

lucinda



Land Care
In Desertification
Affected Areas
From Science
Towards Application

Salinização

M. Iannetta
N. Colonna

CONTEÚDO

INTRODUÇÃO	1
PROCESSOS DE SALINIZAÇÃO	1
ÁREAS AFECTADAS E PROPENSAS A SALINIZAÇÃO	3
RELAÇÕES CAUSA – EFEITO	4
IMPACTOS NA AGRICULTURA	5
MEDIDAS DE MITIGAÇÃO E ADAPTAÇÃO	5
ESTUDOS DE CASO	7
Salinização em Espanha: O aquífero costeiro do rio Vélez	7
Salinização em Chipre: a península de Akrotiri	8
Salinização em Itália: a planície de Licata	9
CONSIDERAÇÕES FINAIS	10
BIBLIOGRAFIA E LEITURA ADICIONAL	11

INTRODUÇÃO

A salinização é um dos processos chave que pode levar à desertificação. É um fenómeno crescente em todo o Mundo e afecta milhões de hectares na Europa. A agricultura desempenha um papel principal em conduzir o fenómeno, devido ao elevado consumo e degradação química da água, mas, simultaneamente, é este sector económico que está a enfrentar os seus maiores impactos.

Os efeitos da salinização podem ser dramáticos para os agricultores, tanto em termos sociais como económicos. Aliás, os cenários actuais sobre mudanças climáticas sugerem um aumento da temperatura e uma subida do nível do mar, o que pode aumentar significativamente a salinidade e resultar na expansão de áreas afectadas.

O objectivo deste fascículo é partilhar o conhecimento acumulado em vários projectos Europeus sobre solo e degradação química da água, mas também aumentar a consciência sobre a importância crucial que a salinização pode ter num futuro próximo. Para tal é necessário, antes de mais, compreender o que é a salinização, e depois descrever como a medir e controlar. Vai-se tentar ainda fornecer ao leitor o quadro actualizado das áreas afectadas na Europa. O fascículo orienta-se depois para a identificação das causas e efeitos, e para os impactos nos diferentes sectores económicos. As últimas páginas fornecem informação sobre como se adaptar e/ou mitigar a salinidade do solo e da água e são descritos alguns estudos de caso, que são bons exemplos de estratégias locais para lidar com a salinização.

Interligações

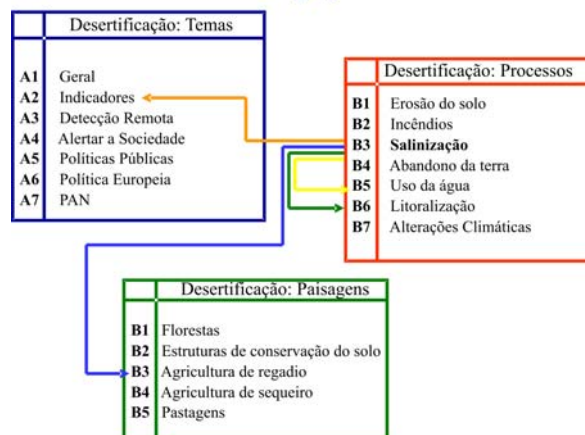


Figura 1. Ligações entre o fascículo sobre Salinização do Lucinda e os outros temas

PROCESSOS DE SALINIZAÇÃO

Definições chave

O termo salinização é muitas vezes associado a palavras-chave como sodicidade, ou acrónimos como RAS e PST. É importante compreender o significado exacto destes termos e acrónimos.

O termo sodicidade é utilizado quando um excesso de sódio trocável causa a dispersão de partículas do solo. Em solos sódicos, a quantidade de sódio retida pelas partículas de argila é 5% ou mais da capacidade total de troca de catiões.

PST (Percentagem de Sódio Trocável) indica a quantidade de iões de sódio que podem ser trocados num solo argiloso. Uma PST elevada é uma indicação de um solo sódico.

Índice RAS (Rácio de Absorção de Sódio) dá informação acerca da quantidade de sódio na água e o risco associado de causar sodicidade do solo. É expresso pelo rácio da concentração de iões de sódio ($[Na]$) na solução do solo sobre a raiz quadrada da concentração iónica bivalente total ($[Ca]+[Mg]$). Um RAS elevado nas águas utilizadas para irrigação aumenta o risco de sodicidade do solo.

Águas com iguais CEa mas SAR diferentes podem ter diferentes efeitos tanto nas plantas, como nas propriedades físicas do solo.

O termo salinização é utilizado para os processos de acumulação de sal no solo. Ocorre especialmente em áreas áridas e semi-áridas, onde os sais solúveis se precipitam à superfície ou no interior do solo.

Como medir a salinidade?

Sempre que se recolhem dados ou se lê a literatura acerca de salinização deparamo-nos com as dificuldades em comparar diferentes resultados de investigação ou dados, devido ao uso de diferentes formas de medir a salinidade. Os cientistas e técnicos estão habituados a lidar com diferentes unidades de medida, mas para o leigo não é imediatamente óbvio como comparar as diferentes medidas.

A salinidade é uma medida da quantidade de sais dissolvidos na água, é tradicionalmente medida em partes por mil (ppm, ou ‰) ou como Total de Sólidos Dissolvidos (TSD). TSD é a concentração numa solução como o total dos sólidos dissolvidos (1 ppM = 1 miligrama/litro, e ppm = 1 grama/litro).

O mais usual é a salinidade ser calculada a partir da condutividade da solução. Como regra geral, quanto maior a concentração de sais numa solução, melhor é a sua capacidade para conduzir electricidade. A condutividade eléctrica da água (CEa) é actualmente expressa em unidades como deciSiemens por metro (dS/m). A água da chuva, por exemplo, tem uma condutividade de 0.002 dS/m, enquanto a água do mar tem uma condutividade de 50-60 dS/m.

TSD e a condutividade não estão linearmente relacionados, duas soluções com o mesmo TSD podem ter diferentes CEa, dependendo dos diferentes tipos de sais iónicos e sua concentração. Uma regra geralmente aceite para converter TSD para condutividade é: TSD (ppm) = condutividade (mS/m) X 0.67.

É comum encontrar outras unidades de medida tais como mho/cm, ou encontrar submúltiplos, tais como mS (miliSiemens) ou µS (microSiemens). A Figura 2 ajuda a evitar confusão. O Siemens é a unidade oficial para a condutividade usada no Sistema Métrico, enquanto mho é uma unidade mais antiga utilizada frequentemente na América do Norte.

	Condutividade	Submúltiplo 1/1000	Submúltiplo 1/1.000.000
Unidade	1 S/cm	0,001 S/cm	0,000001 S/cm
Equivalência	1 mho/cm	1 dS/m 1 mS/cm 1000 µS/cm 1 mmho/cm	1 µS/cm 0,001 mS/cm 0,001dS/m 1 µmho/cm

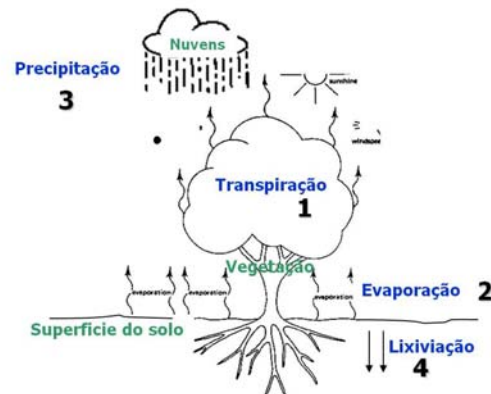
Figura 2. Unidades de medição da salinidade

Aumentar os níveis de sais nas camadas mais superficiais do solo pode afectar negativamente o crescimento das plantas e a produtividade ao ponto de matar a planta. Elevadas concentrações de sais (ex. cloreto de sódio, sulfatos de cálcio e magnésio e bicarbonatos) afectam o crescimento da planta, tanto directamente, através da sua toxicidade, como indirectamente, aumentando o potencial osmótico e baixando a toma de água radicular. Em climas secos a acumulação contínua de sais pode levar à desertificação, enquanto em climas húmidos ou sub-húmidos pode ocorrer salinização moderada a severa sazonalmente.

A acumulação de sais no solo é o produto final de vários processos diferentes conduzidos por diferentes causas que levam ao mesmo resultado. Em termos gerais, pode distinguir-se a salinização primária, devido às características naturais do solo, e a salinização secundária, onde as actividades humanas desempenham um papel central.

Basicamente, a salinização acontece onde, dependendo das características do solo e do nível freático, o equilíbrio entre chuva ou irrigação e evaporação é deslocado para cima na direcção da evaporação.

Factores que influenciam a acumulação de sal nas camadas superficiais do solo



Se 1 + 2 > 3 + 4 => acumulação de sal

Figura 3. Relações entre precipitação, evaporação e solo

Podem identificar-se três processos principais que podem causar salinização:

- ✓ A subida do nível freático até, ou perto, da superfície: ocorre em terras áridas não irrigadas, onde os sais se acumulam por evaporação da água na superfície do solo;
- ✓ Excessivo uso de água para irrigação em climas secos, com solos pesados, causa a acumulação de sais porque não são lavados pela precipitação;
- ✓ Intrusão de água salgada: isto ocorre em áreas costeiras onde a água do mar substitui a água subterrânea que foi sobre-explorada.

O primeiro processo ocorre em planícies aluviais ou depressões em regiões semi-áridas onde os níveis da água subterrânea estão perto da superfície do solo. A capilaridade chupa a água até à superfície, onde evapora devido à intensa radiação solar, deixando para trás depósitos de sal. Nestes tipos de solo podem observar-se crostas de sal.

O segundo processo ocorre em áreas cultivadas onde a irrigação está associada a elevados graus de evaporação e a uma textura argilosa do solo. Neste contexto, a lixiviação dos sais é baixa ou ausente e os íons de magnésio ou cálcio acumulam-se nas camadas superficiais do solo.

O último processo ocorre em áreas costeiras onde a extracção excessiva de água, devido a múltiplas procuras, causa o abaixamento no nível freático e a intrusão de água do mar. Em anos recentes, este processo espalhou-se dramaticamente pelas áreas costeiras Mediterrâneas.

Uma salinidade aumentada pela água subterrânea afecta a produtividade das culturas irrigadas e, a médio – longo prazo, contribui para a salinização secundária do solo.

Contudo, salinização moderada do solo existe até nas áreas irrigadas com água de “boa” qualidade, dependendo dos métodos de irrigação e condições de aridez, no entanto, a salinização pode não ocorrer em áreas onde os agricultores tenham dependido de água rica em sais durante anos. Estes dois exemplos mostram, claramente, que em cada área potencialmente afectada pela salinização existe um equilíbrio diferente e peculiar entre os diferentes factores que influenciam o processo de salinização. Outros processos podem causar salinização e serão discutidos com brevidade nas páginas seguintes.

ÁREAS AFECTADAS E PROPENSAS A SALINIZAÇÃO

A salinização é uma questão mundial. A avaliação da FAO e UNESCO em 1999 revela que os solos salinos e sódicos estão disseminados e afectam milhões de hectares de terra por todo o Mundo. Diferentes estimativas foram produzidas, mostrando que uma

percentagem significativa dos solos afectados por sal é induzidos por acção humana.

Em 1998 a segunda avaliação ambiental da Agência Europeia do Ambiente relatou que cerca de quatro milhões de hectares de solos Europeus estavam afectados pela salinização, sobretudo em países Mediterrâneos. Quatro anos mais tarde, na terceira avaliação, a quantidade total de solos afectados atingia cerca de 16 milhões de hectares. Esta nova avaliação, contudo, incluía países como a Rússia, que não tinham sido considerados no relatório anterior, portanto os dados não são directamente comparáveis. A mesma fonte mostra que, na área do Mediterrâneo, 25% das terras de cultivo irrigadas estão afectadas por salinização moderada a elevada.

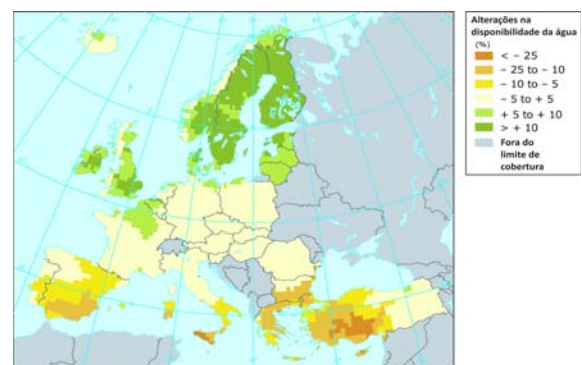


Figura 4. Mapa mostrando as mudanças na disponibilidade de água. Fonte: AEA – Eionet – IRENA 1970-2000

Outra fonte actualizada de dados é *Europe's Water: An Indicator Based Assessment*, publicado em 2003, onde a intrusão de água salgada é evidenciada em diferentes países Europeus, particularmente Espanha, Itália, Grécia e Turquia.

Os mapas mostram claramente uma forte ligação entre o índice de exploração da água e as áreas afectadas por salinização. É claro que muitas das áreas onde ocorreu um intenso processo de litoralização são as mesmas que agora enfrentam a salinização.

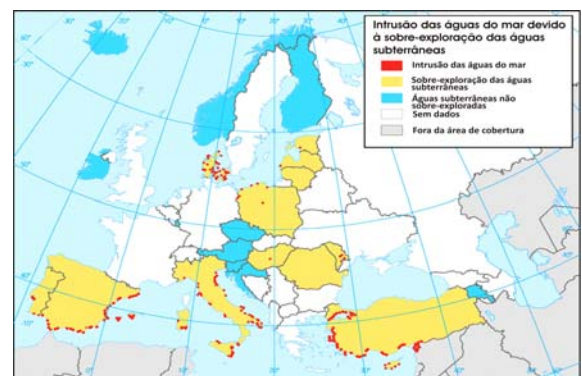


Figura 5. Mapa mostrando a ligação clara entre intrusão de água marinha e sobre-exploração das águas subterrâneas. Fonte: AEA – Eionet – IRENA 1970-2000



Figura 6. Estufas – Almeria, Espanha

RELAÇÕES CAUSA – EFEITO

Em parágrafos anteriores identificámos três processos principais que podem causar salinização. Contudo, ela pode ocorrer em áreas específicas induzida por outras causas naturais ou humanas.

As práticas agronómicas, como o excesso de utilização de fertilizantes, especialmente durante um longo período de tempo, podem contribuir para um aumento da concentração iónica de soluções nos solos, ou a má utilização da maquinaria pode levar à compactação do solo, causando problemas de drenagem, que é minimizada. Más mobilizações de terreno podem resultar em salinização da base das vertentes e vales, visto que o nível freático está mais perto da superfície e está sujeito a acção capilar. Além disso, em áreas costeiras ventosas os aerossóis marinhos podem conduzir sais muito para o interior a partir da costa, numa quantidade superior aos que caem no solo por acção da chuva. As causas podem ser diferentes, mas o resultado final é a acumulação de sais na camada superficial do solo (0-40 cm), o que reduz a capacidade das colheitas recolherem água e concentra iões tóxicos para as plantas.

Actualmente, uma das principais causas da salinização secundária é o uso de águas salinas para irrigação nos locais onde a água do mar entrou nos aquíferos. A salinização das águas subterrâneas é uma questão crescente ao longo das áreas costeiras Europeias. A agricultura desempenha o papel principal na extracção de água e no consumo, especialmente nas áreas costeiras Mediterrâneas onde a horticultura intensiva irrigada ocupa uma grande extensão. No entanto, em muitas áreas uma grande contribuição para a sobre-exploração dos aquíferos é devida aos sectores industrial e residencial e, sazonalmente, ao turismo.

Vários indicadores diferentes foram propostos para medir e controlar a salinização na Europa, mas ainda está em curso a discussão para seleccionar os parâmetros e/ou índices que melhor caracterizam, medem e controlam, bem como o processo de evolução no tempo e espaço.

Abaixo, apresentam-se alguns exemplos de indicadores relacionados com o processo de

salinização (áreas irrigadas, consumo de água, índice de exploração de água, etc.).

Quadro conceptual DPSIR para a salinização	
Forças motrizes	Indústria Agricultura Turismo Habitações Crescimento aglomerados
Pressões	Alto consumo de água Sobre-exploração dos aquíferos
Estado	Qualidade, quantidade de água superficial Qualidade química do solo, estrutura do solo Estado das águas subterrâneas
Impactos	Níveis freáticos Intrusão de água salgada Salinização do solo Baixas colheitas Abandono de culturas não tolerantes Redução do rendimento do agricultor Abandono da terra Desertificação
Respostas	Fornecimentos alternativos (barragens, canais) Restrições ao uso da água Regulamentos Acordos contrato de água Dessalinização Melhorias na tolerância das colheitas Técnicas de poupança de água



Figura 7. Irrigação – Alentejo, Portugal

Nenhum indicador é capaz, só por si, de fornecer informação suficiente acerca do processo. Simultaneamente, lida-se com uma disponibilidade heterogénea de dados entre países e dentro de países, não sendo possível ainda ter uma imagem clara da situação nem da sua dinâmica.

IMPACTOS NA AGRICULTURA

O grau de salinização e tipos de sais afecta o género de efeitos que podem ser observados nas colheitas. Geralmente, a produtividade não é afectada pelo baixo nível de salinidade, mas uma queda de produtividade é observável se o limiar específico de cada espécie for ultrapassado. As espécies podem ser ordenadas de acordo com a sua tolerância à salinidade, com os cereais a serem geralmente mais tolerantes que as espécies hortícolas ou árvores de fruto. O impacto económico da salinização não é fácil de avaliar, devido à relação não linear entre salinização e produtividade. Logo, a salinização pode permanecer sem ser detectada durante anos com níveis moderados de salinidade, enquanto um aumento adicional pode causar abandono da terra em poucos anos.

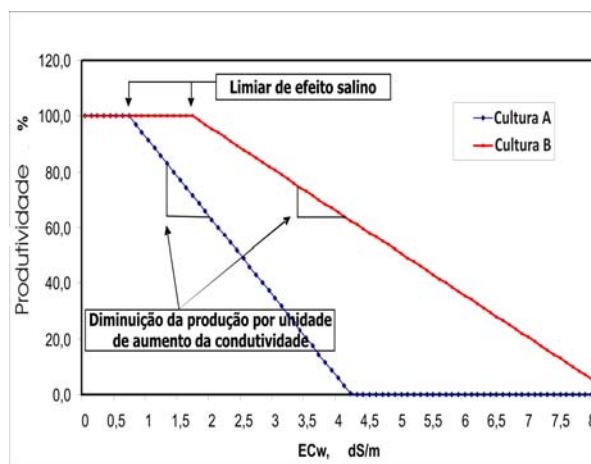


Figura 8. Produtividade das colheitas a diferentes níveis de salinidade

Sensível	Moderadamente tolerante	Tolerante
Feijão	Milho	Cevada
Cebola	Soja	Algodão
Trevo	Tomate	Oliveira
Batata	Aveia	Centeio
Pimenta	Trigo	

Tabela 1 – Tolerância das colheitas à salinidade

MEDIDAS DE MITIGAÇÃO E ADAPTAÇÃO

Em termos de salinização, a agricultura desempenha um papel duplo, como primeiro e último elemento na cadeia das causas. Por um lado, aumenta a pressão nos recursos do solo e da água, enquanto por outro tem que lidar com os danos originalmente causados por si própria, através de estratégias de mitigação e adaptação.

Os agricultores estão a adaptar-se a uma maior condutividade do solo e da água, através duma mistura de estratégias que incluem melhor escolha de

culturas e métodos de cultivo, rotação, métodos de irrigação, armazenamento de água, mistura de águas, reutilização de água e dessalinização. Nenhuma opção, por si só, pode assegurar que os níveis de produtividade e rendimento sejam mantidos ao longo do tempo.

A prevenção e reclamação de solos afectados pelo sal requer uma abordagem de gestão integrada, incluindo controlo, medidas agronómicas e tecnológicas e a consideração de aspectos socioeconómicos.

Além disso, as acções para mitigar a salinização podem ser implementadas por instituições locais e centros de investigação, enquanto a transferência de pesquisa e tecnologia pode desempenhar um papel crucial ao providenciar ferramentas, instalando estratégias de gestão ou disseminando estratégias de conservação de água.

Nas próximas páginas apresenta-se e discute-se as diferentes medidas e respostas de distintos pontos de vista: instituição, exploração agrícola e investigação.

Políticas de nível institucional sobre gestão dos recursos hídricos recurso para lidar com, ou prevenir, a salinização

Conhecimento dinâmico de:

- Recursos hídricos disponíveis e o seu uso;
- Sistemas de distribuição e armazenamento de água (infra-estrutura);
- Melhores práticas para melhorar a eficiência do uso da água, em termos de modalidade, tempo e necessidades;
- Acções de adaptação, mitigação e recuperação para combate à desertificação através de Sistemas de Apoio à Decisão (ver caixa);
- Responsabilidade pela segurança e controlo do fornecimento de água (roubo ilegal de água);
- Acordos de água entre vários sectores económicos, agentes e decisores;
- Dessalinização.

As principais estratégias que os agricultores utilizam para mitigar e se adaptarem à salinização

- Sistemas de irrigação;
- Medidas agronómicas de conservação da água e do solo;
- Armazenamento de água;
- Conhecimento e técnicas tradicionais de gestão de recursos da água;
- Técnicas de agricultura de sequeiro: colheitas e escolhas de cultivo – ver Figuras 7-9.



Figura 9. Horticultura intensiva em estufas temporárias alimentadas por charcas



Figura 10. Trigo duro de sequeiro alternado com horticultura irrigada sob túneis para evitar acumulação de sal



Figura 11. Colheitas de inverno irrigadas (alcachofra) alternando com horticultura irrigada sob túneis temporários

Um Sistema de Apoio à Decisão (SAD) para gestão dos recursos hídricos torna possível testar diferentes opções e simular impactos para os diferentes sistemas de terras, endereçado à administração pública e planeadores. É implementado com base nas necessidades reais e disponibilidade actual de dados.

O SAD é uma ferramenta útil para a avaliação integrada das intervenções de planeamento e políticas destinadas a mitigar a desertificação/salinização e usado pelos decisores e planeadores activos a nível local e da bacia hidrográfica.

O SAD baseia-se num simulador numérico capaz de tirar vantagem dos dados e funções SIG, incluindo o uso integrado de Capacidade da Terra e Adequação da Terra para gestão do solo, água e recursos da vegetação. Pode simular os impactos dum plano de acção local.

O SAD fornece um ambiente gráfico interactivo amigável do utilizador. Pode avaliar impacto ambiental em termos de interacção entre desertificação/salinização e gestão da terra, considerando tanto os pontos de vista ambientais como socioeconómicos.

ABORDAGENS DA INVESTIGAÇÃO PARA LIDAR COM A QUESTÃO DA SALINIZAÇÃO

A actividade de investigação atravessa todos os temas mencionados acima. O melhoramento da tolerância das colheitas é o tópico mais importante, por exemplo, para lidar com alguns efeitos das mudanças climáticas com base nos cenários futuros.

Em termos de colheitas agrícolas os cenários climáticos futuros para 2050 prevêem uma diminuição da produção de cerca de 20% no Sul da Europa, causada em particular por:

1. Redução do período de crescimento da planta;
2. Aumento da frequência dos eventos extremos durante as fases fenológicas, em particular chuvas intensas durante a germinação da semente, temperaturas altas durante a floração;
3. Um período de seca mais intenso e mais prolongado.

Uma pressão ambiental adversa, tal como salinidade elevada, tem uma forte influência na produção e sustentabilidade da agricultura. O estudo destes mecanismos envolvidos na resposta das plantas, e a sua tolerância, representa um grande desafio para os cientistas, especialmente à luz das mudanças globais previstas.

Os cientistas estão a seguir diferentes caminhos para enfrentar estes desafios, tais como:

- Aumentar o conhecimento da variação da população das espécies;
- Explorar novos genes em espécies relacionadas de perto com culturas cultivadas;
- Compreender as respostas fisiológicas à pressão abiótica;
- Mobilizar recursos das plantas e colecções de sementes de halófitas como forragem para utilização em fito-melhoramento.

A pesquisa sobre o genoma das plantas está a começar a providenciar informação relacionada com os possíveis mecanismos envolvidos na tolerância à pressão abiótica, tal como um aumento no número de genes, cópias e proteínas que estão a ser implicadas no trilha da resposta à pressão.

A expressão dos genes relacionados com a pressão é induzida pela ligação de factores de cópia que respondem à desidratação (DREB), ao motivo DRE nos promotores de várias secas, sal e genes da pressão do frio, exercendo assim um papel regulador ao modular a resposta da planta e possível tolerância. O isolamento e caracterização de genes DREB homólogos está neste momento em curso em várias plantas, incluindo cevada, trigo, arroz, milho, soja e também cenouras e tomates, e o uso de DREB em fermento transgénico e plantas está a dar mais informação acerca do seu papel biológico e possível alvo a jusante, os genes.

Outra abordagem é orientada para a mobilização dos recursos vegetais e colecções de sementes de halófitas como forragem para utilização em fito-melhoramento. Terra salina desertificada pode ser recuperada mesmo se altamente salina, através de halófitas adequadas ou espécies de plantas halo-tolerantes. A introdução da recuperação ecológica é uma tecnologia eficaz para terras degradadas. Tem grande valor económico e ecológico para a biodiversidade, conservação, recuperação de ecossistemas degradados, bem como produtividade e controlo da desertificação.

Por estas razões, as condições de água serão cada vez mais críticas e os processos de salinização aumentarão.

Assim, a selecção de sementes mais tolerantes à seca e à pressão salina (ver caixa) é uma das estratégias mais importantes para lidar com a salinidade.



Figura 12. Girassol – Alentejo, Portugal

ESTUDOS DE CASO

Salinização em Espanha: O aquífero costeiro do rio Vélez

O aquífero fluvio-deltaico do rio Vélez situa-se na costa Mediterrânea da Andaluzia, Espanha, e estende-se no sector mais baixo duma bacia hidrográfica de 610 km². A economia desta região baseia-se no turismo e agricultura (especialmente subtropical e primores). A superfície de irrigação é ligeiramente maior que 40 km². A população ultrapassa os 60 000 habitantes, mas aumenta para cerca de 150 000 durante o período de turismo do Verão.

O clima desta área é tipicamente Mediterrâneo. A temperatura média ronda os 18°C e a precipitação média é de 600 mm/ano, com a chuva concentrada entre Novembro e Abril. A chuva é muito variável e sazonalmente mais escassa, quando as necessidades de água são maiores.

Na cabeceira da bacia, as rochas carbonatadas fissuradas criam um aquífero, que é drenado por um número de nascentes localizadas nos seus limites (Figura 10). Estas nascentes formam o fluxo de base

do rio Vélez. O aquífero do rio Vélez é constituído por depósitos quaternários (sobretudo cascalho e areia) que se estendem por cerca de 20 km². Na parte costeira do aquífero, siltes e argilas siltosas do Pliocénico, com permeabilidade muito fraca, formam uma elevação no substrato que tem uma altitude semelhante ao nível do mar. Como resultado, dois sectores do aquífero podem ser facilmente distinguidos: o sector fluvial e o sector costeiro. Os dois sectores podem tornar-se independentes durante períodos de seca severa, devido a uma diminuição piezométrica geral. Esta situação é vantajosa dum ponto de vista hidrogeológico, pois torna impossível que uma cunha de água salgada force a entrada para o interior do sector fluvial. O aquífero é sobretudo recarregado pelo caudal dos rios Vélez e Banamargosa. A água da irrigação também contribui. A maior descarga do sistema corresponde à retirada de água subterrânea de mais de 400 poços, com uma média de 3 000 m³/ano, aos quais devem ser acrescentadas as descargas de superfície e subterrâneas, para o mar, ao longo da costa.

Durante os anos 1980 e 1990, a necessidade de água era satisfeita por bombagem descontrolada do aquífero. Ao mesmo tempo, foi concebida uma alternativa, tendo sido construído um sistema de reservatório (La Viñuela). Desde que o reservatório de La Viñuela começou a funcionar, em 1989, e o fluxo a partir dele reduzido ou até eliminado, o aquífero costeiro sofreu uma diminuição da sua recarga. Este facto, associado à falta de precipitação na primeira metade dos anos 1990 e ao aumento da extracção de água subterrânea, levou a uma diminuição considerável dos níveis piezométricos no aquífero. Durante o Verão de 1995 foi registado um grande avanço da intrusão salina e a falta de água devido à seca severa foi agravado pela deterioração da qualidade da água, causando problemas de abastecimento urbano e perdas em algumas colheitas.

A maior precipitação registada no período 1996-1998 melhorou consideravelmente esta situação. O volume de água no reservatório de La Viñuela atingiu quase a sua capacidade máxima na Primavera de 1998. Os níveis piezométricos subiram rapidamente e a cunha salina dissipou significativamente. Nos últimos anos, o reservatório tem fornecido água tanto para irrigação como para uso urbano, levando a que a bombagem de água doce do aquífero quase parasse. Presentemente, o aquífero não apresenta qualquer evidência de intrusão marinha significativa, mas é necessário um fluxo da barragem suficiente para manter a descarga subterrânea para o mar e garantir o controlo a longo prazo deste problema. Em adição, a agricultura intensiva e a aplicação de doses elevadas de fertilizantes pode causar uma

deterioração da qualidade da água subterrânea, associada sobretudo aos nitratos.



Figure 13. Localização do aquífero do rio Vélez e da sua bacia hidrográfica (Fonte Benavente et al., 2005)

Salinização em Chipre: a península de Akrotiri

A península de Akrotiri e o seu aquífero localizam-se ao longo da península na costa Sul de Chipre (Figura 11). Cobrindo uma área de 42 km² de sedimentos deltaicos heterogéneos não consolidados e intercalados com depósitos marinhos, é limitada por montanhas a Norte, por um lago salgado deprimido a Sul e pelo mar Mediterrâneo a ocidente e a oriente.

A península caracteriza-se por um clima semi-árido, com evaporação, em média, superior ao dobro da precipitação (450 mm/ano). A precipitação é sobretudo concentrada nos meses de Inverno; frequentemente a península sofre, tal como o resto do país, de falta de água devido a limitações estruturais e sazonais da água e a elevados graus de crescimento da população, associados a um fluxo crescente de turismo.

Akrotiri é o terceiro maior aquífero de Chipre e o recurso hídrico mais importante na área, fornecendo aos agricultores locais água para irrigação, bem como fornecendo uma parte considerável da água para consumo doméstico à cidade de Limassol, às vilas locais e à base militar Britânica próxima. O Aquífero de Akrotiri é naturalmente recarregado através da infiltração no leito do rio Kouris, precipitação local e fluxo de retorno da irrigação.

No final de 1930 foi iniciada uma grande plantação de citrinos (11 km²) na parte central do aquífero,

tornando a área numa importante planície agrícola. Desde então, têm sido extraídas grandes quantidades de água para uso doméstico e irrigação (em média 14 milhões de m³/ano entre 1967 e 1977), causando a intrusão de água marinha salgada e problemas de salinização.

Além disso, nas últimas décadas a necessidade de água cresceu em virtude do aumento da actividade agrícola e do turismo, actividade em grande expansão. Por estas razões, em 1987 as autoridades decidiram construir a barragem do rio Kouris, com uma capacidade de 115 milhões de m³. Cortando a principal fonte de recarga, a barragem mudou o regime hidrológico, causando uma redução drástica na recarga natural do aquífero aluvial e, conseqüentemente, um abaixamento do nível freático abaixo do nível do mar em vastas áreas. Este facto, em conjugação com uma bombagem descontrolada e excessiva de água, levou a que a frente de água salgada se movesse para o interior até 2 km, em particular na parte ocidental da península. Adicionalmente, a qualidade da água no aquífero começou a deteriorar-se ainda mais, devido ao uso intensivo de fertilizantes e pesticidas na produção agrícola da área.

No início dos anos 90, com uma exploração média de 18 milhões de m³/ano, o problema tinha-se tornado alarmante, com a salinização de solos irrigados, o que levou os agricultores a modificarem as suas práticas agrícolas e a abandonar as culturas nas áreas costeiras e muitos dos poços. Mais tarde, o aquífero foi declarado uma área de conservação pelas autoridades, e a exploração foi inicialmente reduzida a 12 milhões de m³/ano em média, sendo depois diminuída para 7 milhões de m³/ano no período 1997-1999.

Actualmente, para permitir a gestão eficiente e sustentável do aquífero, apenas é permitida a extracção limitada do aquífero e existem contadores de água em todos os poços, enquanto a procura de água para regar as plantações de citrinos depende de um caríssimo sistema de irrigação que traz água à superfície desde a barragem do rio Kouris. Além disso, para mitigar os efeitos adversos da reduzida disponibilidade de água e deterioração da qualidade de água do aquífero, há uma recarga artificial com água da barragem a montante de uma estação de tratamento de águas. Isto é feito através de três lagos de infiltração, que foram construídos na área das explorações de fruta e no antigo leito do rio Kouris, sempre que se regista excesso de água tanto na barragem do rio Kouris, como na barragem mais pequena Yemasoya, durante o Inverno.

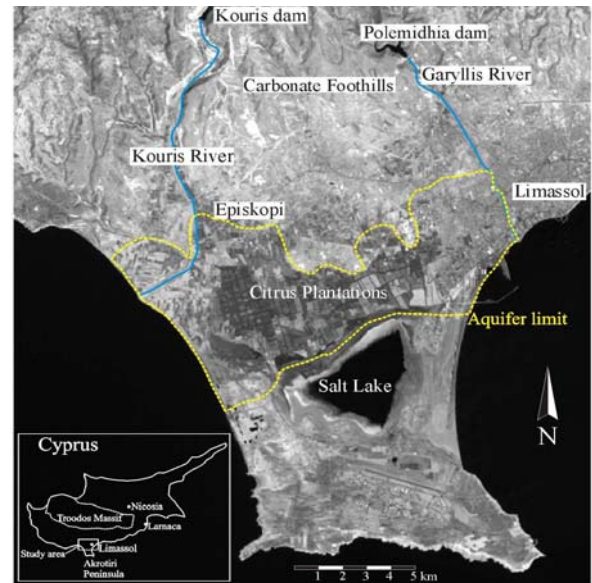


Figura 14. A península de Akrotiri, Sul de Chipre, mostrando os limites do aquífero de Akrotiri em relação às povoações principais, plantações mais importantes, os rios Kouris e Garryllis e outros elementos (barragens, lago salgado) (Fonte SWIMED website).

Salinização em Itália: a planície de Licata

- . Licata localiza-se na Sicília, uma das regiões mais severamente afectadas pela desertificação na Europa (Figura 12).
- . A salinização e a erosão são os principais processos que afectam a área e estão estritamente ligados com a intensidade do uso do solo (Figure 13).
- . A expansão de estufas para produzir vegetais de alto valor para o mercado nacional aumentou fortemente a extracção de água subterrânea desde os anos 1986 até atingir níveis críticos.
- . Actualmente, a agricultura intensiva é a principal actividade económica na área, enquanto o desenvolvimento turístico que foi planeado poderá aumentar o consumo de água.
- . Os agricultores desenvolveram uma mistura de estratégias para lidar com a baixa qualidade da água e manter o seu rendimento.

A planície de Licata é uma área intensamente cultivada na província de Agrigento (Sicília). A economia local baseia-se sobretudo na produção hortícola: especialmente melões, tomates, courgettes e alcachofra.

A planície de Licata está incluída na bacia do rio Imera, que atravessa a parte central da Sicília onde os solos naturalmente salgados são comuns. O rio apresenta uma grande variação na salinidade ao longo do tempo, e a água não pode ser usada pelos agricultores devido aos seus elevados níveis de salinidade. Na planície de Licata existem cerca de

2 000 poços, legais e ilegais, utilizados pelos agricultores para irrigar as suas estufas permanentes ou temporárias. A CEa média de 100 poços medidos em 2004 era de 5,9 mS/cm, correspondendo a um grau de salinidade que torna muito difícil o seu uso para irrigação.

Os elevados níveis de salinidade afectam a produtividade das culturas irrigadas e, numa perspectiva a médio – longo prazo, podem contribuir para salinização do solo secundária. O sector agrícola desempenha um papel duplo: por um lado aumenta as pressões no solo e recursos hídricos, por outro, tem que lidar, através da mitigação e estratégias de adaptação, com os prejuízos causados por si próprio. Em Licata, após mais de 40 anos de uso intenso dos recursos hídricos salinos, a actividade agrícola ainda continua graças às técnicas de cultura em meios sujeito à aridez. Os agricultores de Licata estão-se a adaptar a condutividades crescentes do solo e da água, através de uma mescla de estratégias que incluem escolha de colheitas e sementes, rotações, métodos de irrigação, armazenamento de águas, mistura de águas, dessalinização. Além disso, a gestão da água tem em conta a melhoria da qualidade de alguns produtos (em particular o tomate e o pepino de Cantalupe) que podem ser obtidos utilizando água moderadamente salgada. Nenhuma opção pode, por si só, assegurar níveis estáveis de produtividade e rendimentos. Uma análise das estratégias de mitigação e adaptação foi levada a cabo, em conjunto com uma avaliação da extensão espacial do fenómeno para esta área, no âmbito do Projecto RIADE sobre desertificação. Uma sonda permanente multi-paramétrica, para recolher dados de condutividade, foi ligada sem fios ao Serviço Agrícola de Extensão de Licata. Esta informação é utilizada para alertar os agricultores de situações críticas e dar-lhes uma possibilidade de adoptarem a melhor solução para reduzir a salinidade que atinge os seus campos.

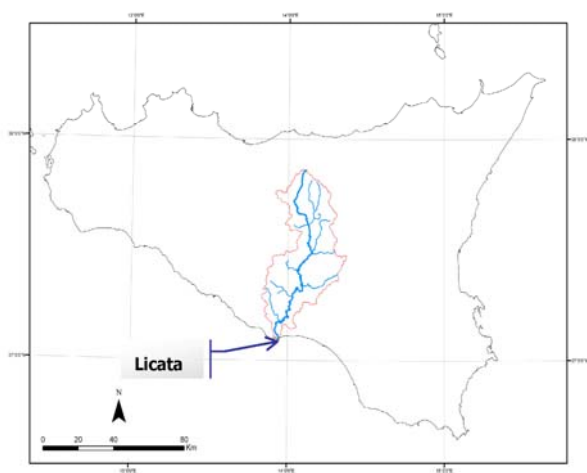


Figura 15. Bacia de Licata



Figura 16. Licata

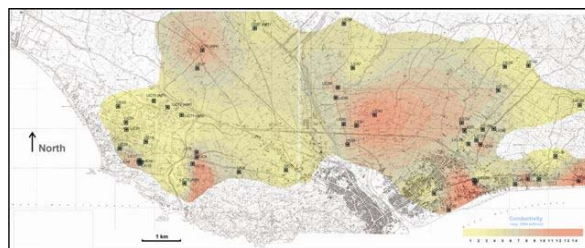


Figura 17. Mapa da planície de Licata mostrando a distribuição especial da condutividade eléctrica mS/cm (Cor vermelha significa áreas com níveis de salinidade mais alta)

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O mais recente cenário do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC) (Relatório Especial sobre o Cenário de Emissões 2000 - <http://www.ipcc.ch/activity/sprep.htm>) para os próximos 50 anos salienta o risco de aumento de temperatura e diminuição da precipitação na região do Mediterrâneo, dois fenómenos que podem aumentar dramaticamente os processos de salinização nas áreas costeiras Mediterrâneas.

Os desafios que enfrentamos hoje para encontrar soluções para os problemas da salinização, incluem:

1. A necessidade de mobilizar a comunidade científica para criar um programa integrado de métodos, padrões, bases de dados e redes de pesquisa, para a avaliação e controlo da salinização do solo;
2. A grande necessidade de uma abordagem multi-disciplinar;
3. A melhor compreensão das bases genéticas, bioquímicas e fisiológicas da tolerância ao sal;
4. O desenvolvimento de modelos de uso do solo que incorporem todos os factores naturais e induzidos pelas actividades humanas que contribuem para a salinização, de maneira a serem utilizados como ferramentas de gestão do território;
5. O desenvolvimento de sistemas de informação que liguem o controlo ambiental, contabilização e avaliação de impacto da salinização;

6. O desenvolvimento de políticas que se apoiem no maior uso da informação sobre os recursos, para uma agricultura sustentável;
7. A necessidade de um maior pragmatismo dos decisores a nível nacional, em se empenharem no sentido da salvaguarda da sustentabilidade ecológica, diversidade biológica e produtividade económica;
8. O desenvolvimento de instrumentos de custo efectivo para a avaliação da salinização, para encorajar o uso adequado dos recursos naturais;
9. O desenvolvimento de tecnologias de mitigação, tais como medições de salinização, deterioração da estrutura do solo, e perda de matéria orgânica do solo, podem ser usadas para providenciar sistemas de alerta antecipado da degradação da terra e uma avaliação da qualidade da terra no âmbito de ambientes sob pressão.



Figura 18. Sistema de rega, Alentejo

BIBLIOGRAFIA E LEITURA ADICIONAL

Benavente, K. el Mabrouki, M. Himi, J.L. García-Aróstegui, C. Calabrés y A. Casas, 2005. Uso de técnicas geofísicas para caracterizar la extrusión de agua salina en un acuífero costero mediterráneo bicapa (Río Vélez, provincia de Málaga) *Use of geophysical techniques to characterize the extrusion of saline water in a two-layer Mediterranean coastal aquifer (Vélez River, Málaga province)*. *GEOGACETA*, 37:127-130.

Brandt J, Geeson N. Imeson A., 2003: A desertification indicator system for mediterranean Europe. EU project www.kcl.ac.uk

EEA, 1998: Europe's Environment: The second assessment.

EEA, 2003: Europe's Environment: The third assessment.

EEA, 2003: Europe's water: an indicator based assessment, Topic report 1. 2003

Europe's water: an indicator based assessment, published in 2003, Source: EEA – Eionet – IRENA 1970- Não é, contudo, suficiente pesquisar e compreender os problemas, deve-se assegurar que o conhecimento que se adquire seja aplicado de forma prática, para o benefício da humanidade.
2000

FAO UNESCO Assessment 1999. [Global assessment of current water resources using total runoff integrating pathways.](http://hydro.iis.u-tokyo.ac.jp/~taikan/Publication/2001/HSJOKi2001.pdf) <http://hydro.iis.u-tokyo.ac.jp/~taikan/Publication/2001/HSJOKi2001.pdf>

SWIMED Sustainable water management in Mediterranean coastal aquifers: recharge assessment and modelling issues.
http://www.crs4.it/EIS/SWIMED/Description/F_description.htm

IPCC **Special Report on Emissions Scenario, 2000 -** <http://www.ipcc.ch/activity/sprep.htm>