ciclo do Azoto). Na natureza o azoto amoniacal e o azoto orgânico transformam-se primeiro em nitritos e posteriormente em nitratos. A análise do azoto amoniacal segue o método de ensaio ISO 7150-1:1984¹¹ e a técnica analítica é a Espectroscopia de Absorção Molecular, EAM.
 - ✓ **Nitritos (mg/l NO_2^-)** - Em águas naturais não poluídas não aparecem ou aparecem em concentrações muito baixas (<0,1 mg/l), pois são rapidamente oxidados a nitratos por ação de nitrobactérias. A sua presença denota contaminação bacteriana na água e é indicadora de um deficiente estado sanitário das águas. O método de ensaio é SM 4500B⁹ e a respetiva técnica analítica a Espectroscopia de Absorção Molecular, EAM.
 - ✓ **Nitratos (mg/l NO_3^-)** - O teor em nitratos de uma água pode provir de dissolução mineral, embora se encontrem mais frequentemente devido a oxidação de águas residuais descarregadas ou ao escoamento superficial e lixiviação de terrenos agrícolas fortemente adubados. A sua presença em águas superficiais contribui para o desenvolvimento de algas e para a eutrofização das águas. O seu potencial perigo deve-se à sua transformação no organismo humano em nitritos, podendo originar compostos cancerígenos. São também de elevado risco para os bebés, por estes não possuírem os sistemas enzimáticos completamente desenvolvidos - Síndrome do Bebê Azul. O método de ensaio é o SM 4110C⁹ e a técnica analítica HPLC.
- **Cloretos (mg/l Cl⁻)** - Existem em qualquer água natural e aparecem geralmente nas regiões em que existem jazidas de sal ou resultantes da contaminação por descargas de efluentes domésticos e industriais, ou por intrusão de água do mar. O método de ensaio é o SM 4120C¹⁰ e a técnica analítica HPLC.
- **Condutividade ($\mu\text{S}/\text{cm}$)** - Parâmetro fundamentalmente devido ao tipo de solo que a água atravessa e que traduz a quantidade de materiais que a água dissolveu na sua passagem pelo mesmo. Quanto maiores forem os valores para este parâmetro, mais se acentuará o carácter mineral de uma água, e consequentemente o seu gosto.

Assim, tradicionalmente as águas minerais, dizem-se muito leves, devido aos baixos valores que apresentam para este parâmetro. Permite estimar grosseiramente os Sólidos Dissolvidos Totais (SDT ou TDS) pelo que embora a sua determinação seja muito mais simples é, por questões práticas (mg/l é uma unidade mais palpável que $\mu\text{S/cm}$) frequentemente convertido em TDS. O fator de correção pode estar compreendido entre 0,35 e 0,5. Na Tabela 1 apresentam-se os valores de condutividade para diferentes tipos de água.

Tabela 1: Tipo de água atendendo ao valor de condutividade (fonte: Pure Water Handbook¹¹)

Tipo de água	Condutividade ($\mu\text{S/cm}$)	TDS (mg/l)
Desmineralizada	<5	2
Pouco mineralizada	50-200	20-80
Mineralização média	200-800	80-350
Mineralização elevada	>800	>350

O método de ensaio da condutividade é o SM 2510B⁹ e a técnica analítica é a Condutimetria.

Dureza total (mg/l CaCO_3) - A dureza total de uma água é a soma das concentrações dos catiões metálicos polivalentes (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Fe^{2+}). A existência de cálcio e magnésio numa água deve-se à passagem desta por solos com calcário, mármore e gesso. O cálcio e o magnésio são vitais para o organismo humano, uma vez que constituem a estrutura óssea e circulação coronária. Por esta razão, águas com baixas quantidades destes elementos, quando consumidas permanentemente, levam a problemas de saúde pública. Pelo contrário, elevados teores, têm como consequência a formação de calcário nas canalizações e equipamentos.

O método analítico para a determinação da dureza total é o SM 2540C⁹ e a técnica analítica a titulação. No manual do professor é descrito a análise da dureza de água em macro e microescala seguindo o método e técnica referidos anteriormente. Uma vez que as análises se destinam a ser realizadas por alunos e os laboratórios das escolas nem sempre possuem o equipamento, material e reagentes necessário, o protocolo foi adaptado.

- **Ferro (mg/l Fe) e Manganês (mg/l Mn)** - Estes elementos existem em muitos tipos de solos e são dissolvidos pela água. São inofensivos para a saúde pública,

sendo vital para o transporte de oxigénio no sangue. Ambos os elementos apresentam no entanto, o inconveniente de darem origem a depósitos nas canalizações, coloração à água, e manchas em roupa, loiça e equipamentos. Em condições aeróbias o Fe^{2+} e o Mn^{2+} , dissolvidos na água, são oxidados a Fe^{3+} e a Mn^{4+} e precipitam.

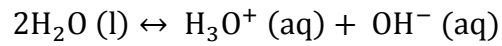
O método de ensaio do ferro é o SM 3500B⁹ e a técnica analítica a Espectroscopia de Absorção Atómica, EAA de chama. O método de ensaio do manganês é o SM 3500B⁹ e a técnica analítica a Espectroscopia de Absorção Atómica, EAA em câmara de grafite.

- **Oxidabilidade (mg/l O₂)** - A oxidabilidade ao KMnO_4 mede o consumo deste composto (expresso em oxigénio) na oxidação dos compostos orgânicos e inorgânicos redutores presentes na água. Deste modo, expressa a quantidade de matéria orgânica existente na água e, quanto mais elevado for o valor deste parâmetro, mais pobre é a qualidade de água e maior é a probabilidade de se virem a desenvolver microrganismos. O método de ensaio é a Norma Portuguesa, NP731:1969¹² e a técnica analítica a titulação.
- **pH (escala de Sorensen)** - É devido a diversos fatores, como a quantidade e natureza dos sais e gases dissolvidos, a formação geológica do solo que atravessa e o tipo de poluição a que está sujeita. O pH é o principal responsável pelas características agressivas ou incrustante que a água apresente: uma água ácida com baixo pH (menor que 6,5) é normalmente agressiva, atacando as canalizações; uma água alcalina com pH elevado (maior que 8) é normalmente incrustante, depositando calcário nas canalizações. O método de ensaio é o SM 4500B⁹ e a técnica analítica a Potenciometria.

A concentração hidrogeniónica numa solução pode variar em grande escala. A escala de pH permite expressar o intervalo de acidez de uma maneira mais conveniente. O pH é assim uma medida da concentração de iões hidroxónio presentes numa água. Por definição

$$\text{pH} = -\log[\text{H}_3\text{O}^+] \quad (4)$$

Consideremos o equilíbrio dinâmico da água a 25 °C:



Os valores das concentrações dos iões hidroxónio H_3O^+ e dos iões hidróxido OH^- são muito baixos, o que provoca uma reduzida condutividade à água pura. O K_w que é a constante de dissociação da água ou produto iónico da água pode ser escrito como:

$$K_w = [\text{H}_3\text{O}^+] \times [\text{OH}^-] \quad (5)$$

O valor de K_w a 25 °C é 1×10^{-14} . Assim, numa solução ácida a $[\text{H}_3\text{O}^+]$ é maior do que $[\text{OH}^-]$, numa solução básica a $[\text{H}_3\text{O}^+]$ é menor à de $[\text{OH}^-]$ e uma solução neutra apresenta valores iguais para a $[\text{H}_3\text{O}^+]$ e $[\text{OH}^-]$.

Capítulo 3

Tratamento de água

3.1. Necessidade de tratamento

De uma forma geral, os dois tipos de problemas mais comuns que se pretendem evitar ao efetuar o tratamento de uma água são:

- o aparecimento de água imprópria para consumo (devido a problemas microbiológicos e à existência de materiais em suspensão e/ou dissolvidos);
- o aparecimento de problemas nas canalizações e equipamentos (devido a corrosões ou formação de incrustações)⁵.

3.1.1. Problemas microbiológicos

As contaminações microbiológicas naturais, em qualquer tipo de água não desinfectada, dão origem a graves problemas de saúde pública. Os tipos de microrganismos existentes na água são de variadíssimas espécies, tal como já foi referido no capítulo anterior e por isso mais ou menos nocivos para o organismo humano.

3.1.2. Materiais em suspensão e/ou dissolvidos

Os materiais em suspensão existentes nas águas superficiais devem ser removidos através de processos físico-químicos, uma vez que, contribuem para a má qualidade de água⁶. De facto, qualquer consumidor minimamente exigente considera a água de má qualidade sempre que esta apresenta turvação.

3.2. Sistemas de tratamento de água

Se uma água apresentar um parâmetro acima ou abaixo do valor paramétrico diz-se água imprópria para consumo. No entanto, este problema pode ser ultrapassado se a água for tratada com equipamentos e/ou produtos químicos apropriados. Seguidamente apresentam-se algumas situações de tratamento de água.

3.2.1. Descalcificação

O objetivo da descalcificação é a remoção dos cátions cálcio e magnésio de uma água, já que como foi referido anteriormente são os principais responsáveis pela dureza apresentada pela água, assim como pela formação de calcário, causador de incrustações.

O equipamento utilizado para efetuar este tipo de tratamento é um descalcificador que é um filtro automático cujo meio filtrante é uma resina de permuta catiónica e podem-se instalar conjuntos de vários equipamentos, em série ou em paralelo¹³.

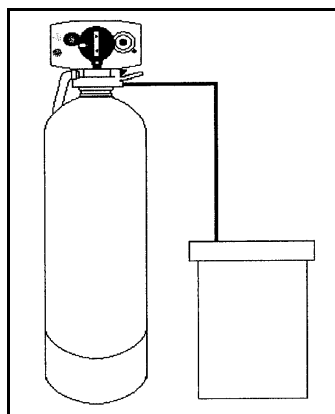


Figura 4: Esquema de Descalcificador

A resina de permuta iónica promove a permuta dos cátions metálicos bivalentes (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Fe^{2+} , Ba^{2+} , Zn^{2+}), existentes na água bruta na forma de sais dissolvidos $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$, $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$, CaSO_4 , MgSO_4 , CaCl_2 , MgCl_2 , pelos iões sódio que constituem os locais ativos da matriz da resina, originando uma água tratada rica em sais de sódio dissolvidos, NaHCO_3 , Na_2SO_4 , NaCl . Devido à permuta iónica a resina vai ficando progressivamente saturada deixando de existir posições livres para efetuar a permuta, sendo por isso necessário realizar a regeneração da resina com cloreto de sódio para que a resina volte a ficar operacional.

O emprego destes equipamentos está sujeito a algumas condições¹⁴, que por vezes se desconhecem:

- só podem trabalhar com uma concentração limite;
- a presença de materiais em suspensão, coloidais ou gorduras, diminui o tempo de vida dos materiais;
- oxidantes fortes como o cloro ou ozono afetam as resinas.

3.2.2- Desferrização

Nas águas superficiais o ferro e o manganês encontram-se, geralmente, no estado oxidado (Fe^{3+} e Mn^{4+}) e precipitado, por isso, a sua eliminação é feita pelos processos tradicionais de clarificação. Nas águas subterrâneas o facto de existirem na forma reduzida (Fe^{2+} e Mn^{2+}) e dissolvidos não permite a sua visualização, tornando as águas perfeitamente cristalinas. No entanto, algum tempo após a captação e o contacto com o ar, ocorre o aparecimento de uma coloração amarela na água, resultante da oxidação destes compostos¹³.

Para definir o tratamento de desferrização não chega conhecer o teor em ferro total de uma água, é fundamental conhecer as diferentes formas sob as quais este elemento (juntamente com o manganês) se apresenta, pelo que a sua eliminação embora sendo possível é por vezes muito complexa. A forma em que o ferro e o manganês se apresentam na água é função do pH e do potencial de oxidação-redução da água. Os diversos tratamentos de desferrização baseiam-se no princípio de que é possível passar de uma forma dissolvida a uma forma precipitada aumentando o potencial de oxidação e/ou o pH.

3.2.2.1. Filtração através de materiais especiais:

O equipamento utilizado para efetuar este tipo de tratamento é um desferrizador que é um filtro automático cujo meio filtrante é uma resina catalisadora especial que pode apresentar diferentes matrizes.

- **Greensand** (areia natural existente nos leitos dos rios, coberta de MnO_2): O processo consiste numa reação de oxidação-redução, ocorrendo deste modo uma permuta de eletrões, em que o Greensand funciona como um intermediário recetor de eletrões. Ocorre uma oxidação do Fe^{2+} e do Mn^{2+} por contacto com os óxidos de manganês (MnO_2) dos grânulos de Greensand e uma consequente precipitação e filtração do FeO_3 e MnO_2 formados, reduzindo-se o MnO_2 dos grânulos de Greensand a Mn_2O_3 . Este tratamento requer lavagem em contracorrente para remoção dos precipitados formados pelo Ferro e pelo Manganês presentes na água antes de ser tratada. É necessário, depois, proceder à regeneração da resina, para novamente restaurar a capacidade oxidativa da Resina.

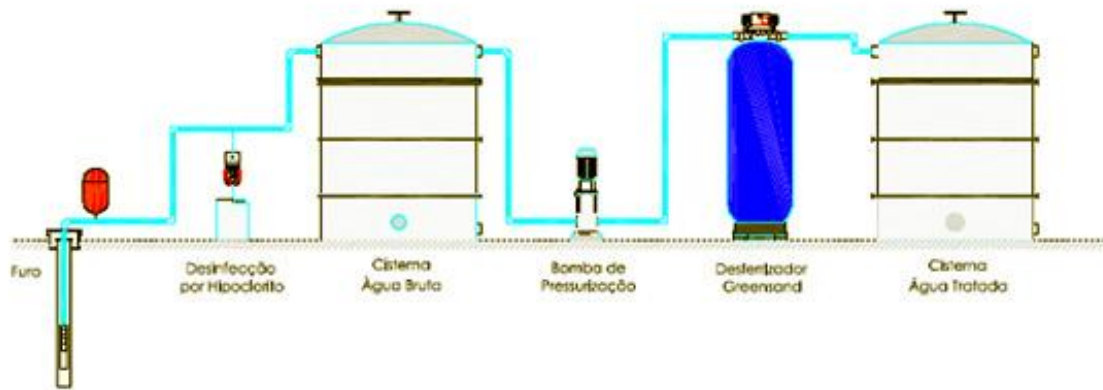


Figura 5: Esquema de desferriização com o meio filtrante Greensand

- **Birm:** ocorre uma catalisação (diminuição drástica do tempo de contacto necessário) da reação (oxidação) do oxigénio dissolvido com os compostos de ferro, através de um composto sintético, que não é mais do que uma areia que pode ser utilizada quer em filtros de pressão quer em gravíticos. Como não requer mais do que lavagens periódicas em contracorrente, os custos de exploração são muito reduzidos. As condições de operação¹⁴ requerem a existência de oxigénio dissolvido na água em quantidades suficientes, pH compreendido entre 6,8 e 8,5 e inexistência de cloro na água.

3.2.3. Dessalinização por osmose inversa

A dessalinização da água do mar por osmose inversa permite a eliminação de mais de 98,5% dos iões monovalentes, originando água potável num só passo de dessalinização, competindo com os procedimentos de destilação.

A osmose inversa é um processo, sob pressão, de filtração axial por membranas, por remoção de compostos em suspensão e por separação de substâncias de baixa massa molecular dissolvidas (compostos orgânicos e inorgânicos solubilizados, tais como sais minerais, microrganismos, entre outros)¹¹.

3.2.3.1. O princípio de separação

O princípio de separação através da membrana está baseado no seguinte:

- num recipiente separado em duas partes por uma membrana semi-permeável, de características adequadas, adiciona-se de um lado água pura e do outro lado uma solução concentrada;
- do lado da solução concentrada é exercida uma pressão (P_A) maior que a pressão exercida na água pura (P_B);
- esta diferença de pressões permite a difusão da água pura através da membrana e, como consequência da diluição da solução concentrada, a subida do nível da solução contendo sais até que a pressão desta compense o fluxo de água;
- no equilíbrio temos $P_A=P_B$ e o valor da pressão osmótica da solução (a força por unidade de área que é responsável pela passagem do solvente através da membrana), podendo ser medida pela diferença de pressão hidrostática nos dois ramos do recipiente (Δh). Pode entender-se como sendo a pressão adicional que é necessário exercer na solução para evitar a passagem do solvente através da membrana, ou ainda, como uma medida da concentração da solução¹¹.

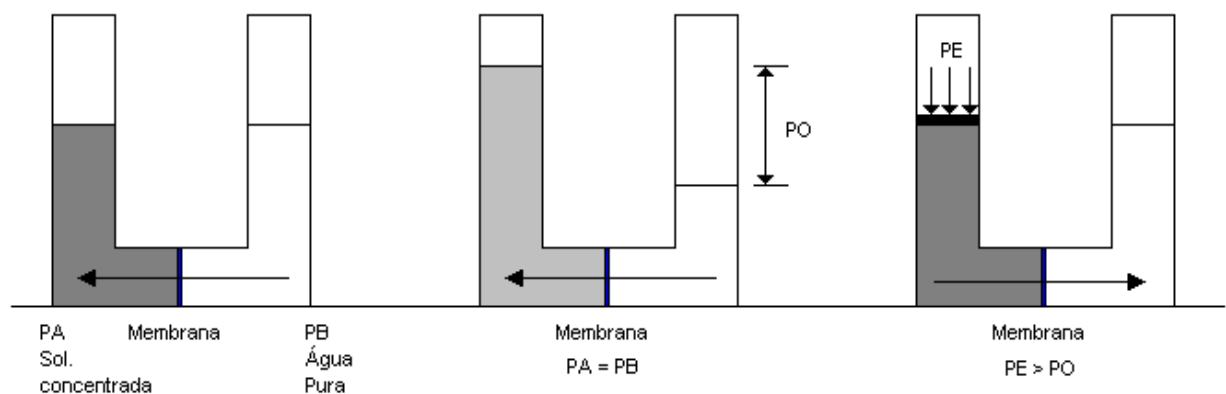


Figura 6: Esquema do processo de Osmose Inversa

O fenómeno é reversível porque se se aplicar uma pressão exterior superior à pressão osmótica sobre a solução que contém os sais, o sentido inverte-se e a água dirige-se para o compartimento da água pura. A maior parte dos sais dissolvidos é retida pela membrana e a solução vai ficando concentrada em sais.

Alimentando de forma contínua a parte que contém a solução concentrada e mantendo a pressão superior à osmótica, obtém-se uma difusão contínua através da membrana, recolhendo-se, por um lado uma água com um grau muito elevado de desmineralização (permeado) e, por outro, uma corrente de concentrado rica em soluto (concentrado).

O processo de osmose inversa promove a separação ou a retenção seletiva de solutos ionizáveis, sendo o tamanho das partículas tratadas menor que o tamanho do poro da membrana. São aceitáveis tamanhos entre 0,0001 a 0,001 μm ou pesos moleculares menores que 300¹¹.

3.2.3.2. Membranas

Uma membrana é uma interface que separa duas fases e restringe de forma controlada o transporte de espécies químicas ou partículas entre essas fases.

A permeabilidade está diretamente relacionada com a taxa de transporte de uma dada espécie através da membrana e a seletividade relaciona-se com a permeabilidade relativa dos componentes nas mesmas condições de operação.



Figura 7: Membrana de osmose inversa da máquina da Dessalinizadora de Porto Santo, Madeira

Os processos de separação de matérias dissolvidas, por meio de membranas semi-permeáveis (permeáveis à água e a certos solutos, mas impermeáveis a outros, assim como a todas as partículas) constituem a continuação dos processos clássicos de filtração, conduzindo assim a separações cada vez mais eficazes.

Os principais tipos de membranas são caracterizados, relativamente ao material em que são fabricadas¹¹:

- ✓ **PS** - membranas de polissulfona também chamadas membranas de água do mar, as quais, têm uma estrutura apertada, pelo que podem dessalinizar, numa só fase, soluções de várias dezenas de gramas de sal por litro.

- ✓ **CA** - membranas de acetato de celulose, adaptam-se a um caudal elevado por unidade de superfície e utilizam-se em forma tubular, em forma plana enrolada, em espiral e, mais recentemente, em forma de fibras ocas, resistem razoavelmente ao cloro mas apresentam o inconveniente de hidrolisarem, o que, embora não se podendo evitar, consegue-se reduzir ao mínimo, respeitando condições muito rigorosas de pH e temperatura.

- ✓ **PA** - membranas de poliamidas aromáticas, têm menor caudal específico e requerem significativamente menor pressão para a obtenção da mesma quantidade e qualidade de água tratada. Fabricam-se em forma de fibras ocas para se obter um máximo de superfície por unidade de volume (aproximadamente 15 vezes mais que as membranas enroladas em espiral), possuem excelente resistência aos agentes químicos e biológicos, o que lhes confere uma duração muito maior.

3.2.3.3. Instalações de osmose inversa

O equipamento standard consiste em estruturas de suporte metálico, com tubos em fibra de vidro designados de porta-membranas onde se encontram as membranas, uma bomba centrífuga multicelular e um filtro de microfiltração. No sistema estão ainda incluídos caudalímetros para o permeado e concentrado, e condutivímetros para controlo da qualidade da água produzida. Por último apresentam um sistema eléctrico controlado por PLC facilita a operação e a monitorização.



Figura 8: Máquina de Dessalinização da água do mar por Osmose Inversa de Porto Santo, Madeira

Para projetar um sistema de osmose inversa pode recorrer-se ao programa WINFLOWS-Osmonics¹⁶ (anexo 2) que ajuda a especificar o número de membranas necessárias para produzir o caudal de água tratada necessário aos fins a que se destina. A figura seguinte é um esquema de um sistema de osmose inversa com três membranas que produz 49 litros de água tratada, o cálculo foi realizado com o programa.

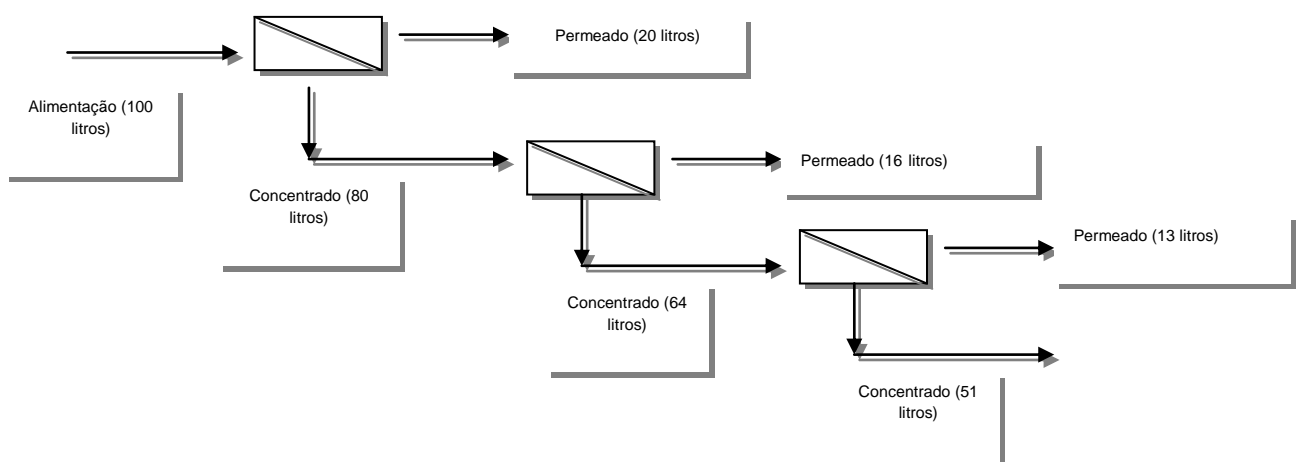


Figura 9: Esquema de sistema de osmose com três membranas

Capítulo 4

Atividades laboratoriais

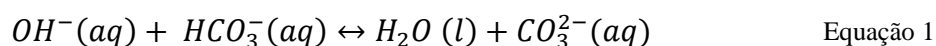
4.1. Determinação de alcalinidade a micro e a macroescala

4.1.1. Introdução

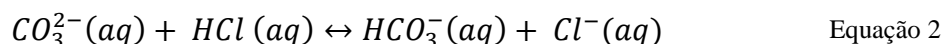
A alcalinidade de uma água pode ser classificada em simples e total⁹:

- Alcalinidade simples - corresponde ao teor em iões carbonato (CO_3^{2-}) e hidróxido (OH^-). Neste caso, o indicador usado é a fenolftaleína, cuja zona de viragem inclui o pH do 1.º ponto de viragem.
- Alcalinidade total - corresponde ao teor em iões carbonato (CO_3^{2-}) e hidróxido (OH^-) e hidrogenocarbonato (HCO_3^-). Neste caso, usa-se o azul de bromofenol, cuja zona de viragem inclui o pH do 2.º ponto de viragem.

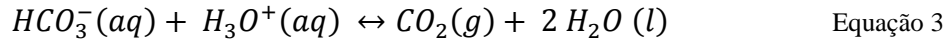
No entanto, há incompatibilidade na presença simultânea de iões hidróxido (base forte) e hidrogenocarbonato (partícula anfotérica), dado que reagem segundo a equação:



O que pode resultar numa solução que contem apenas ião carbonato ou o par conjugado. No início da titulação existe uma solução básica rosada pela fenolftaleína, ao adicionar ácido clorídrico até à viragem do indicador ocorre a transformação dos iões carbonato em hidrogenocarbonato:



Além dos iões hidrogenocarbonatos provenientes da transformação anterior, na solução, há ainda iões hidrogenocarbonato já existentes na água que são titulados na presença do azul de bromofenol, de acordo com a equação:



As águas naturais podem não apresentar coloração rósea pela adição de fenolftaleína pelo facto de terem uma concentração muito baixa de CO_3^{2-} , tendo neste caso valor nulo de alcalinidade pela fenolftaleína. As águas naturais podem muito raramente apresentar coloração alaranjada pela adição de alaranjado de metilo tendo neste caso valor nulo de alcalinidade pelo azul de bromofenol. A titulação pode ser traduzida graficamente pela curva representada na figura 10:

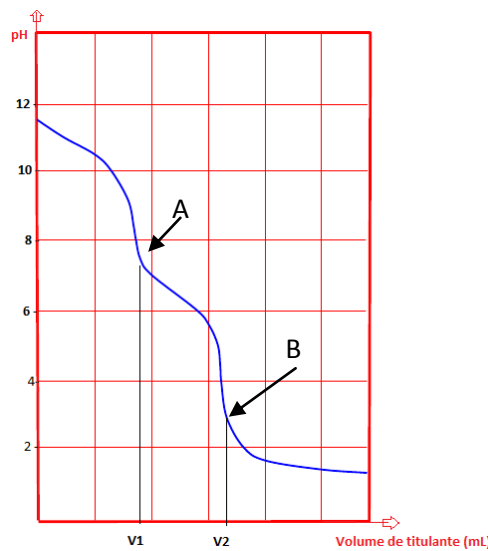


Figura 10: Variação do pH em função do volume de HCl adicionado

Até ao primeiro ponto de equivalência gasta-se um volume V_1 de titulante (HCl), correspondente às reações 1, 2. Desde o início do processo até à viragem do azul de bromofenol gasta-se um volume V_2 de titulante correspondente à reacção 3. A expressão (5) a seguir permite calcular a alcalinidade.

$$\text{Alcalinidade}_{(mgCaCO_3/l)} = \frac{[\text{HCl}] \times V_{\text{HCl}} \times M_{\text{CaCO}_3}}{V_{\text{água}}} \times 1000 \quad (5)$$

4.1.2. Objetivo

O objetivo desta atividade prática é determinar a alcalinidade à fenolftaleína e a alcalinidade total de uma água a macro e microescala e posteriormente comparar os resultados obtidos pelas duas técnicas

4.1.3. Segurança

A tabela de segurança apresenta-se no anexo 3.

4.1.4. Reagentes

- Água a analisar
- HCl 0,1 mol/dm³
- HCl 0,015 mol/dm³
- Solução alcoólica de fenolftaleína
- Indicador azul de bromofenol

4.1.5. Protocolo a microescala

a) Material

- Seringa 1,0 ml
- Erlenmeyer de 25 ml
- Pipeta volumétrica de 5,0 ml

b) Procedimento

b1) Determinação da alcalinidade pela fenolftaleína

1- Lavar e encher a seringa de 1,0 ml com solução de HCl 0,015 mol/dm³



Figura 11: Seringa de microescala

2- Medir 5 ml da água em estudo para o Erlenmeyer.

3- Adicionar 1 gota de fenolftaleína. Se a solução no Erlenmeyer ficar rosa adicionar da seringa, gota a gota, a solução titulante até se verificar o desaparecimento da cor. Se não ficar rosa significa que a alcalinidade à fenolftaleína é nula e não continuar (não realizar a titulação).

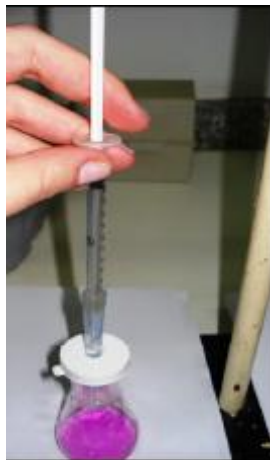


Figura 12: Titulação em microescala

4- Adicionar da seringa, gota a gota, a solução titulante até se verificar o desaparecimento da cor rosa.



Figura 13: Ponto final da titulação em microescala

b2) Determinação da alcalinidade total

- 1- Lavar e encher a seringa com solução de HCl 0,015 mol/dm³.
- 2- Medir 5 ml da água em estudo para o Erlenmeyer.
- 3- Adicionar 1 gota do indicador azul de bromofenol. A solução no Erlenmeyer fica azul.



Figura 14: Volumetria ácido-base em micro e macroescala

- 4- Adicionar da seringa gota a gota, a solução titulante. O final da reação é detectado pela viragem da cor do indicador de azul para incolor.



Figura 15: Ponto final da Volumetria ácido-base em micro e macroescala

4.1.6. Protocolo a macroescala

a) Material

- Bureta 50 ml
- Erlenmeyer de 250 ml
- Pipeta volumétrica de 100,0 ml

b) Procedimento

b1) Determinação da alcalinidade pela fenolftaleína

1. Colocar a bureta no suporte universal e lavar esta com água desionizada;
2. Lavar e encher a bureta com solução de HCl 0,1 mol/dm³;
3. Medir 100 ml da água em estudo para o Erlenmeyer;
4. Adicionar 10 gotas de fenolftaleína. Se a solução no Erlenmeyer ficar rosa adicionar da bureta, gota a gota, a solução titulante até se verificar o desaparecimento da cor. Se não ficar rosa significa que a alcalinidade à fenolftaleína é nula e não continuar (não realizar a titulação).



Figura 16: Volumetria ácido-base em macroescala

b2) Determinação da alcalinidade total

1. Colocar a bureta no suporte universal e lavar com água desionizada;
2. Lavar e encher a bureta com solução de HCl 0,1 mol/dm³;
3. Medir 100 ml da água em estudo e colocar no Erlenmeyer;
4. Adicionar 5 gotas do indicador Azul de bromofenol;
5. Adicionar da bureta, gota a gota, a solução titulante. O final da reação é detectado pela viragem da cor do indicador de azul para incolor.

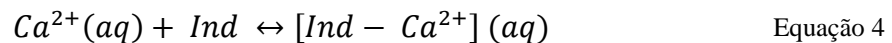
4.2. Determinação da dureza a micro e a macroescala

4.2.1. Introdução

A dureza de uma água é dada essencialmente pela presença dos iões Ca^{2+} e Mg^{2+} , podendo no entanto estar também presente o Fe^{3+} e Si^{4+} . O método envolvido é uma volumetria de complexação, cujo agente titulante é o EDTA. Os valores paramétricos de dureza de águas expressos em mg de CaCO_3 por litro de água analisada são⁹:

- Macia 0 - 75
- Pouco dura 75 - 150
- Dura 150 - 300
- Muito dura > 300

As reacções químicas envolvidas são:



A expressão (6) a seguir permite calcular a alcalinidade.

$$\text{Dureza Total}_{(\text{mg CaCO}_3/\text{l})} = \frac{[\text{EDTA}] \times V_{\text{EDTA}} \times M_{\text{CaCO}_3}}{V_{\text{água}}} \times 1000 \quad (6)$$

4.2.2. Objetivo

O objetivo desta actividade prática é determinar a dureza total de uma água a macro e microescala e posteriormente comparar os resultados obtidos pelas duas técnicas.

4.2.3. Segurança

A tabela de segurança apresenta-se no anexo 3.

4.2.4. Reagentes

- Águas a analisar;
- Água desionizada;
- Cloreto de amônio;
- Solução de amoníaco concentrado;
- EDTA 0,100 mol/dm³;
- EDTA 0,015 mol/dm³;
- Indicador Calmagite.

4.2.5. Protocolo a microescala

a) Material

- Erlenmeyer de 25 ml;
- Seringa de 1,0 ml;
- Pipeta volumétrica de 5,0 ml;
- Gobelé 200 ml;
- Proveta 150 ml;
- Balão volumétrico de 250 ml.

b) Procedimento

- 1- Lavar e encher a seringa com solução de EDTA 0,0150 mol/dm³.
- 2- Medir 5 mL da água em estudo para o Erlenmeyer.
- 3- Adicionar 5 gotas da solução tampão pH 10* e 1 gota de indicador Calmagite. A solução fica rosa.



Figura 17: Volumetria de complexação a microescala

4- Adicionar da seringa, gota a gota, a solução titulante até a viragem do indicador de rosa para azul.



Figura 18: Ponto final da volumetria de complexação a microescala

***Preparação da solução tampão de pH 10**

Num gobelé de 200 ml adicionar 17,5 g de NH_4Cl , pesados previamente numa balança analítica, e 142 ml de amoníaco concentrado, medidos com a ajuda de uma proveta. Transferir a solução resultante para um balão volumétrico de 250,0 ml e perfazer o volume com água desionizada.

4.2.6. Protocolo a macroescala

a) Material

- Bureta de 50 ml
- Erlenmeyer de 250 ml
- Pipeta volumétrica de 100,0 ml

b) Procedimento

- 1- Colocar a bureta no suporte universal e lavou-se com água desionizada.
- 2- Lavar e encher a bureta com solução de EDTA $0,100 \text{ mol/dm}^3$.
- 3- Medir 100 ml da água em estudo para o Erlenmeyer.
- 4- Adicionar 3 ml da solução tampão pH 10* e 5 gotas do indicador Calmagite. A solução adquire a cor rosa.



Figura 19: Ponto final de volumetria de complexação a macroescala

5- Adicionar da bureta, gota a gota, a solução titulante até viragem do indicador de rosa para azul.



Figura 20: Ponto final de volumetria de complexação a microescala e a macroescala

4.3. Caso de estudo

Para avaliar as diferenças na determinação da alcalinidade à fenolftaleína, alcalinidade total e a dureza total de macroescala para microescala foi realizado um caso estudo recorrendo a análises de uma amostra de água, repetido vários ensaios ao longo de três dias de forma a verificar a repetibilidade e reprodutibilidade dos resultados.

As análises foram realizadas segundo os procedimentos descritos nos pontos anteriores deste capítulo.

4.3.1. Registo de resultados

Os resultados obtidos para as análises de alcalinidade e dureza da amostra de água em estudo estão registados na tabela 2.

Tabela 2: Registo de Resultados das análises de uma amostra de água para os parâmetros alcalinidade à fenolftaleína.

Amostra: água da rede de uma habitação num condomínio fechado numa zona habitacional em Sintra

Alcalinidade Fenolftaleína

MACROESCALA					MICROESCALA				
V titulado = 100,0 ml [HCl] = 0,1 mol/dm ³ Indicador: Fenolftaleína					V titulado = 5,0 ml [HCl] = 0,015 mol/dm ³ Indicador: Fenolftaleína				
Dia	Ensaio	V (HCl) ml	Alcalinidade mg/L (CaCO ₃)	Média mg/L (CaCO ₃)	Dia	Ensaio	V (HCl) ml	Alcalinidade mg/L (CaCO ₃)	Média mg/L (CaCO ₃)
1	1	1,98	1,98	204	1	1	0,50	150	144
	2	2,05	205			2	0,49	147	
	3	2,10	210			3	0,45	135	
2	1	2,15	215	211	2	1	0,51	153	156
	2	2,10	210			2	0,50	150	
	3	2,08	218			3	0,55	165	
3	1	2,05	205	201	3	1	0,55	165	170
	2	2,01	201			2	0,57	171	
	3	1,97	197			3	0,58	174	
TOTAL				205	TOTAL				157

Alcalinidade Total

MACROESCALA					MICROESCALA				
V titulado = 100,0 ml					V titulado = 5,0 ml				
[HCl] = 0,1 mol/dm ³					[HCl] = 0,015 mol/dm ³				
Indicador: Azul Bromofenol					Indicador: Azul Bromofenol				
Dia	Ensaio	V (HCl) ml	Alcalinidade mg/L (CaCO ₃)	Média mg/L (CaCO ₃)	Dia	Ensaio	V (HCl) ml	Alcalinidade mg/L (CaCO ₃)	Média mg/L (CaCO ₃)
1	1	4,25	425	419	1	1	1,22	366	367
	2	4,15	415			2	1,25	375	
	3	4,18	418			3	1,20	360	
2	1	4,20	420	421	2	1	1,18	354	357
	2	4,17	417			2	1,19	357	
	3	4,25	425			3	1,20	360	
3	1	4,10	410	413	3	1	1,08	324	335
	2	4,13	413			2	1,12	336	
	3	4,16	416			3	1,15	345	
TOTAL				418	TOTAL				353

Dureza Total

MACROESCALA					MICROESCALA				
V titulado = 100,0 ml					V titulado = 5,0 ml				
[EDTA] = 0,1 mol/dm ³					[EDTA] = 0,015 mol/dm ³				
Indicador: Calmagite					Indicador: Calmagite				
Dia	Ensaio	V (EDTA) ml	Dureza mg/L (CaCO ₃)	Média mg/L (CaCO ₃)	Dia	Ensaio	V (EDTA) ml	Dureza mg/L (CaCO ₃)	Média mg/L (CaCO ₃)
1	1	5,80	580	578	1	1	1,48	444	454
	2	5,77	577			2	1,50	450	
	3	5,78	578			3	1,56	468	
2	1	5,79	579	578	2	1	1,60	480	467
	2	5,80	580			2	1,52	456	
	3	5,75	575			3	1,55	465	
3	1	5,82	582	582	3	1	1,50	450	443
	2	5,80	580			2	1,48	444	
	3	5,85	585			3	1,45	435	
TOTAL				580	TOTAL				455

4.3.2. Discussão de resultados e principais conclusões

Através dos resultados obtidos para alcalinidade e dureza da amostra de água a macro e microescala, é possível verificar que se conseguem obter resultados semelhantes. As diferenças obtidas devem-se sobretudo à dificuldade de manusear o equipamento em microescala, devido à sua dimensão reduzida e ao facto do material de microescala utilizado ser bastante rudimentar.

Conclusão

Com este trabalho aprofundam-se alguns conceitos importantes inerentes à qualidade e tratamento de águas, que podem contribuir para o desenvolvimento de comportamentos e atitudes sustentáveis. Por outro lado, atendendo à abordagem seguida, inseriu-se numa perspectiva CTS.

Através do caso de estudo mostrou-se que o procedimento a microescala é uma boa alternativa à técnica a macroescala que se pratica nas escolas secundárias, pois trata-se de uma forma muito simples de sensibilizar os alunos para a poupança de reagentes e reduzir os perigos inerentes às atividades laboratoriais. A diminuição das quantidades de reagentes envolvidas leva a uma menor produção de resíduos o que, se considerarmos o conjunto das escolas do país, terá um valor significativo, contribuindo também para a sensibilização dos alunos e professores para a Química Verde e os seus princípios.

Bibliografia

1. A.A.S.C. Machado, A água na Terra (II): A Água e o corpo humano, *Revista Industria da água*, 27, 7-12, 1994.
2. A.A.S.C. Machado, A água e a Biosfera (V): O passado e o futuro do Ciclo da Água, *Revista Industria da água*, 20, 7-12, 1996.
3. A.A.S.C. Machado, A água e a Biosfera (I): O ciclo bioquímico da água, *Revista Industria da água*, 20, 7-13, 1996.
4. A.A.S.C. Machado, A água na Terra (I): A importância da água no funcionamento do planeta, *Revista Industria da água*, 10, 7-13, 1994.
5. C.A. Richter, J. A. Netto, Tratamento de água, Edgar Blucher, Lda., 5ª edição: São Paulo, 2003
6. Decreto-Lei nº 236/1998 de 1 de Agosto publicado em Diário da República — I Série -A nº 176, 3676.
7. Decreto-Lei nº 241/2001 de 5 de Setembro publicado em Diário da República — I Série -A, nº 206, 5754.
8. Decreto-Lei nº 306/2007 de 27 de Agosto publicado em Diário da República — I Série -A, nº 164, 5747.
9. L. S. Clesceri, A. E. Greenberg, A. D. Eaton, Standard Methods – For the examination of water and wastewater, 20th Edition: APHA American Public Health Association: Washington, 1998.
10. Norma ISO 7150-1:1984 Water quality -Determination of ammonium - Part 1: Manual spectrometric method, 1984.
11. Osmonics, Pure water handbook, 2th Edition: Minnetonka, 1997.
12. Norma Portuguesa 731:1969 Determinação da Oxidabilidade, 1969.
13. M.J.M. Hammer, Water and Wastewater technology, 2th Edition, Prentice Hall: New Jersey, 1998.
14. G., Tchobanoglow, F. Burton, Wastewater Engineering: Treatment Disposal Reuse, 3th Edition, McGraw-Hill: New York, 1978.
15. Winflows Membrane System Design Software, GE Water & Process Technologies. <http://www.ptf.com/download/winflows/349582>, consultado em 12 de Abril de 2012.
16. www.sigma-aldricha.com, consultado em 9 de Maio de 2012.

Anexos

Tipo de Amostra:

Água Consumo Humano

Origem da Amostra

Rede pública

Colheita realizada por:

Cliente

Referência:

[Redacted]

Colheita: 11-09-2009 Recepção: 11-09-2009 Início dos ensaios: 11-09-2009 Fim dos ensaios: 16-09-2009

Parâmetros Microbiológicos	Valor	Unidades	VP	Método de ensaio	Técnica analítica
¹ Clostridium perfringens	0	ufc/100ml	0	HPA W5: 03-05-2005	Filtração por membrana
¹ Bactérias Coliformes	0	ufc/100ml	0	Método Interno (FAM01 de 25-09-2009)	Filtração por membrana
¹ Nº de colónias a 22°C	0	ufc/ml	---	ISO 6222:1999	Incorporação
¹ Nº de colónias a 37°C	10	ufc/ml	---	ISO 6222:1999	Incorporação
¹ Enterococos	0	ufc/100ml	0	ISO 7899-2:2000	Filtração por membrana
¹ Escherichia coli	0	ufc/100ml	0	Método Interno (FAM01 de 25-09-2009)	Filtração por membrana
Parâmetros Físico-Químicos	Valor	Unidades	VP	Método de ensaio	Técnica analítica
Alcalinidade	5,8	mg/L	---	Standard Methods 2320 B	Titulometria
¹ Azoto Amoniacal	<0,08 (Lq)	mg/L	0,5	ISO 7150-1:1984	EAM
Cloretos	7,21	mg/L	250	Standard Methods 4110 C	HPLC
¹ Condutividade a 20°C	147	uS/cm	2500	Standard Methods 2510 B	Condutimetro
Dureza Total	80	mg/L	---	Standard Methods 2340 C	Titulometria
Ferro Total	<14,0 (Lq)	ug/L	200	Standard Methods 3500 B	EAA - chama
Manganês	1,4	ug/L	50	Standard Methods 3500 B	EAA - grafite
Nitratos	4,0	mg/L	50	Standard Methods 4110 C	HPLC
¹ Nitritos	<0,006 (Lq)	mg/L	0,5	Standard Methods 4500 B	EAM
Oxidabilidade	1,3	mg/L	5	NP 731:1999	Titulometria
¹ pH	7,5	Escala Sorensen	6,5 - 9	Standard Methods 4500 B	Potenciometria
Temperatura de leitura de pH	19	°C	---	---	Termometria

Data de emissão: 16/09/2009

O Director do Laboratório:

(Dr. Hugo Pimenta do Vale)

Notas:¹ Ensaio acreditado² O ensaio assinalado foi subcontratado e não é acreditado.³ O ensaio assinalado foi subcontratado e é acreditado.

VP - Valor Paramétrico

ufc - unidade formadora de colónias

Lq - Limite de quantificação

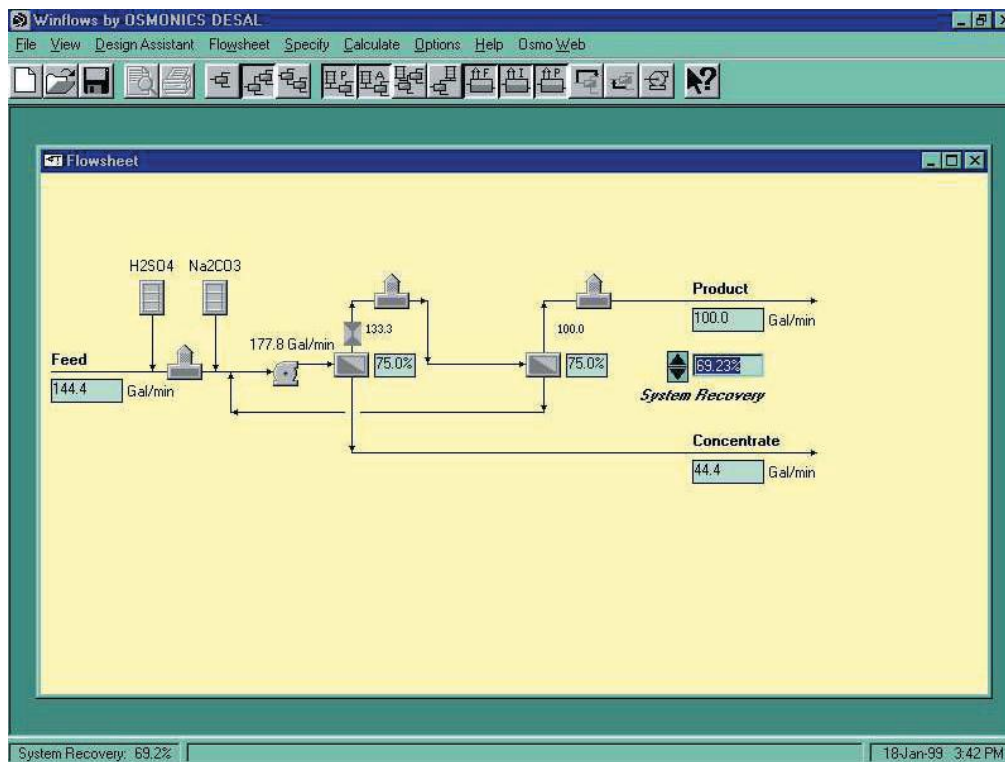
Este relatório só pode ser reproduzido na íntegra. Os resultados de ensaio referem-se exclusivamente à amostra ensaiada. A amostragem não se encontra incluída no âmbito da acreditação.

IMP041

Pág. 1/2

 Rua Dr. Anibal Araújo 395 - Bloco B loja 4 - 4750-109 Arcozelo - Barcelos
 Telf: 253 818 610/1 - Fax: 253 818 612 - Email:pimentavalelab@iol.pt
PDF Created with deskPDF PDF Writer - Trial :: <http://www.docudesk.com>

O software WINFLOWS- OSMONICS ¹⁶ a partir do qual é possível dimensionar equipamentos de dessalinização por osmose inversa.



The 'Feed Specification' dialog box provides detailed chemical analysis of the feed water. It includes the following data:

CATIONS				ANIONS			
	mg/L	mEq/L	as CaCO ₃		mg/L	mEq/L	as CaCO ₃
Barium	0.05	0.0007	0.04	Chloride	810.00	22.8491	1143.48
Calcium	150.00	7.4850	374.59	Fluoride	1.00	0.0526	2.63
Iron	1.00	0.0358	1.79	Bicarbonate	175.00	2.8684	143.55
Potassium	10.00	0.2558	12.80	Nitrate	5.00	0.0806	4.04
Magnesium	25.00	2.0572	102.95	Sulfate	750.00	15.6152	781.46
Manganese	0.10	0.0036	0.18	Phosphate	1.00	0.0316	1.58
Sodium	750.00	32.6229	1632.61	Silica	50.00	0.8322	41.65
Ammonium	2.00	0.1109	5.55	Carbonate	0.57	0.0190	0.95
Strontium	0.10	0.0023	0.11	Carbon Dioxide	10.20	0.0000	0.00
TOTALS	938.25	42.5742	2130.63	TOTALS	1802.77	41.5165	2077.69

Saturation Data		
BaSO ₄	481.4%	Percent
CaF ₂	0.1%	Percent
CaSO ₄	15.5%	Percent
SiO ₂	40.0%	Percent
SiSO ₄	0.6%	Percent
LSI	0.18	

Water Analysis	
Total Dissolved Solids	2730.82
pH	7.00
Temperature	77.0 Deg F
Fouling Allowance	0.90
SDI	5.00

The screenshot shows a software window titled "WinFlows by DSMONICS DESAL". Below the title bar is a menu bar with options: File, View, Design Assistant, Flowsheet, Specify, Calculate, Options, Help, and Osmo Web. A toolbar with various icons is located below the menu bar. The main content area displays "WinFlows Online Help" with a sub-menu bar (File, Edit, Bookmark, Options, Help) and navigation buttons (Contents, Search, Back, Print, Index, <<, >>). The main text area contains the following information:

DESAL[®]
MEMBRANE PRODUCTS

Model AG4040F
A-SERIES
Brackish Water

Element Specifications

Model:	AG4040F
Permeate flow:	2,350 GPD (8.88 m3/d)
NaCl rejection:	99.5% average (99.0% minimum)
Active membrane area:	90 ft2 (8.36 m2)






Based on a 2,000 mg/L NaCl solution at 225 psig (1,551 kPa) operating pressure, 77°F (25°C), pH 7.5, 15% recovery, after 24 hours. Individual element flow may vary 15%.

Design Parameters





Maximum pressure:	600 psig (4,137 kPa)
Maximum temperature:	122 °F (50 °C)
pH for optimum rejection:	6.5 - 7.5
Operating:	4.0 - 11.0
Cleaning:	2.0 - 11.5
Feed NTU:	< 1
Feed SDI:	< 5
Chlorine tolerance:	1,000 ppm-hours
	Dechlorination recommended
Maximum Delta P:	10 psig (69 kPa) per element
	60 psig (414 kPa) per vessel

System Recovery: 75.0% | 18-Jan-99 3:37 PM

Classificação de acordo com a diretiva Europeia 67/548/CEE¹⁷:

Substância	CAS	Simbologia de Perigo	Frases de Risco	Frases de Segurança
Ácido Clorídrico (Solução 0,1 mol/dm ³)	–	–	–	–
Ácido Clorídrico (Solução 0,015 mol/dm ³)	–	–	–	–
Água desionizada	–	–	–	–
Amoníaco (solução concentrada)	7664-41-7	 	R10, R23, R34 e R50	S 9, S16, S26, S36/37/39, S45 e S61
Azul de Bromofenol (indicador ácido-base)	115-39-39	–	–	–
Cloreto de amónio (p.a.)	12125-02-9		R22 e R36	S22
Calmagite (indicador de volumetria de complexação)	3147-14-6		R36/37/38	S26 e S36
EDTA (Solução 0,100 mol/dm ³)	–	–	–	–
EDTA (Solução 0,015 mol/dm ³)	–	–	–	–
Fenolftaleína (indicador ácido-base)	77-09-8		R45; R62 e R68	S53 e S45

Classificação de acordo com o regulamento CE 1272/2008 [UE-GHS/CLP]¹⁷:

Substância	CAS	Pictograma	Declaração de Perigo	Declaração de Precaução
Ácido Clorídrico (Solução 0,1 mol/dm ³)	–	–	–	–
Ácido Clorídrico (Solução 0,015 mol/dm ³)	–	–	–	–
Água desionizada	–	–	–	–
Amoníaco (solução concentrada)	7664-41-7		H221, H280, H314, H331 e H400	P210, P261, P273, P280, P305 + P351 + P338 e P310
Azul de Bromofenol (indicador ácido-base)	115-39-39	–	–	–
Cloreto de amónio (p.a.)	12125-02-9		H302 e H319	P305 + P351 + P338
Calmagite (indicador de volumetria de complexação)	3147-14-6		H315, H319 e H335	P261 e P305 + P351 + P338
EDTA (Solução 0,100 mol/dm ³)	–	–	–	–
EDTA (Solução 0,015 mol/dm ³)	–	–	–	–
Fenolftaleína (indicador ácido-base)	77-09-8		H341, H350 e H361	P201, P281 e P308 + P313