

Produção de Sal



Mestrado Integrado em Engenharia

Química

Outubro 2012

Relatório do Projeto FEUP

Produção de Sal

Q1Q1_03

Alexandra Mendes

Ana Isabel Duarte

Ana Rita Ambrósio

Jéssica Dos Santos

Maria Salomé Macedo

Pedro Torres

Sara Almeida

Sofia Lopes

Monitor Guilherme Leite

Supervisor Prof. Fernando Rocha

Mestrado Integrado em Engenharia Química

Outubro 2012

Resumo

Acredita-se que o cloreto de sódio, conhecido vulgarmente por sal, começou a ser extraído por povoações costeiras na idade do bronze, apesar de se admitir que o seu uso data de tempos mais antigos. Por ser um produto escasso era inclusivamente usado como moeda de troca por algumas civilizações.

A produção salina divide-se essencialmente em duas categorias: a forma tradicional – uso de salinas – e a forma industrial. Esta última baseia-se em cristalizar os sais dissolvidos na água do mar através de evaporadores industriais. No entanto, a exploração mineira também desempenha um papel importante na produção de sal, pois este encontra-se sob a forma de halite ou sal-gema debaixo da superfície terrestre. O sal tradicional é superior ao sal industrial em muitos aspetos, tais como o sabor e os nutrientes contidos, o que se torna positivo para Portugal, um grande produtor de sal tradicional.

Com o aumento da procura de sal para fins industriais, a produção de sal tem vindo a aumentar à escala global, sendo que em alguns países, como a China, a produção de sal registou um aumento de quase 100% na última década. Este desenvolvimento da produção é de grande importância para o desenvolvimento económico do país, pois impulsiona tecnologias que fazem essa produção mais económica e mais rentável.

- Palavras-chave: sal, cloreto de sódio, cloro, sódio, salinas, indústria química

Agradecimentos

Gostaríamos de agradecer ao nosso supervisor, Prof. Dr. Fernando Rocha e ao nosso monitor, Guilherme Leite que nos incentivaram e apresentaram um novo mundo: o mundo da investigação, da pesquisa, da procura, com rigor e utilidade.

Agradecemos-lhes por todo o apoio e disponibilidade ao longo da realização do trabalho.

Índice

| | |
|---|-----|
| Resumo..... | iii |
| Agradecimentos | iv |
| Introdução | 2 |
| 1. Propriedades do sal | 3 |
| 2. História do sal | 4 |
| 2.1. No mundo..... | 4 |
| 2.2. Em Portugal | 4 |
| 3. Aplicações do sal | 6 |
| 4. Processos de produção | 7 |
| 4.1 Produção de Sal de modo tradicional..... | 7 |
| 4.2 Produção de sal de modo industrial..... | 9 |
| 4.3 Vantagens do sal produzido pelo método tradicional relativamente ao sal produzido pelo método industrial | 13 |
| 5. Produção Mundial | 14 |
| 6. Importância económica e social do sal | 16 |
| 7. Saúde e Ambiente | 17 |
| 7.1 Efeitos na saúde | 17 |
| 7.2 Efeitos no ambiente | 22 |
| Conclusão | 23 |
| Bibliografia | 24 |

Introdução

Historicamente o NaCl (cloreto de sódio), ou apenas sal, estaria diretamente ligado à etimologia da palavra salário, que deriva do latim *salarium argentum*, que significa “pagamento em sal”. Na época, os soldados romanos eram remunerados por uma iguaria muito cara, que podia ser trocada por bens diversos - o sal. Além disso, esta substância servia como um importante e quase insubstituível conservante alimentar. Atualmente, o NaCl é obtido da água do mar, onde está presente em concentração média de 26g/L.

O sal é constituído por dois elementos químicos, o sódio e o cloro: cerca de 40% da composição total é sódio (Na) e os restantes 60% cloro (Cl). Apresenta-se sob a forma de cristais brancos, com granulação uniforme, inodoro e com sabor salino próprio (Tarasautchi, 2008). É um mineral importante para o corpo humano, desde que administrado de forma correta e em quantidade ponderada, de modo a manter a pressão sanguínea e o volume de sangue no organismo, entre outras funções principais.

O sal ingerido em excesso, pode ser proveniente do sal adicionado a cozinhar, sendo utilizado como um condimento – aumenta o paladar – ou resultar dos alimentos processados, onde pode também funcionar como conservante. “É importante saber que o organismo humano pode começar a gerar doenças quando a adição de sal diária ultrapassa apenas três gramas” (Peres, 1994). Em Portugal, estima-se também que o consumo de sal seja o dobro da média europeia, razão que contribui para explicar o facto de se verificar no país, a maior taxa de incidência de AVC (acidente vascular cerebral) da Europa.

A costa atlântica da Península Ibérica é desde longa data conhecida pela produção de sal, sendo uma das atividades mais antigas do território português, devido às ótimas condições geográficas e climatéricas - ventos dominantes fortes e quentes durante uma parte do ano e verões de temperaturas elevadas e constantes.

A produção de sal pode seguir dois métodos: a produção industrial que engloba processos químicos, tecnologia de ponta e trabalhadores altamente especializados e a produção tradicional que segue práticas seculares que se baseiam no trabalho mecânico humano e em procedimentos que foram passando de geração em geração.

(Silva 2011)

1. Propriedades do sal

O cloreto de sódio existe na natureza sob a forma cristalina cúbica. No seu estado puro apresenta 60.663% de cloro e 39.337% de sódio. Este, quando produzido para fins comerciais, pode existir na forma de cristais discretos de vários tamanhos. Dependendo do fim para que vai ser utilizado, o sal pode ter cor branca, cinzenta, avermelhada e acastanhada. Essa cor depende das impurezas presentes, dentro ou fora dos cristais. Para aplicações industriais, o cloreto de sódio deverá ser 100% puro, enquanto para aplicações domésticas e culinárias poderá ter algumas impurezas. (Kaupp 2000)

O sal é solúvel em solventes polares e insolúvel em solventes apolares. Uma solução aquosa pura de cloreto de sódio tem pH 7. A tabela 1 sintetiza as propriedades fundamentais do cloreto de sódio.

Tabela 1 – Propriedades do sal (Kaupp 2000)

| Propriedades | Valor |
|------------------------------|--------------|
| Massa molecular, g/mol | 58.44 |
| Forma cristalina | Cúbica |
| Cor | Translúcido |
| Índice de refração | 1.5442 |
| Densidade, g/cm ³ | 2.165 |
| Ponto de fusão, °C | 801 |
| Ponto de ebulição, °C | 1413 |
| Dureza, escala de Mohs | 2.5 |
| Capacidade térmica, J/(gK) | 0.853 |
| Calor de fusão, J/g | 517.1 |

2. História do sal

2.1. No mundo

Acredita-se que o sal tenha começado a ser usado há cerca de 5 mil anos, tendo-se destacado em países como a Babilónia, o Egipto (Fig.1), a China e em civilizações pré-colombianas. (Norsal 2012b) Já nas sociedades primitivas da Europa, a sua extração ocorreu na idade do bronze no entanto, o seu uso era restringido às populações costeiras. As reservas sujeitavam-se a períodos de escassez, determinados por condições climáticas adversas e por períodos de elevação do nível do mar, dificultando o seu acesso.



Fig. 1 - Egípcios a salgar pássaros para conserva
(http://www.norsal.com.br/img/img_sal/egipsios.gif)

O sal era considerado um produto escasso e precioso, sendo vendido a peso de ouro. Em diversas ocasiões, foi usado como moeda para compras e vendas. De entre os exemplos históricos mais antigos, o mais conhecido nomeia o costume romano de pagar em sal parte da remuneração dos soldados, o que deu origem à palavra salário.

Apesar da existência e do domínio do sal, os produtos perecíveis não recebiam um tratamento adequado para conserva.

A existência da defumação (procedimento tradicional de conservação dos alimentos feito em fogão a lenha) como método de conserva, não era suficientemente eficaz e porventura, a salga oferecia uma novidade: alterava o pH, inviabilizando o crescimento de microrganismos nos alimentos. (Norsal 2012b)

2.2. Em Portugal

O mais antigo documento conhecido sobre o sal português está datado no ano de 959 e descreve uma doação de terras e salinas de Aveiro, feita pela condessa Mumadona ao Mosteiro de Guimarães.

O avanço das metodologias da exploração do sal em Portugal durante a ocupação territorial Romana (séc. III) confirma-se através da existência de “salgadeiras”

(tanques de argamassa rija com 3 metros de comprimento e 1,5 metros de largura e de altura) bem estruturadas e que ainda hoje se encontram operacionais, como por exemplo na região do Algarve, perto de Portimão. (Norsal 2012b)

Já no reinado de D. João I (séc. XIV), a quantidade de sal produzida era tanta que o governo facilitava a exportação para o estrangeiro, como medida de grande proveito económico. No reinado de D. Afonso Henriques (1178), sal das margens do Mondego já era explorado.

Outrora, noutras regiões do Norte também se produzira sal, como por exemplo no Porto (séc. III), em Vila do Conde e Matosinhos (séc. XI) e em Caminha (séc. XVIII). Hoje em dia, nenhuma destas salgadeiras está ativa.

Entre os países que mais consumiram sal português, evidencia-se a Holanda, a Dinamarca, a Noruega, a França, a Suécia e o Reino Unido.

O sal português foi sempre considerado de melhor qualidade, tanto em Portugal como no estrangeiro, e assim, era um artigo privilegiado, dispensado de qualquer imposto e de portagens.

Graças à sua qualidade, era vendido a preços superiores ao do produzido nas minas da Europa Central, o que trouxe grandes contributos económicos a nível nacional. Com o sal das salinas de Setúbal, Portugal pagou à Holanda 4.000.000 cruzados, de acordo com o Tratado de 1669, pondo fim ao conflito entre estes dois países, libertando o Brasil da ocupação Holandesa (Rau V., 1958).

Portugal possuía várias salinas (Fig.2) e, por isso, tratou de exportar o seu sal para as colónias, proibindo não só a extração local, como o aproveitamento das salinas naturais. Desta forma, os brasileiros, que tinham acesso a sal gratuito e abundante, foram obrigados, no ano de 1655, a consumir o produto caro da metrópole.

No ano de 1808, a sede do império português foi transferida para o Rio de Janeiro por D. João VI, quando foi ameaçado por Napoleão. Assim, a extração e o comércio de sal foram permitidos dentro do reino, mas persistia, ainda, a importação.



Fig.2 – Salina na Figueira da Foz (<http://galeria.blogs.sapo.pt/arquivo/SalinasFigueiraDaFoz.jpg>)

3. Aplicações do sal

No final do século XIX e no início do século XX, o sal era essencialmente usado como tempero ou como produto medicinal. Mais tarde, foi integrado no grupo das matérias-primas fundamentais para a indústria química e têxtil.

Atualmente, o sal apresenta as mais diversas aplicações fundamentais para o desenvolvimento da sociedade, entre as quais: a produção de cloro, de soda cáustica, de hidróxido de sódio, de vidro, de plásticos, de borrachas e de outras dezenas de produtos das indústrias químicas, metalúrgicas e alimentares. Assim sendo, é fundamental modificar a ideia de que o uso do sal é exclusivo à culinária e destacar a sua importância na indústria, por exemplo, na manufatura de papel e na produção de sabão e de detergentes. Nos Estados Unidos da América, no Canadá e na Europa, durante o Inverno, as populações usam grandes quantidades de sal para “limpar o gelo” das estradas. Devido às suas características, o sal diminui o ponto de fusão da solução, o que facilita o degelo da neve.

A indústria química é o maior consumidor de sal, chegando a gastar 60% da produção total. Para além disso, cerca de 30% do sal é usado na alimentação e cerca de 10% é aplicado, por exemplo, no tratamento de águas, na alimentação de animais e noutras pequenas situações, como mostra a tabela 2. (Machine 2005)

A aplicação do sal na indústria também é diversa: química, salga de peixe, de conservas, panificação, laticínios, conservação de couros e peles, plásticos, de sabão. Outras indústrias também o utilizam, mas em menor quantidade: tabacos, explosivos, cerâmica, tratamentos de águas, têxteis, etc.

Tabela 2 – Aplicações do sal a nível mundial (Machine 2005)

| Aplicações do sal | % Sal consumido |
|--------------------------|------------------------|
| Indústria química | 60 |
| Alimentação | 30 |
| Outros | 10 |

Em suma, o cloreto de sódio tem inúmeras aplicações. Crê-se que este possa ser utilizado em mais de dezasseis mil formas diferentes.

4. Processos de produção

4.1 Produção de Sal de modo tradicional

A produção de sal de modo tradicional acompanha as estações. Inicia-se em Março e prolonga-se até Setembro, altura da última colheita. Esta temporada é dividida em duas fases: a preparação das marinhas e a produção de sal.

i. Preparação das marinhas

Esta etapa decorre, essencialmente, entre Março e Junho e caracteriza-se pela limpeza de lamas e iodo, preparação das águas e também a reparação dos desgastes causados pelas tempestades de Inverno. (Taviusa 2012)

A preparação das marinhas é uma fase muito importante que permite a rentabilização na qualidade e quantidade do sal recolhido. Como a colheita é manual, o marnoto (salineiro) pode apanhar o sal (Fig. 3), com a ajuda do rodo, instrumento de limpeza, até ao fundo do talho. Uma vez que este está limpo, o sal colhido tem uma maior quantidade de sal e menor taxa substâncias insolúveis.

Posteriormente, a água proveniente do esteiro, é depositada num viveiro de águas frias onde permanece algum tempo, para diminuir a taxa de insolúveis através da decantação. A próxima etapa consiste em deixar circular a água através de um sistema de viveiros ligados entre si, de modo controlado pelo marnoto. Quanto maior o percurso percorrido pela água, maior será a sua concentração quando chegar aos cristalizadores e, também, será mais rápida a sua cristalização, rentabilizando a produção. (Taviusa 2012)



Fig. 3 - Marnoto a limpar as marinhas

(<http://1.bp.blogspot.com/WMbCSZVzh4I/Thn6b2sdCfI/AAAAAAAAACvk/NYXN5aZZFLE/s320/Recria%25C3%25A7%25C3%25A3o+Sal+%25281%2529.JPG>)

ii. Produção de sal

Depois de concluída a etapa anterior o processo começa com a entrada da água do mar num reservatório aquando das marés-altas. Este reservatório funciona como um grande lago em que são armazenadas as “melhores águas” e que são usadas nos períodos em que não há marés-altas, geralmente de duas em duas semanas.

De modo a obter água com maior concentração de sal, são utilizadas salinas menos profundas de forma a facilitar a evaporação, quer através da radiação do sol, quer sob o efeito do vento. Dado que as salinas são menos profundas, o sol aquece mais a água e assim o processo de evaporação é acelerado. Por outro lado, as salinas são bastante extensas de modo a beneficiar o efeito de concentração do sal causado pelo vento sob a superfície da água. Portanto, as salinas vão sendo cada vez menos profundas de forma a beneficiar a evaporação. (Taviusa 2012) Durante este processo, o grau de salinidade da água aumenta, quase ao ponto da cristalização. Estas salinas constituem teias geométricas de salinas mais pequenas de modo a facilitar a colheita do sal que é realizada pelos marnotos com a ajuda do rodo.

A primeira colheita de sal é conhecida como **flor de sal** (Fig.4). O facto dos cristais desta estarem no início do seu processo de formação explica o seu aspeto de pequenos flocos e a sua finura. Estes cristais podem ser considerados as sementes dos outros cristais mais grossos que se encontram na parte mais inferior das salinas.

A Flor de Sal, devido ao seu sabor delicioso e paladar muito intenso, é ideal para culinária. Graças às impurezas que a constituem, acentua o sabor dos alimentos e destina-se sobretudo ao tempero de alimentos já confeccionados, tais como carnes e peixes grelhados, legumes cozidos e saladas, uma vez que se dissolve facilmente.



Fig. 4 - Flor de sal (<http://www.quentalbiologico.com/wp-content/uploads/Flor-de-Sal.jpg>)

Posteriormente, o sal grosso é resultado de várias semanas de evaporação e do processo de cristalização das águas salinas altamente saturadas. A qualidade do sal obtido depende da sabedoria e conhecimentos do salineiro, cujo método e dedicação permitem obter um sal naturalmente branco e de cristais resplandecentes. Deve sempre ser deixada uma camada de sal no fundo do depósito para não se entrar em contacto com a terra. O sal é recolhido em forma de pirâmide nas bermas dos tanques onde fica a repousar cerca de 2 a 4 dias. (Taviusa 2012) Neste processo, a maior parte da água contida no sal escorre para as salinas. No final deste procedimento, o sal está pronto a ser armazenado ou embalado.

Um sal gerado por este método produz 1000 ton/ano de cloreto de sódio para uma área de, aproximadamente, 1 hectare dependendo das condições climáticas. (Taviusa 2012) O processo relativamente simples de evaporação solar requer grandes áreas de terra plana, baixas taxas de precipitação, sol abundante, e algum vento para fornecer melhores rendimentos. É também bastante útil ter acesso a meios de transporte de baixo custo; se o local de produção estiver localizado perto da costa marítima, ou num local de águas profundas para navios é uma vantagem económica.

4.2 Produção de sal de modo industrial

i. Processo comum

O processo de extração do sal marinho divide-se em três etapas: a concentração da água do mar, a cristalização do cloreto de sódio e a colheita e lavagem.

- Concentração da água do mar

A água do mar é exposta ao sol para evaporar e aumentar a concentração em sal. A evaporação média é de 8 milímetros por dia, o que origina uma salmoura de maior densidade. Nesta fase, a fauna e a flora presentes na salina ainda são semelhantes às do mar. Passado algum tempo, introduz-se na salmoura a *Artémia salina* (Fig. 5), um microcrustáceo que atua como filtro biológico, absorvendo todos os microorganismos e purificando a salmoura.



Fig. 5 – *Artémia salina*
(http://www.norsal.com.br/img/img_produzido/lavagem6.jpg)

A salmoura continua a concentrar-se até atingir o limite de saturação, sendo posteriormente transferida para os cristalizadores.

- Cristalização do cloreto de sódio

Nos cristalizadores, a evaporação da salmoura saturada precipita os cristais de sal. Cada cristalizador mantém uma camada de 30 a 40 centímetros de salmoura, que é trocada a cada trinta ou quarenta dias.

Precipita-se por mês uma camada de 2,5 a 3 cm de sal. Quando a camada chega a uma altura de 15 a 18 cm, retira-se a salmoura e inicia-se a colheita.

- Colheita e lavagem

Este processo ocorre geralmente entre agosto e janeiro, período de seca na região salineira. (Norsal 2012a) A lavagem (Fig.6) utiliza uma salmoura, solução de água saturada de sal, que evita a sua dissolução e reduz o teor de impurezas. O sal lavado é centrifugado e segue em esteiras para ser moído ou refinado.



Fig.6 – Torre de lavagem de sal (http://www.norsal.com.br/img/img_produzido/torre_lavagem1.jpg)

- Moagem

Na moagem, o sal é descarregado num funil de alimentação, de onde sobe para um elevador de canecas para o moinho de martelos. Durante a moagem são acrescentados os aditivos e, em seguida, o sal é transportado por roscas (transportadoras helicoidais) para secadores de leito fluidizado, onde é peneirado e classificado. Após este processo, os aditivos são processados conforme a finalidade de uso e o sal é levado por roscas transportadoras para ser embalado. (Norsal 2012c)

Nesta fase do processo industrial, podem ser escolhidos diferentes métodos consoante o destino final do sal e o local onde é produzido:

a) Evaporação sob vácuo múltiplo-efeito

Este processo está totalmente isento da adição de produtos químicos e o aumento da concentração salina da água do mar ocorre através da evaporação natural nas salinas. A salmoura resultante, quando necessário, é saturada com sal grosso e levada aos evaporadores, onde será aquecida até à evaporação. Para o aproveitamento da energia térmica, essa evaporação acontece numa câmara de vácuo e dá início ao processo de cristalização. Os cristais de sal obtidos são removidos do evaporador e selecionados por tamanho. Em seguida, sofrem um processo de lavagem com salmoura saturada para purificação dos cristais, o que determinará a pureza do produto final.

Os cristais assim lavados são secos a 250°C para posteriormente lhe ser adicionado iodo e serem guardados em embalagens que preservarão as propriedades do sal até chegar ao consumidor final. (SalCisne 2010a) Os produtos destinados a uso industrial podem ou não receber adição de iodo de acordo com a necessidade da aplicação final do produto – industrial, doméstica ou outros.

b) Moagem hidromecânica com lavagem de sal grosso

Nesse processo, totalmente isento da adição de produtos químicos, o sal grosso é inicialmente peneirado, moído e lavado com salmoura saturada para a purificação dos cristais. Em seguida, estes são separados através de centrífugas e secos a 250°C. (SalCisne 2010b) O sal seco é moído para que possa ser classificado em peneiros de acordo com o tamanho dos cristais. Finalmente, é banhado com iodo e enviado para o consumo. Os produtos destinados a uso industrial podem ou não receber adição de iodo, de acordo com a necessidade da aplicação final do produto (poderá ter características diferentes consoante o processo industrial em que vai ser utilizado ou se for utilizado para consumo doméstico).

c) Exploração mineira seguida de evaporação mecânica

A extração de sal de um depósito subterrâneo é feita através de solução-perfuração de poços de halite. Injeta-se água fresca ou reciclada através dos poços revestidos para dissolver o sal, e deixa-se o tempo suficiente para que a solução de salmoura atinja o ponto de saturação em cloreto de sódio.

A profundidade destes poços pode variar entre 150-1500 m e pode funcionar com um único poço ou com uma ligação de vários poços de um campo de salmoura. (Kaupp 2000) A salmoura é produzida a partir de um único poço de injeção de água no depósito de sal através de uma rede de tubagem e pode igualmente ser extraída através de outros poços no campo de salmoura. As impurezas insolúveis, tais como anidrite (sulfato de cálcio) assentam na galeria subterrânea, enquanto a salmoura de cloreto de sódio saturado, é bombeada para tanques de retenção sobre a superfície.

Antes do processo de evaporação, a água salgada pode ser quimicamente tratada para remover minerais de dureza elevada que afetam negativamente a pureza do sal, como o cálcio dissolvido, magnésio, e, por vezes, de sulfato, de acordo com o tipo de tratamento. Os produtos químicos mais usados para este tratamento são o hidróxido de cálcio, Ca(OH)_2 , carbonato de sódio, Na_2CO_3 , hidróxido de sódio, NaOH , cloreto de cálcio, CaCl_2 .

d) Exploração mineira convencional

O Sal-gema é extraído de depósitos subterrâneos (Fig.7) através de fenómenos de perfuração e detonação. As diferenças nos métodos de extração dependerão da espessura e da estrutura do depósito de sal. No local da extração são deixados pilares de sal para proporcionar um suporte estrutural entre a cobertura sobreposta e as outras camadas. Após longos períodos de tempo de exploração, pode ocorrer um colapso da superfície explorada. (Kaupp 2000)



Fig.7 – Gruta de sal-gema (<http://georesumos.blogspot.pt/2012/08/formas-de-exploracao-dos-minerios.html>)

4.3 Vantagens do sal produzido pelo método tradicional relativamente ao sal produzido pelo método industrial

O sal tradicional é produzido através de métodos usados há centenas de anos. São várias as vantagens reconhecidas a estes métodos de recolha e tratamento do sal do mar:

- **Conteúdo mineral:** o sal tradicional contém mais de 80 elementos que se encontram também na água do mar, tais como o magnésio, o cálcio e o potássio que estão presentes em quantidades significativas, comparativamente ao sal produzido de modo industrial.
- **Sabor:** O sal tradicional tem uma natureza distinta quando comparado com o sal processado industrialmente. Assim, o sal tradicional tem um sabor forte, sem ser áspero, acrescentando um leque variado de aromas à comida. Por outro lado, o sal processado industrialmente tende a ser mais irregular e por vezes tem mesmo um sabor a metal.
- **Saúde:** Os minerais que são retirados durante o processo industrial são essenciais para o organismo o que faz com que a sua escassez se traduza num menor rendimento das funções vitais.
- **Ambiente:** O sal tradicional é recolhido manualmente, sem a ajuda de quaisquer máquinas ou combustíveis fósseis. Adicionalmente, as salinas para além de produzirem sal, constituem uma plataforma para a vida selvagem da região, designadamente para as populações de aves migratórias.
- **Fatores socioeconómicos:** Ao comprar o sal fabricado em Portugal contribui-se para a sustentabilidade dos pequenos produtores e, para além disso, garante-se a continuidade desta atividade secular. A propagação dos métodos industriais de produção tem posto em perigo a continuidade desta prática, no entanto, a descoberta de que o sal tradicional é superior à opção industrial tem conseguido reverter esta tendência

5. Produção Mundial

A produção de sal é feita mundialmente através dos processos anteriormente expostos. Ao longo dos últimos anos tem sofrido algumas variações (Fig. 8), no entanto, no geral, estas são positivas.

O cloreto de sódio, o tempero mais usado em todo o mundo, tem assumindo uma importância crescente com o decorrer dos anos. O seu uso é atualmente alargado a diversas áreas, como por exemplo alimentar, medicinal, industrial, entre outras. Sendo assim a sua aplicação é extremamente variada. É usado na produção de muitos produtos nas indústrias químicas, metalúrgicas, alimentares entre os quais o cloro, ácido clorídrico, alumínio, hidrogénio, celulose, borracha, etc. (Kaupp 2000)

Assim, com uma importância cada vez maior, o sal tem sofrido um aumento na sua utilização e no seu consumo e, conseqüentemente, na sua produção.

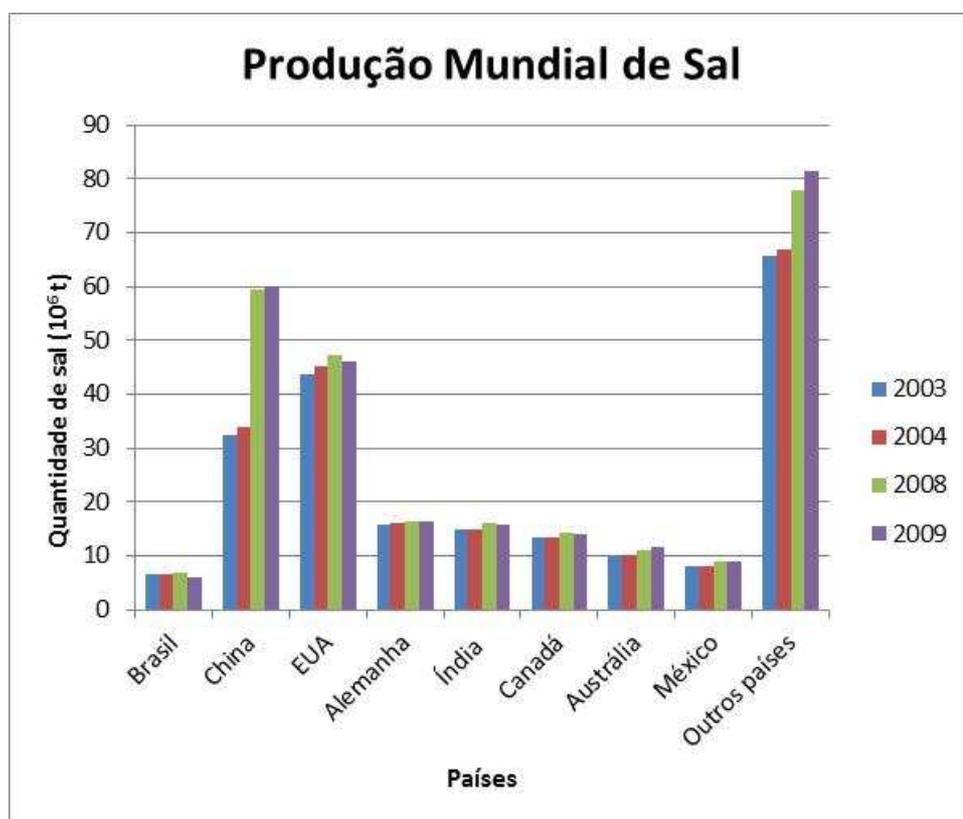


Fig.8 – Principais países com produção mundial de sal (Kaupp 2000)

Tal como podemos observar na Figura 8 há, no geral, um aumento da produção mundial de cloreto de sódio. Os países com maior índice de produção de sal são a China e os Estados Unidos da América seguidos da Alemanha, Índia, Canadá, Austrália, México e Brasil.

Neste gráfico estão representadas as produções nos anos 2003, 2004, 2008 e 2009. A diferença mais significativa de crescimento foi, sem dúvida, na China, que passou de 32.400×10^6 ton (em 2003) para 60.000×10^6 ton (em 2009).



Fig. 9 – Quantidade de sal produzido de 2003 a 2009 (Kaupp 2000)

A Figura 9 apresenta a evolução da produção de cloreto de sódio nos anos de 2003 a 2009, nos países de todo o mundo. Verifica-se que o ano em que há maior produção é o de 2009, o que poderá ser explicado pelo desenvolvimento e expansão da indústria nos países asiáticos menos desenvolvidos.

6. Importância económica e social do sal

A produção de sal foi liderada até 2005 pelos E.U.A, ano em que a China se tornou no maior produtor mundial deste composto químico.

A organização e estrutura da produção salineira tem vindo a alterar-se consoante o evoluir dos tempos, não só a níveis tecnológicos como a níveis económicos. A competição entre mercados, os custos energéticos, os custos de mão-de-obra, as importações cada vez mais baratas e as atuais taxas de exportação têm contribuído para a redução do número de empresas produtoras, como se registou em 2009.

Os vários géneros de sal produzidos têm tipos de produções únicas, tais como os métodos de processamento e embalagem, fatores que são determinantes no preço de venda. Normalmente, o sal que é vendido em grandes quantidades é mais económico que foi embalado numa espécie de pastilhas ou então compactado em blocos. O sal marinho é o tipo de sal cuja produção e venda são mais baratas pois os custos de recolha e processamento são menores. O sal produzido a vácuo é o sal mais caro devido aos altos custos energéticos envolvidos no processo.

A indústria do sal continua a ser um fator importante na economia dos países no que diz respeito ao aumento de produção, consumo e trocas entre mercados mundiais. Apesar do encerramento e da fraca expansão de algumas fábricas e dos problemas económicos atuais, as restantes instalações industriais enfrentam uma menor capacidade para as taxas de utilização, e assim sendo, reduzem a produção de cloro e soda cáustica, assim como a produção e o consumo de sal marinho.

Pelo facto da indústria do cloro a nível energético ser uma atividade intensa, qualquer aumento no preço da energia implica uma redução na produção de cloro assim como no uso de sal marinho. A produção e o consumo do sal-gema são fortemente dependentes do quão severo o tempo no Inverno é, o que é quase impossível de prever.

Como o sal é relativamente uma mercadoria de baixo valor os custos de transporte por vias marítimas ou terrestres pode ser um fator determinante quando se trata de tentar assegurar as fontes de abastecimento quer seja a sítios locais ou estrangeiros. Se os preços da energia aumentam, um modo de transporte pode ser mais eficiente relativamente a outros. (Kaupp 2000)

O sal tem proporcionado assim, ao longo dos séculos, um enorme desenvolvimento económico e tecnológico, relativamente à sua extração, a nível mundial uma vez que é utilizado para fins tão diversos como a indústria de plásticos, de sabões, de conservas e mesmo na agricultura ou alimentação de animais.

7. Saúde e Ambiente

7.1 Efeitos na saúde

O sal é essencial para o funcionamento do nosso organismo e para as diversas funções que este desempenha. Por isso, o nosso corpo possui mecanismos que trabalham em conjunto de forma a manter um equilíbrio saudável desta substância, para não surgirem problemas derivados da deficiência ou do excesso de sal.

O cloreto de sódio constitui, sobre a forma de iões cloro (Cl^-) e sódio (Na^+), a maior parte do fluido extracelular, tal como o plasma sanguíneo. (University 2012) Assim, as funções corporais que dependem do sal são imensas, dos quais se destacam a manutenção do volume e pressão sanguínea, a absorção de nutrientes no intestino delgado e a manutenção do potencial transmembranar nas células.

i. Manutenção do volume e pressão sanguínea

No sistema circulatório, há recetores de pressão, chamados de barorreceptores, que reconhecem alterações no nível de pressão sanguínea e libertam sinais estimulantes ou inibidores, dependendo da necessidade do sistema, que vão para o sistema nervoso ou para as glândulas endócrinas, afetando a regulação da concentração sódica ao nível dos rins.

Os sistemas resumem-se ao sistema Renina-Angiotensina-Aldosterona que atua quando a pressão e o volume sanguíneo estão baixos, sendo que o sal tem importância devido à Aldosterona que é sintetizada na glândula suprarrenal e atua nos rins, estimulando a reabsorção de sódio e a expulsão do potássio.

A retenção do sódio resulta numa maior retenção de água, o que se traduz num maior volume e pressão sanguínea. Este sistema está associado à hormona antidiurética (ADH), também conhecida como vasopressina, que é libertada pela glândula pituitária quando há um decréscimo de pressão ou volume sanguíneo, atuando nos rins para aumentar a reabsorção de água. (University 2012)

ii. Absorção de nutrientes no intestino delgado

A absorção de sódio no intestino delgado é muito importante para a absorção de outros nutrientes - como cloro, aminoácidos, glicose e também água. Outros mecanismos também possibilitam a reabsorção destes nutrientes depois de serem filtrados nos rins. O cloro é ainda essencial para a formação de ácido clorídrico (HCl) que atua no estômago durante a digestão.

iii. Manutenção do potencial transmembranar nas células

Ambos os íons Sódio e Cloro têm um papel a desempenhar no potencial transmembranar, especialmente o Sódio, que é o catião mais abundante, e portanto em maior concentração, fora das células.

Como as concentrações destes íões variam, muito de dentro para fora da célula, cria-se na membrana celular um potencial transmembranar, que é mantido por bombas de sódio-potássio (Fig.10) uma forma de transporte ativo que significa um boa parte do gasto de energia por um organismo adulto. Este controlo de potencial transmembranar é indispensável para a transmissão de impulsos nervosos e contracção de músculos, por exemplo.

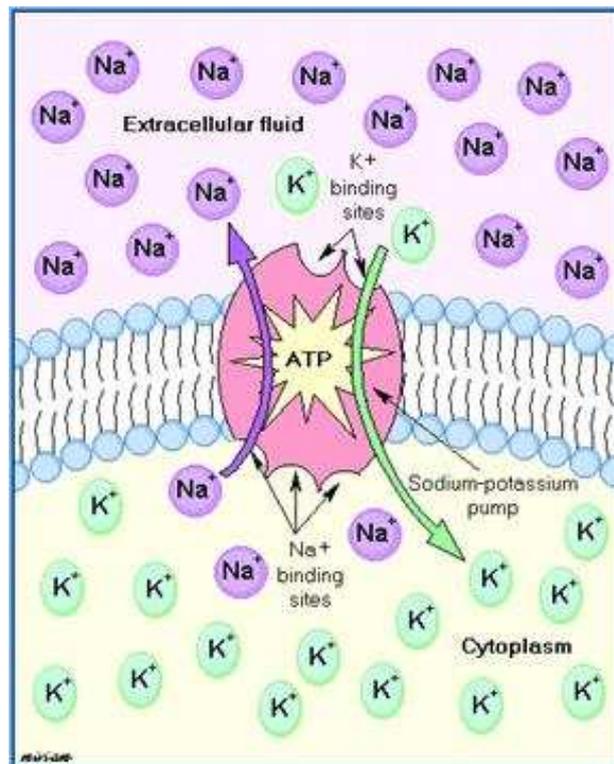


Fig. 10 – Modelo simplificado da bomba sódio-potássio

(http://2.bp.blogspot.com/_DghxTsJuAG0/TDsTH_L9zFI/AAAAAAAAAFw/aAR4IcljKi0/s1600/Bomba+s%C3%B3dio+e+pot%C3%A1ssio.jpg)

iv. Hiponatremia

A hiponatremia ocorre quando se verifica uma concentração de sódio no plasma sanguíneo menor que 136 mmol/L. (University 2012) Isto pode acontecer devido a perda acentuada de sódio ou por diluição excessiva deste, normalmente causada por secreção irregular de ADH – que está associada a problemas do sistema nervoso central ou ao uso de certas drogas.

Perdas acentuadas de sódio resumem-se essencialmente a diarreia prolongada, vômito excessivo, transpiração excessiva, atuação de alguns diuréticos e doença renal.

Os sintomas de hiponatremia podem ir de náusea, cefaleia, câibras, cansaço e desorientação em casos mais leves, mas em mais graves podem-se traduzir em edema cerebral, convulsões, coma e até morte.

Tabela 3 – Dose recomendada de sal diário nas diferentes faixas etárias (University 2012)

| Dose diária adequada de sódio, com equivalência estimada de Sal (cloreto de sódio) | | | |
|---|--------------|----------------------|--------------------|
| Fase da vida | Idade | Sódio (g/dia) | Sal (g/dia) |
| Bebés | 0-6 meses | 0.12 | 0.30 |
| Bebés | 7-12 meses | 0.37 | 0.93 |
| Crianças | 1-3 anos | 1.0 | 2.5 |
| Crianças | 4-8 anos | 1.2 | 3.0 |
| Crianças | 9-13 anos | 1.5 | 3.8 |
| Adolescentes | 14-18 anos | 1.5 | 3.8 |
| Adultos | 19-50 anos | 1.5 | 3.8 |
| Adultos | 51-70 anos | 1.3 | 3.3 |
| Adultos | >70 anos | 1.2 | 3.0 |
| Gravidez | 14-50 anos | 1.5 | 3.8 |
| Amamentação | 14-50 anos | 1.5 | 3.8 |

Graças à alimentação que se pratica atualmente, são muito mais comuns casos de excesso de consumo de cloreto de sódio que casos de deficiência deste. A dieta carece de fruta e vegetais e é rica em “fast food” e comida pré-cozinhada, o que faz com que se ultrapasse a dose diária recomendada de sódio (Tabela 3).

Dois casos mais pertinentes resultantes deste excesso são a hipertensão e a osteoporose.

v. Hipertensão

Muitos testes e estudos foram realizados ao longo do tempo acerca da influência do consumo de sódio na variação da pressão sanguínea, e estes sugeriam que há uma relação causal entre eles. Estudos em culturas com alto consumo de sal e com baixo consumo de sal mostram que casos de hipertensão são significativamente mais comuns nas culturas com um alto consumo do que naquelas que têm um baixo consumo. No entanto estas culturas podem ter outros hábitos que influenciam a pressão sanguínea.

O estudo maior e mais rigoroso neste assunto foi o INTERSALT, que estudou mais de 10 000 homens e mulheres em 32 países. Este estudo revelou que o consumo de sódio, determinado por recolha de amostras de urina a cada 24h, estava associado à pressão sanguínea. (University 2012)

vi. Osteoporose

Osteoporose (Fig.11) é uma doença que causa um decréscimo da força e resistência dos ossos, tornando-os mais frágeis. O consumo de sal influencia a osteoporose uma vez que o seu elevado consumo promove a expulsão de cálcio pela urina, perdendo-se assim um nutriente essencial aos tecidos ósseos e à resistência dos mesmos.

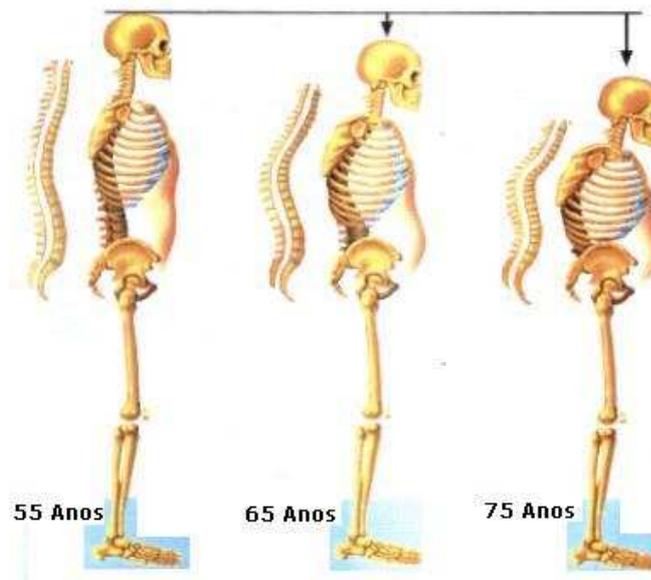


Fig. 11 – Evolução da osteoporose com o avançar da idade
(http://www.unioeste.br/projetos/unisol/projeto/imagem_1/osteoporose1.jpg)

vii. Toxicidade

O consumo de grandes quantidades de sal pode conduzir a um aumento do volume de fluido extracelular, pois a água sai das células por osmose para compensar a variação da concentração de sódio no exterior das mesmas. No entanto, se o consumo de água necessário for realizado, e os rins funcionarem corretamente, o sistema expulsa o sódio em excesso para voltar ao normal. Todavia, a ingestão de quantidades excessivas pode resultar em náusea, vômitos, diarreia e câibras abdominais.

O excesso de concentração de sódio no plasma – hipernatremia – pode acontecer devido a uma perda significativa de água e a um longo período com inacessibilidade a água. Os sintomas desta condição incluem tonturas, baixa pressão sanguínea, desmaios e baixa produção de urina. Casos mais graves podem incluir edema, convulsões, hipertensão coma e também morte.

viii. Fontes de Cloreto de Sódio

No dia a dia, deparamo-nos com alimentos que têm um elevado teor de sal (Tabela 4), o que, como referido anteriormente, pode conduzir a problemas como a hipertensão ou a osteoporose.

Tabela 4 – Informações nutricionais de diferentes alimentos com elevado teor de sal (University 2012)

| Comidas com alto teor de sal | | | |
|-------------------------------------|-------------------|-------------------|-----------------|
| Comida | Quantidade | Sódio (mg) | Sal (mg) |
| Pão integral | 2 fatias | 264 | 660 |
| Pão branco | 2 fatias | 340 | 850 |
| Picles | 1 fatia | 300 | 800 |
| Presunto | 85 gramas | 1,000 | 2,500 |
| Pretzels salgados | 10 pretzels | 1,000 | 2,500 |
| Batatas fritas | 1 saco (230g) | 1,200 | 3,000 |

Todavia, durante a prática de atividade física, os atletas eliminam através da sudorese grandes quantidades de sódio e cloreto, mais do que qualquer outro eletrólito, o que os predispõe a câibras durante o exercício. Para prevenir ou reduzir sua incidência, os atletas devem ingerir alimentos ricos em sódio.

Assim, é fundamental que se opte por uma dieta equilibrada e variada, dando privilégio a alimentos com baixo teor de sal (Tabela 5).

Tabela 5 – Informação nutricionais de diferentes alimentos com baixo teor de sal (University 2012)

| Comidas de baixo teor de sal | | | |
|-------------------------------------|-------------------|-------------------|-----------------|
| Comida | Quantidade | Sódio (mg) | Sal (mg) |
| Azeite | 1 colher de mesa | 0 | 0 |
| Sumo de laranja | 250 mL | 0 | 0 |
| Pipocas sem sal | 250 mL | 1 | 3 |
| Pera | 1 média | 2 | 5 |
| Manga | 1 peça | 4 | 10 |
| Tomate | 1 médio | 6 | 15 |
| Batatas fritas sem sal | 1 saco (230g) | 18 | 45 |
| Cenoura | 1 média | 42 | 105 |

7.2 Efeitos no ambiente

Os cloretos são libertados naturalmente no ambiente através da erosão de minerais e rochas que contêm cloretos. Os oceanos e mares também contêm quantidades elevadas de cloretos dissolvidos e são responsáveis pela sua emissão para a atmosfera naturalmente como resultado de fogos florestais, atividade vulcânica e vapor de água do mar. O carvão também tem quantidades significativas de cloro que é libertado para a atmosfera sob a forma de hidróxido de cloro que contribui para as chuvas ácidas. Por causa disto, a combustão de carvão para a geração de energia é uma das maiores fontes de emissão de cloro para a atmosfera. Esta problemática está a ser corrigida devido ao decréscimo desta atividade e à instalação de equipamento de controlo de emissão nas estações de energia. (Institute 2011)

Em algumas regiões, o sal é usado contra as ervas que se desenvolvem em algumas superfícies indesejadas. Isto acontece porque o sal cria uma diferença de concentração entre o meio e o interior das células da planta, que liberta água atingindo a plasmólise. Este método é também aplicado a uma escala maior quando há libertação de águas residuais com muito NaCl ou quando se usa o sal no degelo de estradas. O sal pode infiltrar-se em zonas verdes, o que provoca a morte das plantas.

Conclusão

O cloreto de sódio, mais conhecido vulgarmente por sal, é utilizado a nível alimentar, medicinal e industrial, sendo este último a maior das suas aplicações.

Como se verificou, o sal obteve uma enorme evolução. Inicialmente, servia como método de conservação de alimentos, posteriormente usado como moeda para trocas comerciais e, por último, desde a revolução industrial, tornou-se indispensável para a indústria química.

Os processos de extração utilizados são o processo tradicional e industrial, sendo o primeiro o mais vantajoso, e por isso mais usado. Os aspectos que o tornam mais positivo relativamente ao processo industrial são o melhor conteúdo mineral, sabor e o facto de não ser tão prejudicial à saúde e ao ambiente. É também uma vantagem a utilização do processo tradicional em Portugal a nível socioeconómico pois há bastantes áreas onde se pode produzir sal e, por outro lado, contém uma larga costa marítima para o seu transporte.

O sal tem proporcionado assim, ao longo dos séculos, um enorme desenvolvimento económico e tecnológico, relativamente à sua extração, a nível mundial. Isto deve-se, por exemplo, à sua grande necessidade tanto ao nível da saúde, tal como para manter bomba sódio potássio essencial ao funcionamento do organismo, como a nível ambiental, na medida em que poderá originar chuvas ácidas.

Nos últimos anos a sua produção tem vindo a aumentar devido às mais variadas formas de ser utilizado e à simplificação e diversificação do seu método de extração e purificação, tanto no nosso país, como a nível mundial.

Bibliografia

- Institute, Salt. 2012. "Salt and the environment". Acedido a 27 de Setembro de 2012. <http://www.saltinstitute.org/Issues-in-focus/Salt-and-the-environment>.
- TAVIUSA. 2012. Acedido a 30 de Setembro de 2012. <http://www.taviusa.com/pt/salt.htm>.
- UNIVERSITY, Oregon STATE. 2012. "Micronutrient Information Center". Acedido a 01 de Outubro de 2012. <http://lpi.oregonstate.edu/infocenter/minerals/sodium/>.
- Norsal. 2012a. "Colheita e lavagem". Acedido a 26 de Setembro de 2012. http://www.norsal.com.br/como_produz/colheita.html.
- 2012b. "O sal na história". Acedido a 26 de Setembro de 2012. http://www.norsal.com.br/o_sal/historia.html.
- 2012c. "Refino e Moagem". Acedido a 30 de Setembro de 2012. http://www.norsal.com.br/como_produz/refino.html.
- Kaupp, Gerd. 2000. "Solvent-Less Organic Synthesis." Em *Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology*. John Wiley & Sons, Inc.
- SalCisne. 2010a. "EVAPORAÇÃO SOB VÁCUO MÚLTIPLO-EFEITO". Acedido a 28 de Setembro de 2012. <http://www.salcisne.com.br/evaporacao-multiplo-efeito.php>.
- 2010b. "MOAGEM HIDROMECÂNICA COM LAVAGEM DE SAL GROSSO". Acedido a 28 de Setembro de 2012. <http://www.salcisne.com.br/moagem-hidromecanica.php>.
- Machine, Serra Salt. 2005. "Purification and Refining of salt for chemical and human consumptions". *Serra Salt Engineers*.
- Silva, Maria de Fátima Rodrigues da. 2011. "Sal: contributo do design industrial para a normalização e diminuição do consumo", Design Industrial, FEUP.