



UNIVERSIDADE DO ALGARVE  
Faculdade de Ciências e Tecnologia

ESPÉCIES PARA PLATAFORMAS DE EVAPOTRANSPIRAÇÃO  
CAPACIDADE DE EVAPOTRANSPIRAÇÃO E ADAPTAÇÃO  
CLIMÁTICA

Ana Maria Antunes Amaral

Dissertação

**Mestrado em Arquitectura Paisagista**

Trabalho efectuado sob a orientação de:

Prof. Doutor José António Monteiro

2013

UNIVERSIDADE DO ALGARVE  
Faculdade de Ciências e Tecnologia

ESPÉCIES PARA PLATAFORMAS DE EVAPOTRANSPIRAÇÃO  
CAPACIDADE DE EVAPOTRANSPIRAÇÃO E ADAPTAÇÃO  
CLIMÁTICA

Ana Maria Antunes Amaral

Dissertação para obtenção do grau de mestre  
em Arquitectura Paisagista

Trabalho efectuado sob a orientação de:  
Prof. Doutor José António Monteiro

2013

Espécies para plataformas de evapotranspiração  
Capacidade de evapotranspiração e adaptação climática

Declaração de autoria de trabalho

Declaro ser a autora deste trabalho, que é original e inédito. Autores e trabalhos consultados estão devidamente citados no texto e constam da listagem de referências incluída.

---

(Ana Amaral)

Copyright: © Ana Maria Antunes Amaral  
Estudante da Universidade do Algarve

A Universidade do Algarve tem o direito, perpétuo e sem limites geográficos, de arquivar e publicitar este trabalho através exemplares impressos reproduzidos em papel ou de forma digital, ou por qualquer outro meio conhecido ou que venha a ser inventado, de o divulgar através de repositórios científicos e de admitir a sua cópia e distribuição com objectivos educacionais ou de investigação, não comerciais, desde que seja dado crédito ao autor e editor.

## **Agradecimentos**

Quero agradecer aos meus pais, por todo o apoio e carinho que sempre me deram e principalmente pela oportunidade de frequentar o ensino superior.

Um agradecimento especial ao meu namorado, pela ajuda prestada, o apoio incondicional, bem como pela paciência demonstrada para comigo nos dias mais difíceis do desenvolvimento desta dissertação.

Tenho muito a agradecer ao Prof. Doutor José António Monteiro, pela orientação provida de extensa experiência na área e apoio sempre prestados ao longo da execução da presente dissertação.

Agradeço também aos meus colegas, “aqueles” especiais, que me acompanharam nesta importante etapa da minha vida que teve bons e maus momentos, bem como pela amizade e companheirismo demonstrados ao longo desta.

De uma forma geral quero agradecer a todas as pessoas que participaram no desenvolvimento da pessoa que sou hoje, principalmente as amigas que provocaram boa influência na minha vida.

## **Resumo**

Das várias espécies normalmente aconselhadas para leitos de macrófitas sabe-se pouco das vantagens relativas de cada uma delas. Dentre estas estudaram-se *Iris pseudacorus*, *Juncus inflexus*, *Phragmites australis* e *Typha domingensis*. Como elemento de inovação, adicionou-se o *Nerium oleander*. Pretendeu-se adquirir informação sobre a sua adaptação ao sistema utilizado, o seu potencial de evapotranspiração e a possibilidade de usar parâmetros fisiológicos como indicadores da sua eficácia relativa.

Na primeira fase dos ensaios, o material vegetal foi plantado em vasos 19 e colocado em tabuleiros inundados, numa estufa. Numa segunda fase, colocaram-se as plantas numa câmara de crescimento com temperatura controlada e alta irradiância, numa tentativa de quantificar o efeito da temperatura na evapotranspiração: mediu-se a fotossíntese, a transpiração foliar e o volume de água consumido

Das cinco espécies testadas, o *Iris*, a *Typha* e o *Juncus* adaptaram-se bem ao sistema de produção utilizado, crescendo sem problemas e ocupando toda a área do vaso obtendo-se as biomassas de 1,5 Kg/m<sup>2</sup>, 2,10 Kg/m<sup>2</sup> e 1,6 Kg/m<sup>2</sup>, respectivamente. O *Phragmites australis* e o *Nerium oleander* não se desenvolveram como esperado. A *Thypha* e o *Iris* pareceram mais prejudicadas pela subida da temperatura aos 25°C do que as outras espécies, tanto na fotossíntese como na transpiração. A 15°C, conseguiram-se consumos totais de água pelas plantas de 179,38, 193,75 e 200,63ml/dia, para a *Typha*, o *Iris* e o *Juncus*, respectivamente. Também a 15°C, obtiveram-se assim evapotranspirações de 8,56, 9,06 e 9,31 litros/m<sup>2</sup> e dia, para a *Typha*, o *Iris* e o *Juncus*, respectivamente, o que para evapotranspiração total da capitação de água residual média (126 litros/habitante e dia) leva a dimensionamentos dos leitos de evapotranspiração entre 13,5 a 15 m<sup>2</sup>/habitante.

**Palavras-chave:** plataformas de evapotranspiração, microcosmos, *Iris pseudacorus*, *Typha domingensis*, *Juncus inflexus*, *Phragmites australis*, *Nerium oleander*

## **Abstract**

Information lacks on the differential capacities of most of the species suggested for constructed wetlands. With this work we intended to study the attributes of some of them especially, adaptation to a microcosms and capacity to evapotranspirate. *Iris pseudacorus*, *Juncus inflexus*, *Phragmites australis* and *Typha domingensis* were used. For some innovation, *Nerium oleander* was added.

In the first stage, the plant material was planted in pots 19 and placed on flooded trays inside a greenhouse. In the second stage, the plants were placed in a growth chamber with controlled temperature and high irradiance. Photosynthesis, leaf transpiration and water consumption were measured.

Of the five species tested, the *Iris*, the *Typha* and the *Juncus* adapted well to the production system used, growing smoothly, producing biomasses of 1,5Kg/m<sup>2</sup>, 2,10Kg/m<sup>2</sup> and 1,6Kg/m<sup>2</sup>, respectively, and occupying the whole area of the pot. *Phragmites australis* and *Nerium oleander* did not develop as expected. *Typha* and *Iris* were more disturbed by 25°C temperatures than did the other species, both in photosynthesis and in transpiration. At 15°C, could be water consumption by the plants were 179,38, 193,75 and 200,63ml/day for *Typha*, *Iris* and *Juncus*, respectively. Also at 15°C, we measured evapotranspirations of 8,56, 9,06 and 9,31 liters/m<sup>2</sup> day, for *Iris*, *Typha* and *Juncus*, respectively, which, for the total evapotranspiration of the average effluent per capita (126 liters/inhabitant and day) brings about a 13,5 to 15 m<sup>2</sup>/inhabitant for an evapotranspiration platform.

**Key-words:** evapotranspiration platforms, microcosms, *Iris pseudacorus*, *Typha domingensis*, *Juncus inflexus*, *Phragmites australis*, *Nerium oleander*

## Índice de Figuras

<u>Figura 1</u> – Leitões de macrófitas de escoamento superficial com plantas flutuantes e leitões de macrófitas de escoamento superficial com plantas fixas submersas. (Dias e Soutinho, 1999).....	18
<u>Figura 2</u> – Leitões de macrófitas com plantas fixas emergentes de escoamento horizontal superficial e leitões de macrófitas com plantas fixas emergentes de escoamento sub-superficial horizontal. (Dias e Soutinho, 1999).....	18
<u>Figura 3</u> – Planta esquemática de uma plataforma de evapotranspiração. (adaptada de ARH, s/data).....	19
<u>Figura 4</u> – Perfil esquemático de uma plataforma de evapotranspiração. (adaptada de ARH, s/data).....	20
<u>Figura 5</u> – Perfil Normais da Temperatura mínima e máxima do ar, nos últimos 30 anos em Vila Real de Santo António. (Instituto de Meteorologia, I. P., 2010).....	34
<u>Figura 6</u> – Temperatura média diária do ar (CARTA I.2) (Agência Portuguesa do Ambiente, 2007).....	35
<u>Figura 7</u> – Evapotranspiração potencial (Método de Penman); Agosto de 2010. (Instituto de Meteorologia, I. P., 2010).....	35
<u>Figura 8</u> – Plantas dentro da câmara de temperatura controlada.....	40
<u>Figura 9</u> – Plantas no final da experiência.....	42
<u>Figura 10</u> – Transpiração das folhas, a $320 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ PAR (radiação fotossinteticamente activa) e a diferentes temperaturas, expressa em $\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$ , excepto para o <i>Juncus</i> , em que é expressa em $\text{mmol H}_2\text{O}$ por 100 m lineares de folha e por segundo. <i>Phragmites</i> e <i>Iris</i> com transpiração superior à do <i>Nerium</i> (Duncan, para $p=0.05$ ). Transpiração de <i>Typha</i> e <i>Juncus</i> não é estatisticamente diferente de nenhuma das outras espécies.....	43
<u>Figura 11</u> – Fotossíntese das folhas, a $320 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ PAR (radiação fotossinteticamente activa) e a diferentes temperaturas, expressa em $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{s}^{-1}$ , excepto para o <i>Juncus</i> , em que é expressa em $\mu\text{mol CO}_2$ por $100\text{m}^{-1} \text{s}^{-1}$ lineares de folha e por segundo. Sem interacção entre os factores espécie e temperatura. <i>Phragmites</i> com fotossíntese superior à do <i>Nerium</i> e <i>Juncus</i> (Duncan para $p=0.05$ ). <i>Iris</i> e <i>Typha</i> com	

fotossíntese superior à do *Juncus* (Duncan, para  $p=0.05$ ). Fotossíntese a 15°C não diferente de fotossíntese a 20°C, mas fotossíntese a 25°C inferior à fotossíntese às outras temperaturas (Duncan, para  $p=0.05$ ).....44

Figura 12 – Consumo de água total pelas plantas (=Total de água evapotranspirada – água evaporada na modalidade sem plantas) por vaso e por dia, a diferentes temperaturas e a 320  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  PAR (radiação fotossinteticamente activa). Sem interacção ou efeito da temperatura significativos. *Juncus*, *Iris* e *Typha* consumindo mais água que *Nerium* e *Phragmites* (Duncan, para  $p=0.05$ ). *Nerium* e *Phragmites* adaptaram-se mal a este microssistema.....45

Figura 13 – Consumo de água total pelas plantas, por grama de peso fresco e por dia a diferentes temperaturas e a 320  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  PAR (radiação fotossinteticamente activa). Para a mesma temperatura, pontos com a mesma letra não são significativamente diferentes para  $p=0,05$  (teste múltiplo de comparação de médias de Duncan).....46

Figura 14 – Consumo de água total pelas plantas, por grama de peso seco e por dia a diferentes temperaturas e a 320  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  PAR (radiação fotossinteticamente activa). Sem interacção entre temperatura e espécies. Consumo a 25°C superior ao consumo às outras temperaturas (Duncan, para  $p=0.05$ ). *Phragmites* com consumo superior ao de todas as outras espécies, *Juncus*, *Typha* e *Iris* com consumo inferior ao do *Phragmites* mas superior ao do *Nerium* (Duncan, para  $p=0.05$ ).....47

Figura 15 – Relação entre o consumo de água total pelas plantas de *Juncus* e a transpiração das folhas (consumo de água= $41.871+489.86x$  transpiração,  $p=0.0154$ ,  $r^2=80.47\%$ ).....47

## **Índice de Tabelas**

Tabela 1 – Principais mecanismos de remoção de contaminantes em leitos de macrófitas. (adaptado de EPA, 1999; Duarte, 2002, in Oliveira, 2008).....17

Tabela 2 – Habitat, USDA hardiness zone e espaçamento de plantação. (ZipcodeZoo, 2010).....24

Tabela 3 – USDA zone e as respectivas temperaturas em °C e em °F. (ZipcodeZoo, 2010).....25

Tabela 4 – Peso fresco e peso seco obtidos por unidade de área.....42

Tabela 5 – Evapotranspirações médias diárias a 15°C, para as 3 espécies adaptadas ao microssistema e área necessária para evapotranspirar totalmente a capitação média de um habitante (126L/dia) (Área por habitante).....49

## ÍNDICE

Agradecimentos.....	3
Resumo.....	4
Abstract.....	5
Índice de Figuras.....	6
Índice de Tabelas.....	8
<b>I - Introdução.....</b>	<b>10</b>
<b>II - Revisão bibliográfica.....</b>	<b>12</b>
1. Efluente e fossa séptica.....	12
2. Leitos de macrófitas e Purificação da água.....	14
3. Evapotranspiração.....	21
4. Espécies vegetais, adaptação climática e Potencial de evapotranspiração.....	23
4.1. <i>Iris pseudacorus</i> .....	26
4.2. <i>Juncus</i> .....	27
4.3. <i>Nerium oleander</i> .....	28
4.4. <i>Phragmites australis</i> .....	29
4.5. <i>Typha</i> sp.....	31
5. O clima do Algarve.....	34
<b>III – Teste de um microssistema e respectivos consumos de água, fotossíntese e transpiração.....</b>	<b>37</b>
1. Introdução.....	37
2. Material e métodos .....	38
3. Resultados.....	41
3.1 . Correlações.....	48
3.2 . Dimensionamento dos leitos de evapotranspiração.....	49
<b>IV – Discussão e Conclusão.....</b>	<b>50</b>
<b>V - Bibliografia.....</b>	<b>54</b>

## **I - Introdução**

O Algarve tem bastante habitação dispersa, maioritariamente nos concelhos de Monchique (48%) e Aljezur (21%) (CCDR Algarve, 2007).

Na habitação dispersa, os efluentes das fossas sépticas são um problema, visto poderem contaminar zonas sensíveis, como sejam, os aquíferos e mais tarde também as captações de água; o que se constata também é que nem todos os sistemas de tratamento de água residual são os mais adequados do ponto de vista económico e funcional.

Nas zonas mais sensíveis, tendo em conta o seu carácter pouco oneroso e simplicidade de manutenção, adoptam-se cada vez mais, sistemas de tratamento economicamente viáveis e tecnicamente sustentáveis. Uma das possibilidades são os leitos de macrófitas, que além de tratamento secundário, podem também proporcionar tratamento de afinação, especialmente útil quando o meio receptor é considerado sensível, quando se pretende instalar a opção de reutilização, ou quando se pretende reduzir ou anular o volume de efluentes.

Este é um trabalho exploratório para averiguar algumas das vantagens relativas das diferentes espécies que são normalmente usadas nos leitos de macrófitas (plataformas de evapotranspiração). Como esforço inicial, num campo que é muito vasto, vão-se concentraram-se esforços na capacidade de evapotranspiração.

As listas de espécies actualmente sugeridas não fundamentam as razões para se utilizarem estas espécies. Sugerem normalmente espécies que naturalmente ocorrem nos meios húmidos, eutróficos, o que está correcto, mas não fazem uma análise dos atributos de cada espécie. É esta fundamentação técnica e dirigida à utilização nos leitos de macrófitas que se pretende aprofundar com este trabalho. Há uma falta de informação sintetizada e organizada sobre os aspectos pertinentes, que urge coligir para facilitar o planeamento.

Da longa lista de espécies possíveis só algumas são aconselhadas, o que provavelmente estará certo se essa lista for o condensar da experiência dos técnicos do sector. Contudo, e a nível geral, falta uma justificação fundamentada do porquê dessas espécies. Nomeadamente, desconhece-se concretamente qual a capacidade de evapotranspiração de cada uma das espécies quer por unidade de biomassa, quer por unidade de área ocupada. Desconhece-se também, para cada espécie qual a variação da evapotranspiração ao longo do ano, à medida que variam as condições térmicas e de humidade. Umhas espécies serão mais adequadas ao Inverno (altura do ano em que a

evapotranspiração é mais baixa, mas na qual nem por isso os efluentes são menores), outras ao Verão. Pretende-se quantificar o melhor possível esta variação, principalmente para as alturas piores do ano.

Por outro lado, nem todos os leitos de evapotranspiração se inserem nos mesmos contextos e falta sintetizar os atributos de cada espécie para verificar se as espécies aconselhadas serão mesmo as mais indicadas para cada situação específica. A título de exemplo, haverá leitos de evapotranspiração com efluentes exíguos no Inverno, porque servirão casas de férias, e outros com efluentes exíguos no Verão porque os residentes se ausentam nessa estação. Nestes casos, será importante conhecer não só a capacidade de evapotranspiração das várias espécies nos períodos com interesse mas também a possibilidade de resistir aos períodos críticos.

Com as limitações temporais que uma dissertação de mestrado acarreta, pretende-se coligir e organizar a informação disponível, assim como, acrescentar alguma, que ajude numa escolha mais consciente das espécies e no dimensionamento das plataformas de evapotranspiração.

No contexto da Arquitectura Paisagista, o enquadramento básico deste trabalho é o do material vegetal que é um dos elementos fundamentais da paisagem. O seu conhecimento e a verificação da sua adaptação às funções que pretendemos dele é fundamental para que um projecto ou qualquer intervenção na paisagem resultem, sejam (ou não) auto-sustentáveis e, um dos parâmetros decorrentes do conhecimento do material vegetal, neste caso é o dimensionamento. Bem entendido que este não é um trabalho globalizante, como seria um projecto, mas sim de aperfeiçoamento das ferramentas que permitirão fazer a diferença entre um bom e um mau projecto.

## **II - Revisão bibliográfica**

### **1. Efluente e fossa séptica**

Os efluentes são produtos líquidos ou gasosos resultantes dos esgotos domésticos ou produzidos por indústrias, que são lançados no meio ambiente. Existem basicamente duas categorias de efluentes líquidos: sanitários ou domésticos e industriais. (Neves, 1974)

O problema dos efluentes não se resume à habitação dispersa mas também, e principalmente, aos efluentes industriais ou de qualquer outra actividade, assim sendo, o Decreto-Lei nº 58/2005 de 29 de Dezembro de 2005 (Lei da Água), refere que os planos de gestão de bacia hidrográfica são instrumentos de planeamento das águas que, visando a gestão, a protecção e a valorização ambiental, social e económica das águas ao nível da bacia hidrográfica, compreendem e estabelecem:

- A definição dos objectivos ambientais para as massas de águas superficiais e subterrâneas e para as zonas protegidas, bem como a identificação dos objectivos sócio-económicos de curto, médio e longo prazos a considerar, designadamente no que se refere à qualidade das águas e aos níveis de descargas de águas residuais;
- Medidas relativas à protecção das águas contra descargas de águas residuais urbanas;
- A identificação e avaliação dos riscos de poluição de todas as fontes potenciais, nomeadamente unidades industriais, estações de tratamento de águas residuais e antigas minas abandonadas (DRE, 2005).

Este decreto de Lei refere também, que estão sujeitas a licença prévia de utilização e à observância do disposto no plano de gestão de bacia hidrográfica as actividades que incidam sobre leitos, margens e águas particulares; sendo uma delas a rejeição de águas residuais (DRE, 2005).

O Decreto-Lei nº236/98, de 1 de Agosto de 1998, estabelece normas, critérios e objectivos de qualidade com a finalidade de proteger o meio aquático e melhorar a

qualidade das águas em função dos seus principais usos, transpondo várias directivas do conselho, entre as quais:

- As directivas 76/464/CEE e 80/68/CEE, referentes à poluição proveniente de determinadas substâncias perigosas lançadas no meio aquático, inclusivamente no sentido de reduzir ou eliminar a poluição causada pelo despejo de águas residuais no meio aquático;
- A directiva 78/659/CEE, referente à qualidade das águas doces que têm a necessidade de ser protegidas ou melhoradas para permitirem a vida dos peixes;
- A directiva 76/160/CEE, referente à qualidade das águas balneares;
- A directiva 80/778/CEE, respeitante à qualidade das águas destinadas ao consumo humano.

De acordo com o Decreto-Lei nº236/98, quando o meio receptor de águas residuais é alvo de uso balnear, fonte de água para rega agrícola ou para outros tipos de utilização a jusante, pode ser exigido a aplicação de tratamento terciário em função dos parâmetros microbiológicos (DRE, 2005).

Em relação à disposição dos esgotos domésticos, ou águas residuais domésticas, são conhecidos dois sistemas: o público e o individual. O primeiro caracteriza-se pelo esgotamento das águas residuais por tubagem da rede pública até uma estação de tratamento e/ou disposição sanitária segura; e o segundo é representado pela fossa séptica, que constitui o primeiro componente para disposição de águas residuais domésticas, muito utilizado em locais onde não se dispõe de rede de esgotos (Filho e Castro, 2005).

A fossa séptica pode ser definida como unidade de sedimentação e digestão anaeróbia, de escoamento contínuo. É projectada para ser construída com material estanque para receber as águas residuais. Para a fossa séptica devem ser encaminhados todos os despejos domésticos provenientes de cozinha, lavandaria, lavatórios, sanitas, etc. A velocidade de permanência do líquido na fossa permite a separação da fracção sólida do líquido, proporcionando a digestão limitada da matéria orgânica e acúmulo dos sólidos. Durante o tempo que o efluente permanece na fossa séptica os sólidos suspensos tendem a sedimentar no fundo e a serem digeridos anaerobicamente formando lamas. Isso permite que o líquido, um pouco mais clarificado, seja destinado a uma área de absorção (Filho e Castro, 2005).

As fossas sépticas individuais servem geralmente uma habitação, contudo podem ser utilizadas de forma comunitária até cerca de 300 residências. Não são apropriadas para situações de densidade urbana alta nem consideradas a melhor opção para áreas com pouco fluxo de efluente residual (Mara, 1996).

O tratamento dos esgotos domésticos nas fossas sépticas quando praticado em áreas sem rede de esgoto pode oferecer níveis adequados de serviço para a disposição de resíduos em pequenas comunidades, contudo em grandes áreas urbanas, sob certas condições hidrogeológicas várias fossas apresentam um risco de migração directa de bactérias, vírus e nutrientes para aquíferos subjacentes e fontes vizinhas de águas subterrâneas. Com frequência, esse é o resultado da falta de espaço nas zonas densamente povoadas onde são construídos poços escavados ou tubulares particulares (Filho e Castro, 2005).

Existem zonas sensíveis, ou actividades específicas, nas quais não são permitidas descargas de efluentes no meio ambiente, sendo elas, espaços naturais e culturais (área de protecção e valorização) e área de máxima infiltração (CCDR Algarve, 2007).

Nestas zonas, está-se a tornar cada vez mais frequente a adopção de leitos de macrófitas, com duas funções básicas: purificação da água e evapotranspiração. Os leitos de macrófitas cujo objectivo principal é diminuir ou evapotranspirar totalmente o efluente, designam-se por plataformas de evapotranspiração.

## **2. Leitos de macrófitas e purificação de água**

Existe um crescente interesse em tecnologias ecológicas mais consistentes com a conservação de recursos, protecção do ambiente e maior fiabilidade deste tipo de processos ecológicos, como os leitos de macrófitas para a purificação da água, em detrimento de processos de tratamento consumidores de mais, energia, produtos químicos e utilizadores de meios mecânicos mais intensivos.

Os leitos de macrófitas ou bio-ETAR's apresentam ainda outras vantagens como (EPA, 1999; Relvão, 1999; Kadlec et al., 2000; Cabral, 2004, *cit. in* Oliveira, 2008):

- Custos de construção e operação relativamente baixos comparativamente com os sistemas convencionais (lamas activadas ou leitos percoladores);

- Necessidade de menores áreas para implantação que os sistemas de lagunagem de estabilização (sem plantas);
- Fácil operação e manutenção;
- Elevadas eficiências de remoção de matéria orgânica, matéria sólida, nutrientes (azoto e fósforo) e metais pesados;
- Tolerância a variações de cargas hidráulicas, orgânicas e inorgânicas;
- Reduzida emissão de odores;
- Dispensa a utilização de químicos;
- Gastos de energia relativamente baixos;
- Possibilidade de reutilização do efluente final;
- Obtenção de benefícios adicionais, nomeadamente, espaços verdes, habitats naturais e áreas de recreio ou educacionais.

Como principais desvantagens destacam-se (EPA, 1999; Relvão, 1999; Kadlec et al., 2000; Cabral, 2004, *cit. in* Oliveira, 2008):

- As eficiências de tratamento mais elevadas podem só ser atingidas dois a três anos após o início da exploração (i.e., após um bom desenvolvimento das plantas);
- Apresenta eficiências sazonais, influenciadas pelas épocas vegetativas e não vegetativas.

Para minimizar algumas das desvantagens apontadas é, portanto, necessário ter alguns cuidados quando se procede ao seu dimensionamento, tais como as características do afluente após o tratamento primário, o tipo de enchimento, a variação das condições climáticas que pode influenciar o ciclo hidrológico e o tipo de planta para colonização.

As plataformas de evapotranspiração são sistemas completamente naturais onde se desenvolvem complexos mecanismos de interação entre o efluente, o sistema radicular das plantas macrófitas, que as constituem, e os milhões de microrganismos que encontram ali condições ideais para o seu perfeito desenvolvimento. São estes microrganismos específicos de cada tipo de plantas, os principais responsáveis pelo tratamento natural dos efluentes.

Um leito de macrófitas é uma associação entre água, substrato, plantas, detritos de plantas, invertebrados e microrganismos. Os mecanismos que participam no aumento da qualidade da água são extensos e muitas vezes interligados, sendo os principais os seguintes: (IWA, 2000).

- Deposição das partículas suspensas;
- Filtração e precipitação química pelo contacto da água com o substrato e os detritos das plantas;
- Transformação química;
- Adsorção e permuta de iões na superfície das plantas, substrato, sedimentos e detritos das plantas;
- Decomposição, transformação e absorção de poluentes e nutrientes por parte das plantas e microrganismos.

Quanto mais estes mecanismos forem potenciados maior será a eficácia do tratamento do leito de macrófitas.

Os leitos de macrófitas são uma imitação das condições de tratamento que ocorrem nas zonas húmidas naturais mas com a particularidade de fornecerem flexibilidade de poderem ser construídos em qualquer lugar e assim poderem ser utilizados no tratamento de água residual primária ou secundária bem como águas com outra origem (IWA, 2000).

Os grandes caniçais são, desde há séculos utilizados na depuração de efluentes. Estas fito-comunidades têm-se revelado muito eficientes. A elevada capacidade de evapotranspiração, permite não só o aumento do volume de efluente que é libertado para a atmosfera sob a forma de água destilada, mas também contribui para uma redução da temperatura atmosférica tendo em consideração o consumo de energia que é necessário durante o processo. (Silva, 1998)

Numa perspectiva ambiental e ecológica, os leitos de macrófitas podem também ser uma escolha muito apelativa pois a sua construção pode ser efectuada de maneira a que os leitos se adaptem ao meio circundante e possam constituir habitat para vários seres animais (IWA, 2000).

As plataformas de evapotranspiração são sistemas biológicos de tratamento de efluentes constituídos por plantas macrófitas normalmente pertencentes às famílias *Typhaceae*, *Juncaceae* e *Poaceae*, estas desempenham um papel eficaz no tratamento das águas residuais, pelo facto de disporem de uma capacidade de criar em torno das suas raízes e rizomas um meio rico em oxigénio, onde se geram condições de oxidação que estimulam a decomposição aeróbia da matéria orgânica e o crescimento das bactérias nitrificantes (Relvão 1999, Carvalho 2003, Cabral 2004), bem como o desenvolvimento de biofilme. Esta associação quase perfeita proporcionada pela grande superfície

radicular das plantas, que permite a fixação das populações microbianas, é ainda responsável pelo transporte de gases para a atmosfera tais como dióxido de carbono ou o metano. Aqui os contaminantes funcionam como nutrientes para os microrganismos que os utilizam de forma a garantirem a sua subsistência e continuarem assim a desenvolver a actividade despoluidora dos efluentes (Cetambio, 2004).

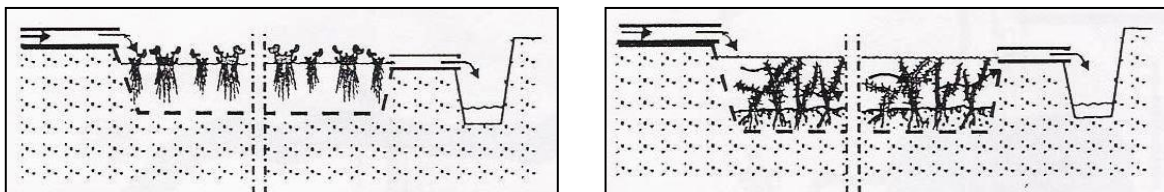
O tratamento da água por sistemas de macrófitas é feito de diversas formas: por absorção de substâncias pelas plantas, pelo fornecimento de condições propícias ao desenvolvimento de microrganismos e, indirectamente, por interacção com partículas do solo que é o substrato das plantas (Carvalho, 2003).

A maior parte dos microrganismos responsáveis pela alteração de substratos está presente no biofilme que se desenvolve nas raízes e rizomas das plantas ou nas partículas do meio de enchimento inerte. A purificação ocorre, quer através de fenómenos físicos (e.g. filtração e sedimentação), quer através de fenómenos químicos e bioquímicos (e.g. absorção e biodegradação). Como se pode ver na Tabela 1.

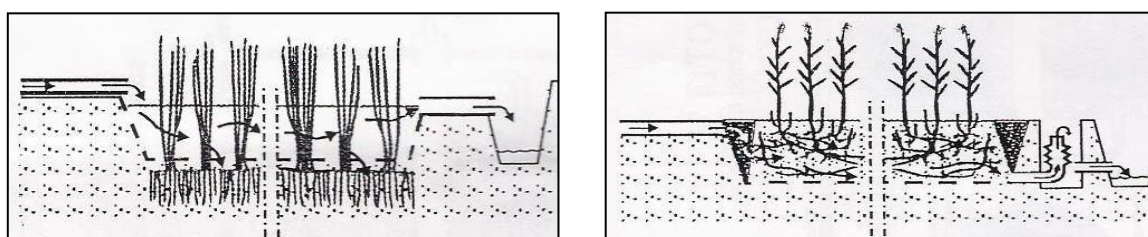
**Tabela 1** - Principais mecanismos de remoção de contaminantes em leitos de macrófitas. (adaptado de EPA, 1999; Duarte, 2002, *cit. in* Oliveira, 2008).

Parâmetros	Mecanismos de remoção
Sólidos Suspensos	Sedimentação, floculação e filtração/intercepção
Matéria orgânica	Matéria orgânica em partículas removida com os sólidos suspensos. Adsorção/absorção de matéria orgânica solúvel. Adsorção no solo. Conversão bioquímica da matéria orgânica.
Azoto	Nitrificação/desnitrificação. Nitrificação parcial. Oxidação anaeróbia da amónia. Remoção heterotrófica de amónia. Adsorção no solo. Remoção pela planta. Volatilização.
Fósforo	Sedimentação e adsorção/absorção da matéria particulada orgânica ou inorgânica no biofilme. Absorção radiculada e microbiana do fósforo solúvel. Precipitação de fosfato. Adsorção nos minerais de argila
Microrganismos patogénicos	Remoção conjunta com os sólidos suspensos. Retenção no biofilme. Morte celular natural ou devido a substâncias tóxicas excretadas pelas plantas

A principal distinção entre leitos de macrófitas (IWA, 2000) é feita com base no escoamento, mais concretamente entre superficial ou sub-superficial. Nos leitos de macrófitas com escoamento superficial é no tipo de planta utilizada que surgem as variações, enquanto quando o escoamento é sub-superficial as variantes são a direcção do mesmo, isto é, vertical ou horizontal (IWA, 2000), além das espécies vegetais utilizadas.



**Fig. 1.** Leitos de macrófitas de escoamento superficial com plantas flutuantes (esquerda) e plantas fixas submersas (direita) (Dias e Soutinho, 1999).



**Fig. 2.** Leitos de macrófitas com plantas fixas emergentes de escoamento horizontal superficial (esquerda) e de escoamento sub-superficial horizontal (direita) (Dias e Soutinho, 1999).

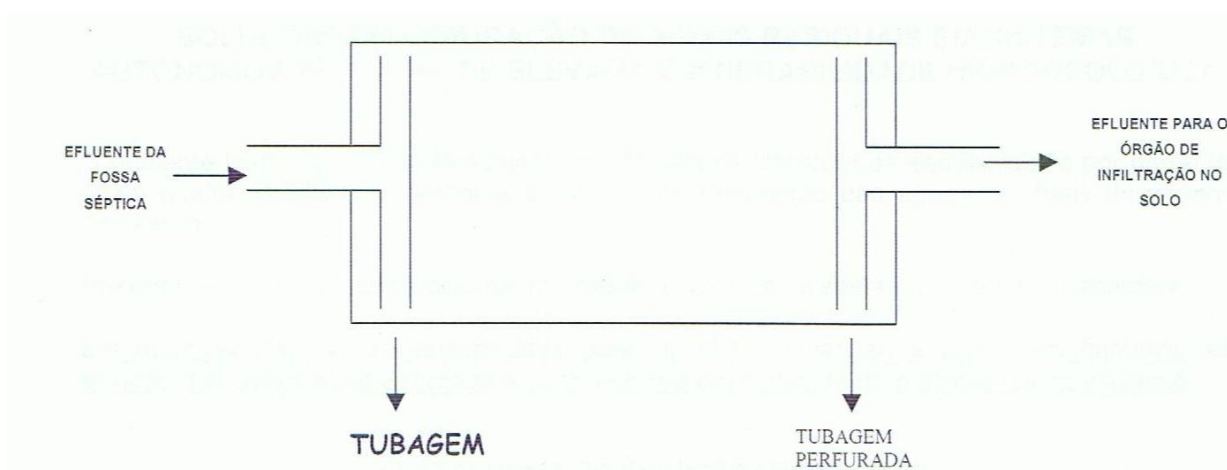
As administrações regionais têm sugerido a utilização de leitos de macrófitas para evapotranspirar total ou parcialmente os efluentes das fossas sépticas. Um exemplo concreto de uma plataforma de evapotranspiração é uma cavidade impermeabilizada com fundo horizontal (0.70m de profundidade), que complementa o tratamento das águas residuais em fossa séptica. O enchimento da plataforma é formado por uma camada de gravilha (5cm de altura) que suporta uma camada de areia grossa e terra vegetal, na qual se plantam espécies vegetais arbustivas ou herbáceas. Como forma de evitar possíveis infiltrações, recorre-se a telas impermeabilizantes, cuja espessura pode

variar. Nalguns casos pode também recorrer-se a argilas compactadas, embora esta técnica não garanta impermeabilizações tão eficazes quanto as telas sintéticas.

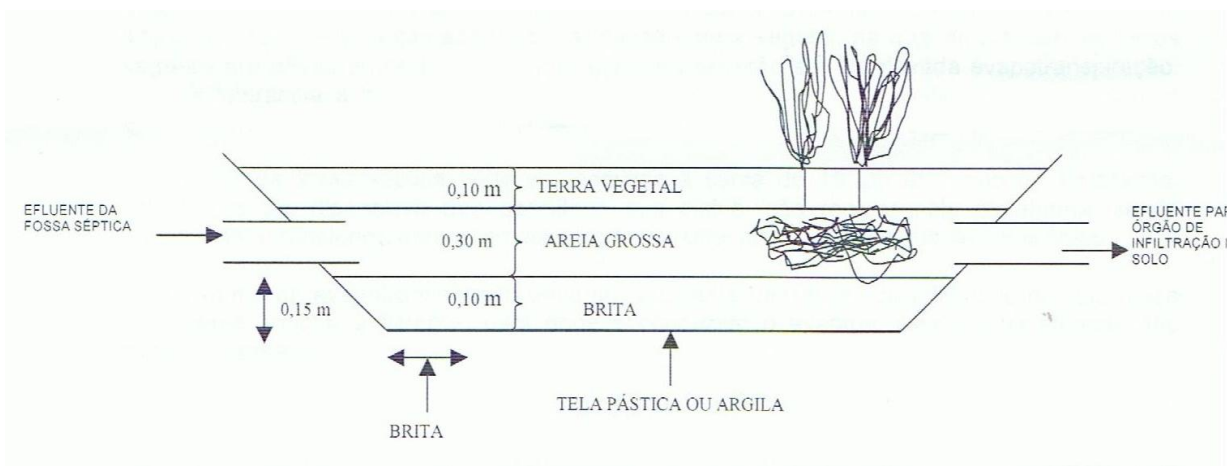
O efluente da fossa séptica pode ser emitido a cerca de 15cm do fundo da plataforma, através de um dispositivo que permite a sua distribuição regular pela plataforma, sendo parcialmente transferido para a atmosfera, que constitui um dos seus destinos finais.

No que diz respeito à localização de uma plataforma de evapotranspiração, esta localiza-se, normalmente, entre uma fossa séptica e um órgão de infiltração no solo, ou depósito estanque. Em terrenos não adequados à construção de órgãos de infiltração ou de filtração e/ou em locais cujos meios hídricos se caracterizam por uma elevada vulnerabilidade à poluição, faz-se um depósito estanque.

Relativamente ao dimensionamento de uma plataforma, este varia com a fonte, neste caso a fonte é a Administração da Região Hidrográfica do Algarve I.P. O dimensionamento baseia-se na adopção de 1m<sup>2</sup> de plataforma por habitante. Estas dimensões dizem respeito, às dimensões mínimas consideradas (ARH, s/data).



**Fig. 3.** Planta esquemática de uma plataforma de evapotranspiração  
(adaptada de ARH, s/data)



**Fig. 4.** Perfil esquemático de uma plataforma de evapotranspiração  
(adaptada de ARH, s/data)

Nas plataformas de evapotranspiração, é necessário fazer o desbaste regular da vegetação, uma vez que uma elevada densidade de plantas pode provocar situações de anaerobiose. Deve-se também sempre que necessário proceder à remoção de plantas velhas (ARH, s/data).

É importante, para o bom funcionamento da plataforma, que os dispositivos de entrada e saída do líquido sejam inspeccionados e escovilhados uma vez semestralmente. Deverá também ser prevista uma vedação para a plataforma de evapotranspiração (ARH, s/data).

As plantas macrófitas escolhidas são espécies hidrófitas, por estarem fisiologicamente ligadas à água, pelo menos parte do seu ciclo de vida, ou por existirem em ambientes húmidos ou encharcados que toleram a submersão em períodos mais ou menos longos. São plantas macroscópicas que incluem macroalgas, líquenes, briófitos, pteridófitos e plantas superiores (Oliveira, 2008).

Relativamente à utilização das espécies, o mais frequente (Relvão, 1999), é a utilização de macrófitas emergentes, plantas enraizadas no solo com a maior parte dos caules e folhas fora de água, como *Typha latifolia*, *Iris pseudacorus*, *Scirpus lacustris* e *Phragmites australis*. Esta última espécie é a mais usada no nosso país pelos melhores resultados que apresenta ao nível da adaptação ao clima, do desenvolvimento de rizomas

menos volumosos e da facilidade de manutenção, comparativamente com as outras espécies (Bandeiras, 2006). O *Phragmites australis* deve ser periodicamente podada para que os nutrientes incorporados nos tecidos não sejam devolvidos à água após a decomposição (Corregidor e Parejo, 1999), e, seguindo o mesmo raciocínio, certamente que o mesmo se deverá realizar com as outras espécies.

As espécies a utilizar deverão ser de elevada evapotranspiração, de boa tolerância a águas de média e elevado teor em azoto e bem adaptadas climaticamente.

A Administração da Região Hidrográfica do Algarve (ARH, s/data) aconselha como espécies vegetais mais adequadas para os leitos de macrófitas, a *Typha latifolia*, a *Typha angustifolia*, a *Phragmites communis*, a *Phragmites australis*, o *Juncus effusus*, o *Juncus inflexus* e o *Scirpus lacustris*. Desconhece-se quais as vantagens relativas entre estas espécies na sua capacidade de evapotranspiração, assim como o seu posicionamento em relação a outras espécies potenciais menos trabalhadas.

### **3. Evapotranspiração**

A evapotranspiração é a passagem da água da superfície terrestre para a atmosfera no estado de vapor, tendo papel importantíssimo no ciclo hidrológico em termos globais. Esse processo envolve a evaporação da água de superfícies de água livre (rios, lagos, oceano, etc.), do solo, da vegetação húmida e a transpiração das plantas. (Allen et al., 1998)

Como é praticamente impossível distinguir-se o vapor de água proveniente da evaporação da água no solo e da transpiração das plantas, a evapotranspiração é definida como sendo o processo simultâneo de transferência de água para a atmosfera por evaporação da água do solo e da vegetação húmida e por transpiração das plantas.

Os factores determinantes da evapotranspiração são os factores meteorológicos/climáticos, características fisiológicas e ecológicas das plantas, a radiação solar, a temperatura do ar, a humidade do ar, a velocidade do vento e outros factores em que as variações são complexas (Sentelhas e Angelocci, 2009; Wenying et al., 2008).

Com o aumento da temperatura do ar, a humidade relativa decresce gradualmente e a evapotranspiração aumenta, a meio do dia a humidade relativa atinge o seu mínimo,

enquanto a evapotranspiração o seu máximo; com o aumento da humidade relativa a evapotranspiração decresce constantemente (Wenying et al., 2008).

A evapotranspiração e radiação têm a mesma variação durante o dia. A radiação é muito baixa desde o anoitecer até ao amanhecer e a intensidade da evaporação é também muito baixa. No início da manhã com o aumento da radiação a evapotranspiração aumenta. Com o decréscimo da radiação, à tarde a evapotranspiração reduz gradualmente e atinge o mínimo à noite.

Com o aumento da velocidade do vento, a evapotranspiração aumenta, ou seja, a velocidade do vento tem um papel que pode promover e acelerar a evapotranspiração.

Durante a época de crescimento, a humidade relativa influencia a evapotranspiração e durante a época de não crescimento a velocidade do vento controla a evapotranspiração (Wenying et al., 2008).

Em agricultura utiliza-se frequentemente o conceito de evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>), ou o que é o mesmo, a evapotranspiração potencial (ETP), como sendo a taxa de evapotranspiração de uma superfície de referência, sem falta de água, e coberta com relva (Allen et al., 1998) e que acaba por ser uma forma de quantificar o efeito das condições climáticas do momento numa cultura hipotética. Para calcular as necessidades de água de uma cultura específica, aplica-se à ET<sub>o</sub> um coeficiente (coeficiente cultural, K<sub>c</sub>) que depende da cultura e do seu estágio de desenvolvimento. Independentemente das condições como o K<sub>c</sub> é determinado estes dados podem dar uma ideia da quantidade de água evapotranspirada por este tipo de plantas. Assim pela informação de Allen et al, (1998), zonas húmidas com *Typha* e *Scirpus* apresentam como K<sub>c</sub> mínimos valores de 0,30 para zonas com geadas fortes ou 0,60 para zonas sem geadas e K<sub>c</sub> máximos de 1,2. Para caniçais com espécies do género *Phragmites* os K<sub>c</sub> variam entre 0,7 e 1,2. Parece assim que o *Phragmites* será sempre o género com maior capacidade de evapotranspiração. Considerando as condições meteorológicas portuguesas podem-se considerar para ET<sub>o</sub> mínima, valores de 0,4mm/dia para Mirandela ou de 1,7 mm/dia para Sagres (Instituto de Meteorologia, I.P., 2010) de 21 de Janeiro a 10 de Fevereiro de 2010, ou valores máximos entre 5,8 e 6,45 mm/dia em Agosto de 2010 para o sul do país. Assim, para o *Phragmites*, aplicando os respectivos coeficientes culturais, no Inverno, em Mirandela podem-se esperar evapotranspirações de cerca de 0,28 mm/dia e em Sagres valores de 1,19 mm/dia. No Verão para o sul de Portugal os valores previstos estarão entre os 6,96 e os 7,74 mm/dia.

Estes valores são bastante inferiores aos referidos por Silva (1998), que refere que o *Phragmites australis* desenvolve em Portugal uma capacidade de evaporação de 2.000 até 5.000 mm por ano. Com 2.000 mm por ano, o valor médio diário seria de 5,47 mm, o que parece ser um pouco alto mesmo para o Sul do país (Silva, 1998).

O inverno é a estação do ano em que há mais dificuldade em promover uma alta evapotranspiração. Os efluentes serão aproximadamente os mesmos mas, as plantas nos leitos de macrófitas estarão mais ou menos paradas. Esta é também a estação mais pluviosa, o que poderá trazer um acréscimo de água a evapotranspirar nos leitos sem cobertura contra a chuva. Assim é importante analisar as diferentes espécies para esta época do ano mais desfavorável. Reveste-se de importância particular o intervalo de temperaturas em que a planta se encontra a evapotranspirar activamente e que deverá estar relacionado com o seu «zero vegetativo» ou período de dormência invernal (Período de latência). Do conhecimento geral da zona, o *Phragmites* e a *Typha* têm um período de repouso invernal, na qual seca a parte aérea e para o qual não se sabe a evapotranspiração realizada, mas não se espera que seja muita.

Tem-se tradicionalmente concentrado a atenção em espécies próprias de zonas húmidas, herbáceas, com um porte que não atinge mais do que os 2 a 3m. Falta saber se não haverá espécies de folha persistente, de porte arbóreo ou arbustivo, que aguentem estas condições e que no cômputo final sejam mais eficazes a evapotranspirar.

#### **4. Espécies Vegetais, adaptação climática e potencial de evapotranspiração**

Recollheu-se informação sobre algumas das espécies normalmente aconselhadas para leitos de macrófitas, pela facilidade com que ocorrem na região, *Typha latifolia*, *Typha angustifolia*, *Thypha domingensis*, *Iris pseudacorus*, *Phragmites australis*, *Juncus effusus*, *Juncus inflexus* e *Juncus acutus*. Adicionou-se uma, o *Nerium oleander*, como elemento de inovação. Trata-se de uma espécie de folha persistente, potencialmente capaz de evapotranspirar durante todo o ano, adaptada a zonas ribeirinhas e de crescimento razoavelmente rápido. Também é bastante resistente à seca. Em seguida apresenta-se a informação disponível sobre a adaptação edafo-climática e a

evapotranspiração destas espécies. Em muito casos não há informação específica, mas sim dados que poderão dar alguma ideia.

O quadro seguinte apresenta quais os seus habitats, a “USDA hardiness zone” e o espaçamento de plantação a que cada uma deverá estar sujeita. (Tabela 2)

**Tabela 2** – Habitat, USDA hardiness zone e espaçamento de plantação. (ZipcodeZoo, 2010).

<b>Nome científico</b>	<b>Habitat</b>	<b>USDA hardiness zone</b>	<b>Espaçamento</b>
<i>Iris pseudacorus</i>	Pauis, zonas ribeirinhas e arrozais	4 a 9a	12 a 15”
<i>Juncus acutus</i>	Água salobra (águas com sais)	7a a 10b	18 a 24”
<i>Juncus effusus</i>	Pântanos e suas margens, rias e prados húmidos	7a a 10b	18 a 24”
<i>Juncus inflexus</i>	Zonas húmidas nitrificadas	7a a 10b	18 a 24”
<i>Nerium oleander</i>	Margens de rios e ribeiros	8 a 11	20 a 25”
<i>Phragmites australis</i>	Zonas húmidas	3a a 9b	12 a 15”
<i>Typha angustifolia</i>	Água salobra ou sub-salina, água pouco eutrofizada	3b a 11	12 a 15”
<i>Typha domingensis</i>	Água salgada ou doce, eutrofizada	5a a 11	9 a 12”
<i>Typha latifolia</i>	Água salobra ou solo húmido, Água pouco eutrofizada	3a a 11	9 a 12”

A “USDA Hardiness zones” é uma zonagem baseada no intervalo da média das temperaturas mínimas para o local, com esta é-nos possível ficar com uma ideia geral e sintética da adaptação térmica das espécies. O mapa da” USDA hardiness” divide os Estados Unidos da Américas em 26 zonas (do 0a ao 12b), com base num intervalo de temperatura média baixa.

Portugal inclui as zonas de 8 a 10, verifica-se que todas as espécies encontram-se por todo o país. Teoricamente esta zonagem apenas indica a zona mais fria na qual a planta sobrevive, mas actualmente usa-se para indicar a gama de zonas onde a planta se adapta. Neste sentido mais actual, a informação encontrada na bibliografia pode induzir

em erro porque por exemplo o *Phragmites australis* aparece até em regiões de climas mais quentes como o Uganda. O *Iris pseudacorus* por seu lado também se estende em Portugal até à zona 10 (como é o caso do Algarve).

Todas as espécies referidas têm em comum o estarem adaptadas a zonas húmidas; o *Juncus acutus* e as três *Typhas* para além de se adaptarem bem em zonas húmidas, adaptam-se também em água salobra, o que poderá ser uma vantagem na adaptação ao ambiente próprio dos leitos de macrófitas.

No caso das plantas referidas, estas encontram-se entre a zona 4a e a zona 11, o que em termos de graus centígrados corresponde ao seguinte:

**Tabela 3** – USDA zone e as respectivas temperaturas em °C e em °F (ZipcodeZoo, 2010).

USDA zone	°C	°F
4a	-34.4 a -31.6	-30 a -25
4b	-31.6 a -28.8	-25 a -20
5a	-28.8 a -26.1	-20 a -15
5b	-26.1 a -23.3	-15 a -10
6a	-23.3 a -20.5	-10 a -5
6b	-20.5 a -17.7	-5 a 0
7a	-17.7 a -14.9	0 a 5
7b	-14.9 a -12.2	5 a 10
8a	-12.2 a -9.4	10 a 15
8b	-9.4 a -6.6	15 a 20
9a	-6.6 a -3.8	20 a 25
9b	-3.8 a -1.1	25 a 30
10a	-1.1 a 1.7	30 a 35
10b	1.7 a 4.4	35 a 40
11a	superior a 4.4	superior a 40

Através do espaçamento para plantação é possível verificar o porte que as espécies poderão atingir em adultas e/ou a capacidade para alastrarem lateralmente. As *Typhas* são as que apresentam um espaçamento menor, porque apesar de ficarem altas (1,5m a 3m), provavelmente não alastram muito lateralmente. O *Nerium oleander* é a

espécies que apresenta maior espaçamento, visto ser a que em adulta apresenta uma copa mais alargada.

#### **4.1. Iris pseudacorus**

Pertence à família *Iridaceae*. É uma herbácea perene com caules de 100 a 120cm de altura, ramificados na parte superior. Com folhas glabras, longas e planas, de coloração verde-acinzentada, até 60cm de comprimento e 3cm de largura; os caules mais curtos transformam-se gradualmente em brácteas florais. As inflorescências com 4 a 10 flores solitárias são amarelas brilhantes. Trata-se de uma espécie tóxica. Floresce de Março a Junho (Valdés, 1987).

O *Iris pseudacorus* cresce melhor em zonas húmidas, junto a lagos, rios e áreas baixas, onde tolera o pH baixo, servindo também de abrigo à vida aquática e controlando a erosão e o assoreamento. Embora seja essencialmente uma planta aquática, o rizoma pode sobreviver a condições de seca prolongada. Ainda assim, nestas condições ele crescerá e florescerá ainda que menos do que se estivesse próximo à água. Também pode ser plantado em vasos e floreiras (Valdés, 1987).

Distribuição geral, Europa, Norte de África, Ásia, Austrália, Oeste da Ásia e Madeira (Valdés, 1987).

O Íris amarelo tem sido usado como uma forma de tratamento de água, uma vez que tem a capacidade de captar metais pesados através das raízes (Valdés, 1987).

Num estudo de remoção de azoto e fósforo e de águas residuais foram utilizados *Iris*, durante o qual a temperatura ambiente variou entre os 8°C e os 26°C (Yousefi e Mohseni-Bandpei, 2010). Sobre esta espécie não existe muita informação sobre o período de crescimento activo, porém pode-se concluir que tem um intervalo alargado de temperaturas não letais.

Dos trabalhos de Van Dyck e Van Deun (2009) este *Iris* parece ter uma capacidade de evapotranspiração que pode atingir os 25 l/m<sup>2</sup> nas épocas mais favoráveis. E dependendo da altura do ano, pode apresentar uma maior ou menor capacidade de evapotranspiração do que o *Phragmites australis* (Van Dyck e Van Deun, 2009).

## 4.2. Juncus

Da família *Juncaceae*, são perenes e rizomatosas. Com folhas basais, cilíndricas, não septadas e com bainhas não auriculadas (Fernández-Carvajal, 1987).

### *Juncus effusus*

Possui caules com até 120cm, lisos ou ligeiramente estriados, medula contínua. Inflorescência de 3 a 6cm. Floresce de Maio a Julho (Fernández-Carvajal, 1987).

O seu habitat natural é em pradarias juncais sobre solos profundos. É resistente a pragas e não é exigente quanto ao pH da água (Fernández-Carvajal, 1987).

A amplitude da temperatura óptima para uma máxima eficiência fotossintética é de 20-25°C, com a segunda maior eficiência entre 15°C e os 20°C. E apresenta um decréscimo acentuado da fotossíntese passada a barreira dos 40°C (Mann e Wetzell, 1999). Nesta espécie conclui-se que o intervalo de 15-40°C uma gama de temperaturas que suporta bem, subentendendo-se que vai melhorar se estas forem inferiores aos 20°C do que se ultrapassarem os 25°C. Desconhece-se como se comporta a temperaturas inferiores a 15°C. Parece ser uma boa aposta para os invernos suaves mediterrânicos.

### *Juncus inflexus*

Os caules atingem os 150cm, com 10 a 20 estrias longitudinais e com medula interrompida. Inflorescência de 3 a 10cm, multiflora. Floresce de Maio a Agosto.

O seu habitat natural é junto a cursos de água e pradarias juncais húmidas e nitrificadas. A sua distribuição geral é na Europa (excepto no norte), Norte, Este e Sul de África, Oeste e Sul da Ásia (Fernández-Carvajal, 1987). A preferência por zonas nitrificadas pode reflectir uma boa adaptação a ambientes eutróficos.

Nas espécies *Juncus acutus* e *Juncus kraussi* (Greenwood e MacFarlane, 2009), a altura e biomassa das plantas produzidas em vaso decrescem com o aumento da densidade de plantação. A biomassa da parte aérea obtida por vaso de 150 mm, ao fim

de 8 meses, e para salinidades entre 0 e 5 ppt foi de cerca de 4 g (matéria seca, média aproximada das duas espécies).

### **4.3. Nerium oleander**

O *Nerium* é um arbusto. Pertence à família Apocynaceae. As folhas são persistentes, coriáceas. Flores em corimbos terminais. Com caules até 4m de altura, as folhas são de 10 a 17cm de comprimento por 2,2 a 3cm de largura, lineares lanceoladas. Trata-se de uma espécie tóxica. Floresce de Maio a Setembro.

*Nerium oleander* é uma espécie nativa das regiões mediterrâneas de África e da Europa (Aksoy e Ozturk, 1997).

É frequente em barrancos e cursos de água; encontra-se em todo o território de Andaluzia e é frequentemente cultivada como ornamental (Martín, 1987).

O *Nerium oleander* aclimatiza-se tanto a condições de verões quentes como a invernos frios e cresce activamente nestes regimes contrastantes (Bjorkman et al., 1978, cit in Raison et al., 1982a). A temperatura óptima para a fotossíntese é entre 35°C e 40°C para plantas que crescem num regime de 45°C/32°C (dia/noite) e entre 25°C e 30°C num regime 20°C/15°C (dia/noite) (Bjorkman et al., 1978, cit in Raison et al., 1982a). Esta capacidade de se aclimatizar às temperaturas que prevalecem é provavelmente um mecanismo adaptativo importante para esta espécie e outras espécies perenes do deserto, que experimentam grandes diferenças sazonais na temperatura ambiente. (Raison et al., 1982a; Raison et al., 1982b)

É assim uma espécie que prospera em ambientes húmidos embora não se saiba o seu comportamento em meios eutróficos e húmidos. Resolvemos investigá-la como um potencial candidato para evapotranspirar no Inverno devido às suas folhas perenes.

#### **4.4. *Phragmites australis***

*Phragmites australis* (Cav.) Steud. subsp. *australis* é sinónimo de *P. communis* Trin (Romero, 2009).

O *Phragmites australis* é uma espécie perene, pertence à família *Poaceae* possui caules até 4 m de altura e até 2cm de diâmetro. Floresce de Outubro a Fevereiro (Devesa, 1987). O seu habitat natural é junto a cursos de água, lagos e lugares húmidos. É uma espécie muito frequente (Devesa, 1987).

O *Phragmites communis* Trin cresce nos cinco continentes numa ampla gama de regimes de temperatura. (Haslam, 1969)

Haslam (1971) refere que, plantas densas, normalmente perdem mais água através da evapotranspiração do que é fornecido pela chuva. Os rizomas podem penetrar até dois metros no solo, e as suas raízes penetrantes ainda mais fundo.

As geadas podem provocar a dormência da planta e até matar alguns dos pedúnculos, o que pode posteriormente aumentar a densidade dos pedúnculos pela estimulação do desenvolvimento de novos rebentos (Haslam, 1969).

Lessmann et al. (2001) utilizaram nas suas experiências, *Phragmites australis* oriundas da Suécia, onde a zona de colheita das plantas apresenta temperaturas mínimas de -3,4°C, e plantas oriundas de Espanha, onde se dão temperaturas máximas de 23,7°C; o que demonstra uma grande amplitude de adaptação climática desta espécie.

Segundo Wenying et al. (2008), a variação da evapotranspiração diária, nos diferentes meses tem a mesma tendência, representada por uma curva de um único pico, com os valores mais baixos durante a manhã e o fim da tarde, e os valores mais elevados a meio do dia. No entanto, durante o período de “não crescimento”, a variação diária da evapotranspiração apresenta valores mais baixos durante a manhã e a tarde, e mais altos às 12h, mas neste caso, a curva apresenta vários picos. A variação mensal da evapotranspiração é superior durante a época de crescimento (Abril a Outubro), devido ao consumo da água da transpiração, e é mais baixo durante o período de “não crescimento”, devido a uma pequena evaporação.

As plantas jovens crescem melhor a temperaturas superiores a 25°C. Em latitudes superiores, estas só se desenvolvem bem com verões quentes. Os rizomas horizontais são resistentes às temperaturas negativas, enquanto os rizomas verticais e os rebentos não o são (Haslam, 1969). Consequentemente as jovens plantas que não possuem

rizomas horizontais no Outono têm uma maior probabilidade de morrerem em invernos gelados em zonas de climas frios. Se as temperaturas forem suficientemente elevadas, as plantas crescem rapidamente e evitam a morte pela competição, seca ou inundações (Haslam, 1971).

A emergência de novos rebentos na primavera quando a dormência interna é imposta pelo frio, cessam (Haslam, 1969). A emergência dos rebentos ocorre após cerca de 3 semanas de temperaturas do solo de pelo menos 7°C abaixo dos 10cm de profundidade. Esta ocorre mais cedo em solos que aquecem cedo na primavera e em encostas orientadas para Sul, visto estas serem mais quentes do que as que estão orientadas a Norte. O desenvolvimento dos rebentos mostra-se superior nas encostas orientadas a Sul em aproximadamente 5 a 15cm. Temperaturas do solo elevadas são uma vantagem para o *Phragmites* que produz uma densa camada de cobertura. Em zonas onde não haja congelamento do solo a emergência dá-se cerca de um mês mais cedo. A geada aumenta a densidade de rebentos se a mortalidade destes não for excessiva (Haslam, 1969). A tolerância à geada varia consoante a estação. Três dias de geada contínua com temperatura de -9°C são toleradas pelos rebentos emergidos em Dezembro, no entanto em Abril os rebentos morrem com -5°C e em Maio com -2°C, aos 0°C o crescimento abranda ou estagna. Em latitudes mais baixas os rebentos emergem em Fevereiro e durante os meses seguintes.

Na Europa a performance tende a crescer à medida que nos dirigimos para Sul. As épocas de crescimento dão-se principalmente nos períodos quentes nos climas frios e em quase todo o ano nos climas quentes. O período de crescimento completo dura normalmente dois a três meses. A fase entre a emergência e o crescimento completo é curta e o crescimento é rápido onde o Inverno é longo e frio (Haslam, 1969).

Em climas mais temperados, o período de crescimento é mais longo e o crescimento mais lento, estas diferenças entre biótipos são genéticas, podendo-se verificar estas diferenças entre populações britânicas e da bacia mediterrânica. Plantas de climas frios morrem no inverno, mesmo sem terem sido afectadas pelas geadas e plantas de climas quentes podem viver durante vários anos; a temperatura geral da época de crescimento afecta o desenvolvimento, indirectamente através dos biótipos e directamente através da dependência do crescimento dos rebentos (Haslam, 1975).

A biomassa aérea das populações de *Phragmites* depende muito dos biótipos. Rolletschek et al. (1999) encontraram valores máximos para dois biótipos diferentes; no estado natural, a crescerem numa paisagem natural, os valores foram de 150g e de 420g

de peso seco  $m^{-2}$ , por sua vez, para populações plantadas com os mesmos biótipos estes valores subiam para 437g e 1742g de peso seco  $m^{-2}$ . Os valores mínimos invernais foram de 5 a 7 g de peso seco  $m^{-2}$ , para as mesmas populações naturais.

É uma espécie cujos biótipos apresentam dormência invernal mesmo em países mediterrânicos (como Malta) e só em África (Malawi / Uganda) é que os caules adultos se mantêm verdes e com folhas durante a maior parte do ano (Haslam, 1975).

No Algarve, o *Phragmites australis* entra em dormência durante o inverno, morrendo uma boa percentagem da parte aérea (João Reis, comunicação pessoal, 2010), assim a evapotranspiração no inverno estará muito comprometida.

Esta espécie, uma das mais usadas e mais estudadas, parece ter um bom potencial de crescimento (e portanto de evapotranspiração) mas a dormência invernal poderá comprometer a sua função de evapotranspiração nos meses de inverno, quando esta é mais necessária.

#### **4.5. Typha**

O género *Typha*, pertence à família *Typhaceae*, são herbáceas perenes, rizomatosas. Limbo plano ou semi-cilíndrico (Talavera, 1987).

##### *Typha angustifolia* L.

Flores femininas com o estigma lineares ou lanceolado-linear, com bractéolas. Planta até 150cm. Flores masculinas com numerosas bractéolas geralmente simples; Flores femininas com bractéolas filiformes e que terminam numa espátula escuras e irregularmente dentadas. Floresce e frutifica de Maio a Junho (Talavera, 1987).

A *Typha angustifolia* L. cresce em lagunas de água doce pouco eutrofizada, é frequente no litoral. Distribuição geral: Europa, Norte de África, Ásia, Austrália e Norte da América (Talavera, 1987).

### *Typha domingensis*

Possui flores femininas com o estigma lineares ou lanceolado-linear, com bractéolas. Planta de até 2m de altura. Floresce e frutifica de Julho a Novembro (Talavera, 1987).

A *Typha domingensis* cresce em riachos, lagos e pântanos de água salgada ou doce e eutrofizada. É muito frequente. Distribuição geral, Região Mediterrânica, Ásia, Macaronésia (Canárias e Cabo Verde) e Regiões tropicais da América e África (Talavera, 1987).

Glenn et al. (1995) nos seus trabalhos apresentam valores de 15 l/m<sup>2</sup> de evapotranspiração para a *Typha domingensis*, no verão, em populações naturais, num pântano costeiro no México, e valores de 17 l/m<sup>2</sup> também no verão para os ensaios feitos em estufa. O Kc que referem para situações de baixa salinidade é da ordem dos 1,3.

### *Typha latifolia* L.

Flores femininas com o estigma clavado, sem bractéolas. Plantas de até 3m de altura. Floresce e frutifica de Abril a Fevereiro (Talavera, 1987).

A *Typha latifolia* L. cresce nas margens de rios e pântanos de água doce e pouco eutrofizadas. É muito rara. Distribuição geral, é cosmopolita (Talavera, 1987).

A temperatura e o fotoperíodo demonstram afectar o crescimento da espécie *Typha latifolia* (McNaughton, 1966), apesar da magnitude de algumas respostas dependerem do ecotipo. Apresentam ainda, um período de dormência no Inverno que aparenta ser necessário para manter o vigor neste género (McNaughton, 1966). Na Austrália, as espécies nativas *T. orientalis* e *T. domingensis* senescem no final do Verão depois de florirem, no entanto novos rebentos são produzidos no Outono. Estes rebentos crescem devagar durante o Inverno, quando as temperaturas médias atingem 3°C, estes rebentos encontram-se por vezes escondidos debaixo da vegetação morta. (Finlayson et al., 1983; Roberts e Ganf, 1986)

Sale e Orr (1987) demonstrou que a matéria seca produzida aumentava com o aumentar do fotoperíodo e da temperatura, com uma produção máxima quando as temperaturas atingiam os 30°C.

No Canadá em zonas de latitudes mais baixas e de temperaturas mais elevadas no Verão, demonstram maior crescimento de biomassa. (Lieffers, 1983)

Lieffers (1983) recolheu plantas de uma zona onde a temperatura média em Janeiro é de -21°C. Conclui-se, que as respostas para esta espécie dependerão do ecotipo considerado. No entanto, parece que poderá estar em crescimento activo entre os 3°C e os 30°C (Lieffers, 1983), assim sendo, poderá ser uma boa espécie para os nossos propósitos. Falta saber até que ponto a dormência invernal, ainda que com rebentos a emergir (debaixo da vegetação morta), provocará um decréscimo na taxa de evapotranspiração.

Ciria et al. (2005) em *Typha latifolia* obtiveram produções de biomassa de 2,8 kg de matéria seca por m<sup>-2</sup>, nas suas experiências em Soria (Espanha), num período que parece ir de Abril até ao fim do Outono, e que poderá ser considerado como anual. A produção de biomassa de *Typha latifolia* (2 kg matéria seca m<sup>-2</sup> ano<sup>-1</sup>), também para Soria (Espanha) tem sido apontada como superior à de *Phragmites australis* (0,5 kg matéria seca m<sup>-2</sup> ano<sup>-1</sup>) (Solano et al., 2004), o que pode fazer supor uma maior capacidade de evapotranspiração.

A produção em latitudes elevadas, como na floresta boreal Alberta, no Canadá, é de 456 a 848 g/m<sup>2</sup> de matéria seca, enquanto em latitudes mais baixas apresentam valores entre 1150 e 1600 g/m<sup>2</sup> de matéria seca (Republica Checa e Eslováquia). No Reino Unido 1070 g/m<sup>2</sup> de matéria seca. América do Norte de 1494 a 1566 g/m<sup>2</sup> de matéria seca. As temperaturas mais elevadas no verão e estações de crescimento mais prolongadas, resultam numa maior produção comparada com latitudes mais elevadas.

Populações de *Typha sp.* em pequenas áreas geográficas, mostram diferenças de biomassa abaixo solo, relacionadas com diferenças genéticas, no entanto a variância no crescimento entre populações pode ser também atribuído à plasticidade fenotípica devido a condições ambientais. (Lieffers, 1983)

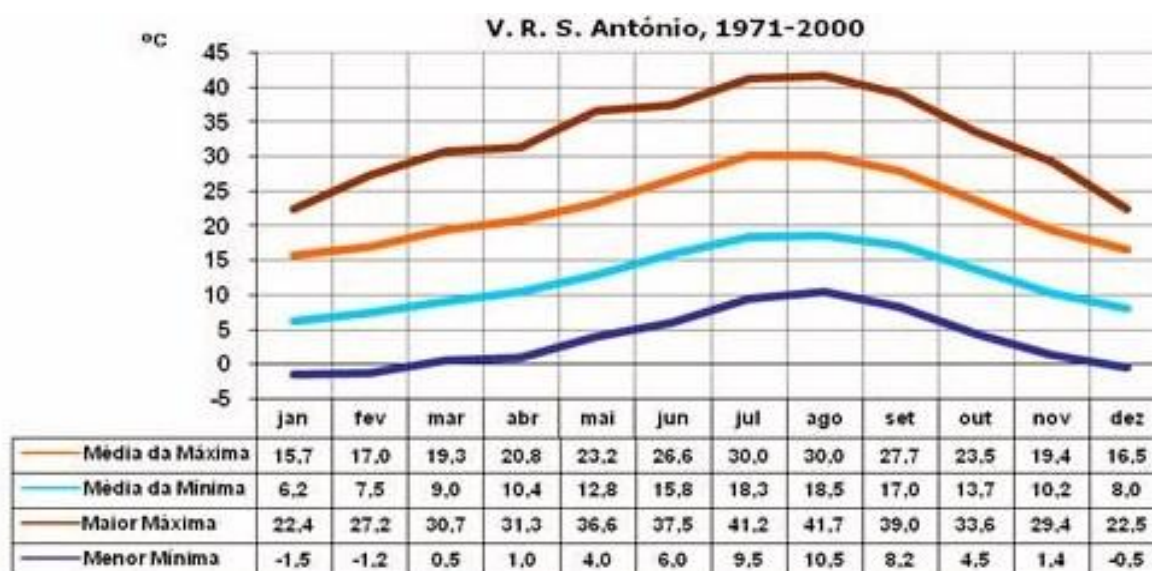
A *Typha sp.* que cresce em zonas de baixa concentração de nutrientes, têm rizomas e raízes maiores do que em zonas ricas em nutrientes. Quanto maior for a concentração de nutrientes maior é a densidade dos pedúnculos e conseqüentemente aumenta a mortalidade destes (Lieffers, 1983).

Há muitas plantas ribeirinhas, que poderão, ou não, aguentar as condições de alagamento e de eutrofização. Escolhemos as aqui apresentadas por serem algumas das mais utilizadas e o *Nerium* por uma questão de inovação. Muitas outras inovações

poderiam ser testadas, como por exemplo: *Arbutus unedo*, *Bupleurum fruticosum*, *Myrtus communis*, *Rubus ulmifolius*, *Viburnum tinus* e *Vinca difformis*. Desconhece-se como estas espécies de folha perene se adaptarão ao meio em causa e qual a sua capacidade de evapotranspiração no Inverno, por comparação com as normalmente sugeridas.

## 5. O clima do Algarve

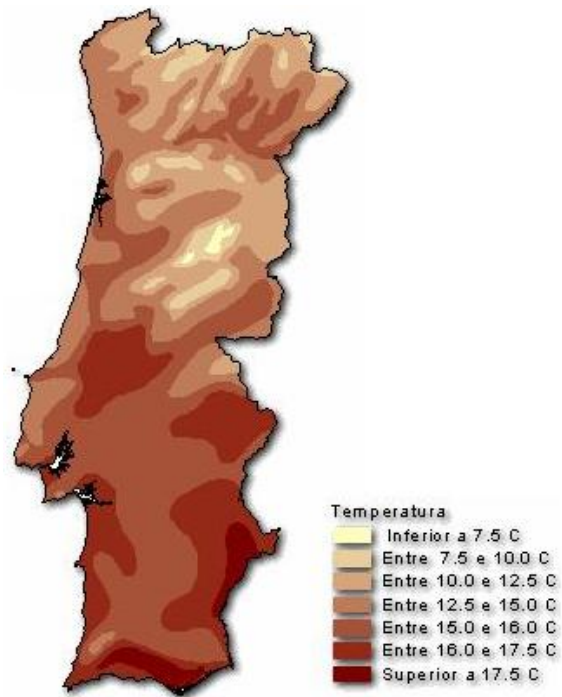
O clima algarvio é um clima termomediterrânico, de Invernos amenos. A título de exemplo, pela facilidade da disponibilidade de dados e para se ter uma ideia da gama de temperaturas apresentam-se na Fig. 5 as temperaturas médias para Vila Real de Santo António, (cidade próxima de Faro, local onde decorreu a experiência). Assim o mês mais frio é o mês de Janeiro, no qual as temperaturas podem ocasionalmente ser negativas, mas com uma média das mínimas de cerca de 6°C. Comparando com os valores da “USDA hardiness zones” verifica-se que as espécies em causa adaptam-se sem problema a este nível de temperaturas mínimas.



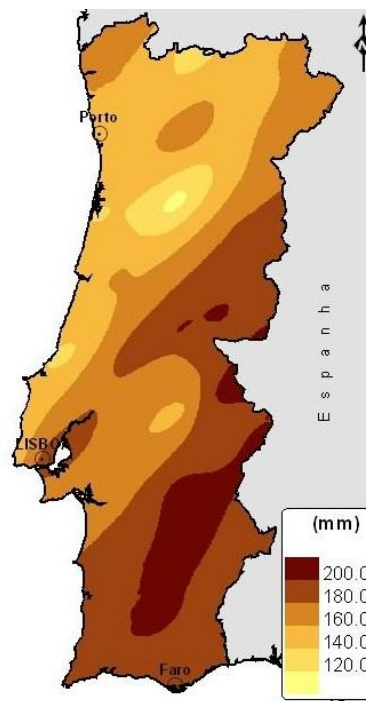
**Fig. 5.** Perfil Normais da Temperatura mínima e máxima do ar, nos últimos 30 anos em Vila Real de Santo António. (Instituto de Meteorologia, I. P., 2010)

Os meses mais frios são Dezembro, Janeiro e Fevereiro e os meses mais quentes são Julho, Agosto e Setembro.

Faro pertence ao Sotavento Algarvio, e é uma das zonas mais quentes do país, com uma temperatura média diária superior a 17.5°C. (Fig. 6).



**Fig. 6.** Temperatura média diária do ar (CARTA I.2)  
(Agência Portuguesa do Ambiente, 2007)



**Fig. 7.** Evapotranspiração potencial (Método de Penman); Agosto de 2010.  
(Instituto de Meteorologia, I. P., 2010)

Sobre a evapotranspiração potencial ou de referência para Faro no mês de Agosto, com os dados de 2010, a evapotranspiração rondou os 180 mm, o que dá 5,8 mm por dia. (Fig. 7). Em Faro as temperaturas do mês de Agosto oscilam entre os 19°C de mínima e os 29 graus de máxima o que levará a supor uma temperatura média de cerca de 24°C. (Instituto de Meteorologia, I. P., 2010).

### III – Teste de um microssistema e respectivos consumos de água, fotossíntese e transpiração

#### **1. Introdução**

Existe bastante informação geral sobre as espécies aconselhadas para as plataformas de evapotranspiração. Todas aquelas que pesquisamos crescem e desenvolvem-se na zona mediterrânica, e na pesquisa efectuada constatou-se que por todo o globo as espécies utilizadas nos leitos de macrófitas não variam muito. Contudo, pouco se conhece sobre a capacidade de evapotranspiração específica de cada uma, como se comparam entre elas principalmente no Inverno e qual a duração e/ou intensidade do período de dormência, ou latência invernal.

Falta assim informação que permita comparar as taxas de evapotranspiração das diferentes espécies normalmente aconselhadas, principalmente para a região mediterrânica.

A informação publicada e que conseguimos encontrar revela que normalmente quanto maior é a produção de biomassa maior é a capacidade evapotranspirante (Van Dyck e Van Deun, 2009). A *Typha latifolia*, em Espanha (Soria) tem uma capacidade de produção maior de biomassa do que o *Phragmites* (Solano et al, 2004) o que pode fazer supor um maior potencial de evapotranspiração, em geral. No entanto a *Typha* e o *Phragmites* apresentam dormência invernal, período em que decrescerá bastante a capacidade de evapotranspiração. Esta dormência no *Phragmites*, parece ser fisiológica e é bastante acentuada mesmo na zona mediterrânica (Haslam, 1975). Nas *Typhas*, esta dormência não impede a formação de novos rebentos no Outono (Fynlayson et al., 1983; Roberts e Ganf, 1986). Desconhece-se até que ponto estas dormências afectam o potencial evapotranspirante destas espécies. Dos trabalhos de Van Dyck e Van Deun (2009) na Flandres (Bélgica), a capacidade de evapotranspiração do *Phragmites* varia muito com a época do ano: há períodos em que esta é inferior à do *Iris pseudacorus* e outros períodos em que é superior.

Os objectivos deste trabalho são:

- a) Explorar a capacidade de adaptação destas espécies a meios confinados como vasos de 19cm de diâmetro e 15 cm de altura
- b) Adquirir informação preliminar que possa sugerir diferentes capacidades de evapotranspiração;
- c) Avaliar a possibilidade de utilizar a taxa fotossintética e a transpiração das folhas como indicador da capacidade de evapotranspiração;
- d) Verificar os dimensionamentos propostos para uma plataforma de evapotranspiração.

## 2. Material e Métodos

As espécies escolhidas para a experiência foram: *Iris pseudacorus*, *Juncus inflexus*, *Nerium oleander*, *Phragmites australis* e *Typha sp.*. Deu-se preferência ao *Juncus inflexus* relativamente ao *Juncus effusus* por, esta última ser uma espécie nitrófila. A *Typha*, pensamos ser a *Typha domingensis*, mas estamos à espera que dê flor para uma identificação mais precisa.

O material vegetal de partida e a sua origem foi:

- ***Iris pseudacorus***: Plantas com 27cm de altura e 5 folhas expandidas, obtidas por semente no horto da Universidade do Algarve (Gambelas, Faro). Planta mãe oriunda do viveiro Quinta do Medronhal em Santa Bárbara de Nexe.
- ***Juncus inflexus***: Rizomas com cerca de 11 caules aéreos de aproximadamente 70 cm de altura, sem flores, colhidos na zona do Ludo, Faro, Portugal (coordenadas 37° 02' 03.74" N; 7° 58' 48.89" W)
- ***Nerium oleander***: Estacas enraizadas com 3 nós e pequenos lançamentos, tudo perfazendo cerca de 12cm de altura, enraizadas no horto da Universidade do Algarve (Gambelas, Faro) a partir de material proveniente dos jardins

municipais de Faro (Rotunda do Hospital). (coordenadas: 37° 01' 27.32" N; 7° 55' 35.64" W)

- ***Phragmites australis***: Caule aéreo de 53 cm de altura, com raízes e nalguns casos 3cm de rizoma, colhido na zona do Ludo, Faro Portugal. (coordenadas: 37° 02' 05.39" N; 7° 58' 49.18" W)
- ***Typha sp.***: Rebento aéreo com 6 folhas e raízes, de cerca de 130 cm de altura e com 3cm de rizoma, colhido na zona do Ludo, Faro, Portugal. (coordenadas: 37° 02' 07.72" N; 7° 58' 51.30" W)

O material vegetal foi plantado a 4 de Maio de 2010 em vasos 19, cheios com Shamrock – Professional growing medium (Pot plant) (Scott O.M., Espanha, Tarragona) e numa primeira fase, colocados em tabuleiros inundados, numa estufa de estrutura metálica, coberta com polietileno no Horto da Universidade do Algarve (Gambelas, Faro). Foram também instalados dois vasos sem plantas, mas cheios com o substrato, como controlo. Toda a água utilizada foi fertilizada com cerca de 150 mg de  $N\ l^{-1}$  usando um adubo 18-18-18 + micronutrientes (Hakaphos rojo, Compo Agricultura, Barcelona, Espanha), simulando assim um ambiente eutrofizado. O único controlo ambiental existente foi a ventilação da estufa, por abertura automática de metade do tecto sempre que a temperatura excedia os 24°C.

Nesta primeira fase, a informação a retirar foi a adaptação das espécies às condições em causa.

Numa segunda fase, a 8 de Julho de 2010, colocaram-se as plantas numa câmara de crescimento com temperatura controlada e alta irradiância, numa tentativa de quantificar o efeito da temperatura na evapotranspiração. Na câmara a iluminação provinha de lâmpadas fluorescentes (Philips, TLD, 58/830) fornecendo cerca de  $12\ \mu\text{mol m}^{-2}\ \text{s}^{-1}$  e duas lâmpadas de alta intensidade (Sódio, alta pressão, Osram Vialox 400W, NAV-E (SON-E) atingindo-se irradiâncias totais ao nível do topo das plantas de  $320\ \mu\text{mol m}^{-2}\ \text{s}^{-1}$  (Radiação fotossintética activa). As luzes estavam programadas para ligar às 8h e desligar às 20h (fotoperíodo de 12 horas.). A temperatura na câmara foi

monitorizada utilizando um data-logger Testostor 175-2 (<http://www.testo-international.com>).

Utilizaram-se dois vasos por espécie (mais os dois do controlo, só com substrato) e cada vaso foi colocado dentro de uma bacia plástica (8,5 l de capacidade) (Fig. 8) parcialmente cheia com água. A disposição das plantas inicialmente na estufa e na fase posterior na câmara de crescimento foi completamente casualizada.



**Fig. 8.** Plantas dentro da câmara de temperatura controlada.

Depois de 4 dias de aclimação das plantas iniciou-se o ensaio no dia 12 de Julho de 2010, drenando completamente as bacias e atestando com 2 l de água.

Os tratamentos incluíram ciclos breves (três ou quatro dias) de crescimento a 25, 20 e 15°C. O objectivo era chegar a temperaturas iguais ou inferiores a 10°C, mas o sistema de refrigeração não apresentou capacidade para manter o ambiente a menos de 15°C.

O primeiro ciclo de temperatura iniciou-se a 12 de Julho de 2010 a 25°C, três dias depois terminou o primeiro ciclo e iniciou-se o segundo, dia 15 de Julho de 2010 a 20°C e quatro dias depois, dia 19 de Julho de 2010, deu-se início ao terceiro e último ciclo de temperatura a 15°C, este terminou dia 23 de Julho de 2010.

No fim de cada ciclo, mediu-se a fotossíntese e a transpiração foliar, drenaram-se as bacias e mediu-se o volume de água restante. Atestaram-se novamente as bacias com o mesmo volume de água e mudou-se a temperatura. A fotossíntese e a transpiração foram medidas com um IRGA (Infra Red Gas Analyser) portátil com um mini cuvette (HCM 1000, WALZ, Alemanha).

No fim dos 3 ciclos de temperaturas a parte aérea das plantas foi colhida e pesada, obtendo-se o peso fresco de cada indivíduo. Procedeu-se depois à secagem do material vegetal numa estufa ventilada (Venticell, MMM Medcenter, <http://www.mmm-medcenter.de>) a 80°C durante 7 dias.

Calcularam-se as seguintes variáveis: o consumo de água pelas plantas, o consumo de água por peso fresco, o consumo de água por peso seco, a evapotranspiração diária e a taxa fotossintética.

Os dados foram submetidos a análise de variância (ANOVA) e quando necessário as médias foram comparadas usando o Teste de Comparação Múltipla de Médias de Duncan. Foram também tentadas regressões lineares para relacionar algumas variáveis. O software utilizado foi o SAS (SAS Institute Inc. Cary, NC, USA).

### **3. Resultados**

Das 5 espécies testadas, o *Iris*, a *Typha* e o *Juncus* adaptaram-se bem ao sistema de produção utilizado, crescendo sem problemas e ocupando toda a área do vaso. O *Phragmites australis* contudo não se desenvolveu como esperado, ou por estar confinado a um vaso demasiado pequeno, ou por qualquer outra razão que desconhecemos. O *Nerium oleander* também não apresentou o desenvolvimento esperado, embora se desenvolvesse razoavelmente. Este último poderá não estar tão adaptado a meios com tanta água ou tão eutrofizados.

Na figura 9 pode-se ver qual era o aspecto e estatura das plantas no final da experiência.

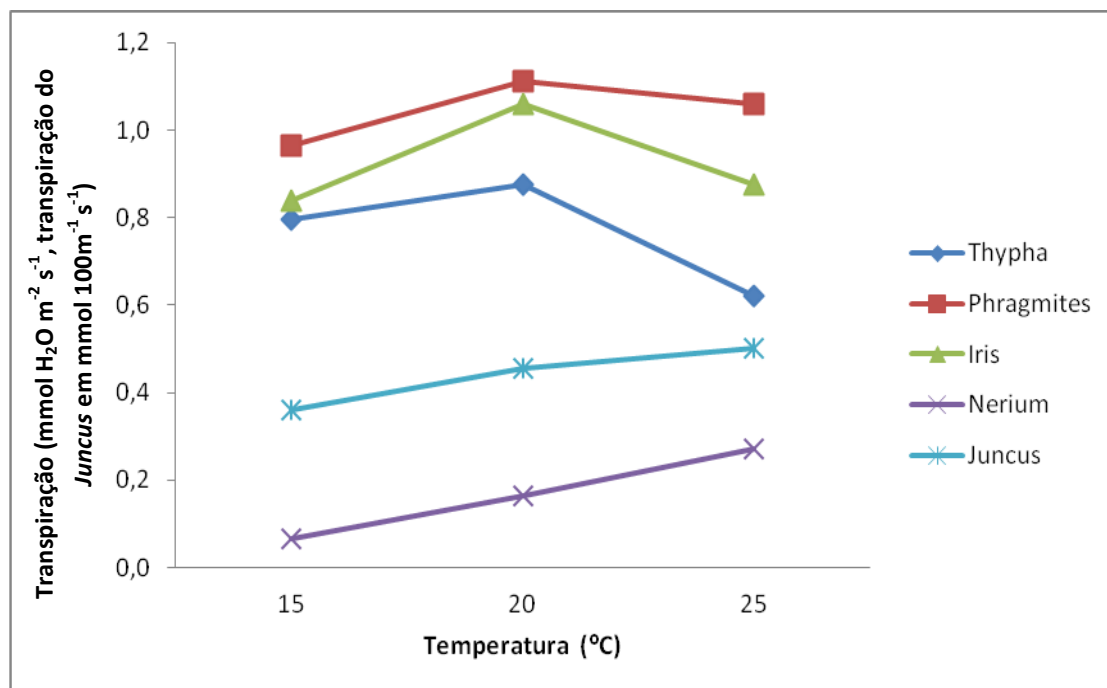


**Fig. 9.** Plantas no final da experiência.

Como consequência os dados relativos a estas duas espécies só terão interesse real se expressos por unidade de peso (fresco ou seco) ou de área foliar. O consumo de água por vaso ou por unidade de área para estas duas espécies, não são representativos porque a superfície dos vasos não se encontrava bem ocupada pelas plantas. A biomassa colhida no fim das experiências consta na tabela 4.

**Tabela 4** – Peso fresco e peso seco obtidos por unidade de área.

	Peso Fresco (Kg/m <sup>2</sup> )	Peso Seco (Kg/m <sup>2</sup> )
<i>Iris</i>	10,22	1,38
<i>Juncus</i>	5,99	1,40
<i>Nerium</i>	3,29	0,52
<i>Phragmites</i>	1,13	1,14
<i>Typha</i>	9,43	1,26

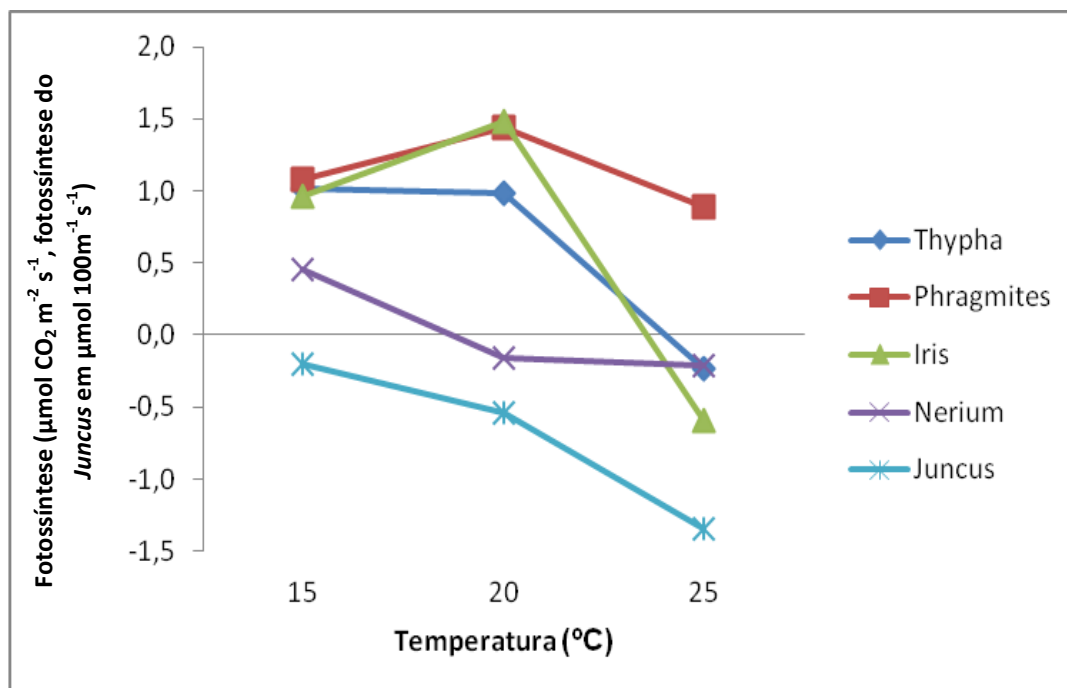


**Fig. 10.** Transpiração das folhas, a  $320 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  PAR (radiação fotossinteticamente activa) e a diferentes temperaturas, expressa em  $\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$ , excepto para o *Juncus*, em que é expressa em  $\text{mmol H}_2\text{O}$  por 100 m lineares de folha e por segundo. *Phragmites* e *Iris* com transpiração superior à do *Nerium* (Duncan, para  $p=0.05$ ). Transpiração de *Typha* e *Juncus* não é estatisticamente diferente de nenhuma das outras espécies.

Para a transpiração, não foram encontradas diferenças significativas entre as várias temperaturas nem interacção entre o factor temperatura e espécie. O factor espécie apresentou ligeiras diferenças significativas ( $P=0.0583$ ): *Phragmites* e *Iris* a transpirar mais do que o *Nerium*, *Typha* e *Juncus* com transpirações não significativamente diferentes de nenhuma das outras espécies. Algumas médias de transpiração são mais que o dobro umas das outras (Fig.10), sugerindo que a falta de diferenças significativas seja apenas um resultado do pequeno número de repetições. As três espécies que apresentaram médias mais elevadas de transpiração por unidade de área foliar foram o *Phragmites*, o *Iris* e a *Typha*. Estas espécies apresentaram um pico máximo aos  $20^\circ\text{C}$ , com  $1,11 \text{ mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$  para o *Phragmites*,  $1,06 \text{ mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$  para o *Iris* e  $0,88 \text{ mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$  para a *Typha*. As espécies *Nerium* e *Juncus* tiveram um aumento da transpiração com o aumentar da temperatura, com o máximo a  $25^\circ\text{C}$ , no entanto os valores mais elevados de transpiração destas, não atingiram os valores mais

baixos das outras espécies. Importa ressaltar que as unidades da transpiração do *Juncus* não são necessariamente comparáveis com as das outras espécies.

O *Phragmites* é a espécie que mais evapotranspira por unidade de área foliar (de 15°C a 25°C).



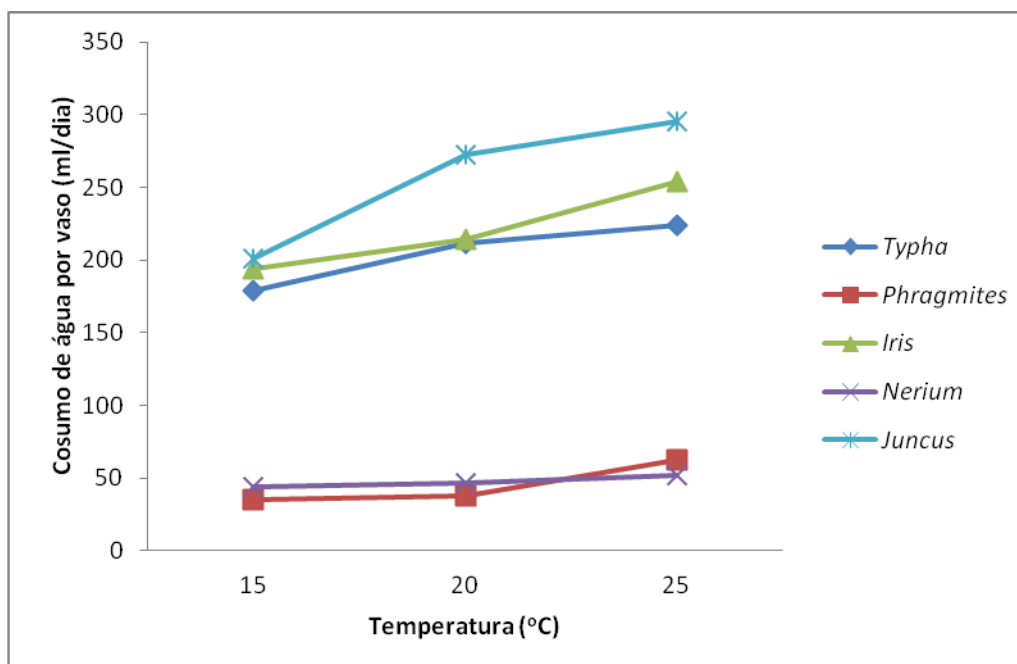
**Fig. 11.** Fotossíntese das folhas, a 320  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  PAR (radiação fotossinteticamente activa) e a diferentes temperaturas, expressa em  $\mu\text{mol CO}_2 \text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$ , excepto para o *Juncus*, em que é expressa em  $\mu\text{mol CO}_2$  por  $100\text{m}^{-1} \text{s}^{-1}$  lineares de folha e por segundo. Sem interacção entre os factores espécie e temperatura. *Phragmites* com fotossíntese superior à do *Nerium* e *Juncus* (Duncan para  $p=0.05$ ). *Iris* e *Typha* com fotossíntese superior à do *Juncus* (Duncan, para  $p=0.05$ ). Fotossíntese a 15°C não diferente de fotossíntese a 20°C, mas fotossíntese a 25°C inferior à fotossíntese às outras temperaturas (Duncan, para  $p=0.05$ ).

Da ANOVA não foi encontrada interacção significativa entre os factores principais, mas o efeito temperatura foi significativo ( $P=0.0117$ ) assim como o factor espécie ( $P=0.0049$ ). O *Phragmites* manteve, a todas as temperaturas, os valores de fotossíntese positivos (Fig.11). O máximo de fotossíntese, para a *Iris* e o *Phragmites*, foi de 1,48 e 1,44  $\mu\text{mol CO}_2 \text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$ , respectivamente, ambas a 20°C. Para as restantes

espécies os seus máximos verificaram-se aos 15°C, no entanto o *Juncus* apresentou um valor negativo para todas as temperaturas. Todas as espécies mostraram o valor mais baixo de fotossíntese à temperatura de 25°C.

A *Typha* apresenta uma boa adaptação até aos 20°C, nos 25°C a fotossíntese desce abruptamente.

É de salientar que as plantas não se encontravam em condições reais, tinham luz artificial com lâmpadas de vapor de sódio de alta intensidade obtendo-se irradiâncias de 320  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  PAR, quando a irradiância de um dia de sol limpo pode chegar facilmente perto dos 1000  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  PAR. As espécies que pareceram ter mais dificuldade em se adaptar às baixas irradiâncias foram o *Nerium* e o *Juncus*. Este último parece ser nitidamente uma espécie de altas irradiâncias, até pela morfologia das suas folhas.

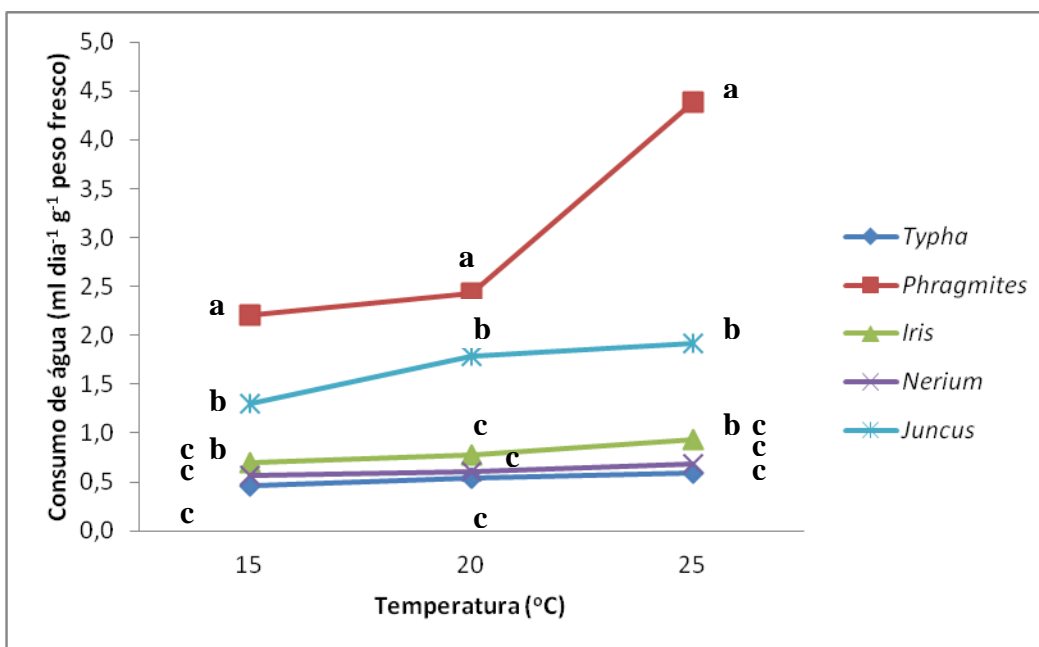


**Fig. 12.** Consumo de água total pelas plantas (=Total de água evapotranspirada – água evaporada na modalidade sem plantas) por vaso e por dia, a diferentes temperaturas e a 320  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  PAR (radiação fotossinteticamente activa). Sem interacção ou efeito da temperatura significativos. *Juncus*, *Iris* e *Typha* consumindo mais água que *Nerium* e *Phragmites* (Duncan, para  $p=0.05$ ). *Nerium* e *Phragmites* adaptaram-se mal a este microssistema.

O consumo de água total pelas plantas só apresentou efeitos significativos da espécie ( $P=0.0001$ ): *Juncus*, *Iris* e *Typha*, consumindo significativamente mais água que o *Nerium* e o *Phragmites* (Fig.12). O consumo máximo de água a 15°C, andou perto dos 200 ml por dia, para as espécies que mais consumiram. Aumentando a temperatura em geral, aumenta o consumo de água, embora não se conseguissem mostrar diferenças significativas, provavelmente devido ao baixo número de repetições. De entre estas espécies, a 25°C, o *Juncus* apresenta o consumo mais elevado, com 295,8 ml diários; enquanto o *Iris* e a *Typha*, apresentam um consumo de 253,8 ml/dia e 224,2 ml/ dia, respectivamente.

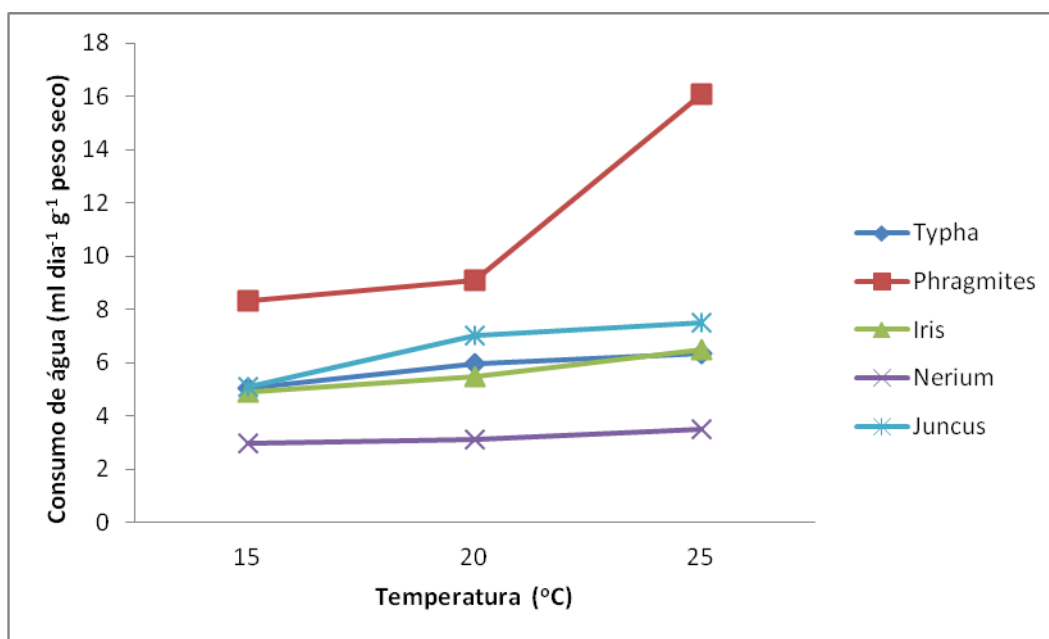
O *Nerium* e *Phragmites* apresentam valores inferiores, comparativamente com o grupo anterior, com consumo mínimo diário aos 15°C de 44,4 ml/dia e 35,6 ml/dia, respectivamente; e um valor máximo aos 25°C de 52,3 ml/dia e 62,5 ml/dia, respectivamente.

No caso do *Nerium* a planta não se apresentava no estado adulto e não cobria todo o vaso, no caso do *Phragmites* a planta não cresceu e também não cobria todo o vaso; assim sendo, o microsistema não é representativo da situação real para estas duas espécies.



**Fig. 13.** Consumo de água total pelas plantas, por grama de peso fresco e por dia a diferentes temperaturas e a  $320 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  PAR (radiação fotossinteticamente activa). Para a mesma temperatura, pontos com a mesma letra não são significativamente diferentes para  $p=0,05$  (teste múltiplo de comparação de médias de Duncan)

O consumo de água pelas plantas expresso por unidade de peso fresco apresentou diferenças significativas para todos os factores: espécie ( $P=0.0001$ ), temperatura ( $P=0.0004$ ) e interacção entre temperatura e espécie ( $P=0.0016$ ). Pode-se verificar a partir da Figura 13, que a espécie que mais gasta tem por unidade de peso fresco é o *Phragmites*, com valores acima dos  $2 \text{ ml dia}^{-1} \text{ g}^{-1}$  a todas as temperaturas. O *Juncus* é a segunda espécie que mais consome por unidade de peso fresco, apresentando a todas as temperaturas valores acima dos  $1 \text{ ml dia}^{-1} \text{ g}^{-1}$ , com um máximo de  $1,92 \text{ ml dia}^{-1} \text{ g}^{-1}$  aos  $25^\circ\text{C}$ . As espécies *Typha*, *Nerium* e *Iris*, a todas as temperaturas, apresentaram valores abaixo de  $1 \text{ ml dia}^{-1} \text{ g}^{-1}$ .



**Fig. 14.** Consumo de água total pelas plantas, por grama de peso seco e por dia a diferentes temperaturas e a  $320 \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  PAR (radiação fotossinteticamente activa). Sem interacção entre temperatura e espécies. Consumo a  $25^\circ\text{C}$  superior ao consumo às outras temperaturas (Duncan, para  $p=0.05$ ). *Phragmites* com consumo superior ao de todas as outras espécies, *Juncus*, *Typha* e *Iris* com consumo inferior ao do *Phragmites* mas superior ao do *Nerium* (Duncan, para  $p=0.05$ ).

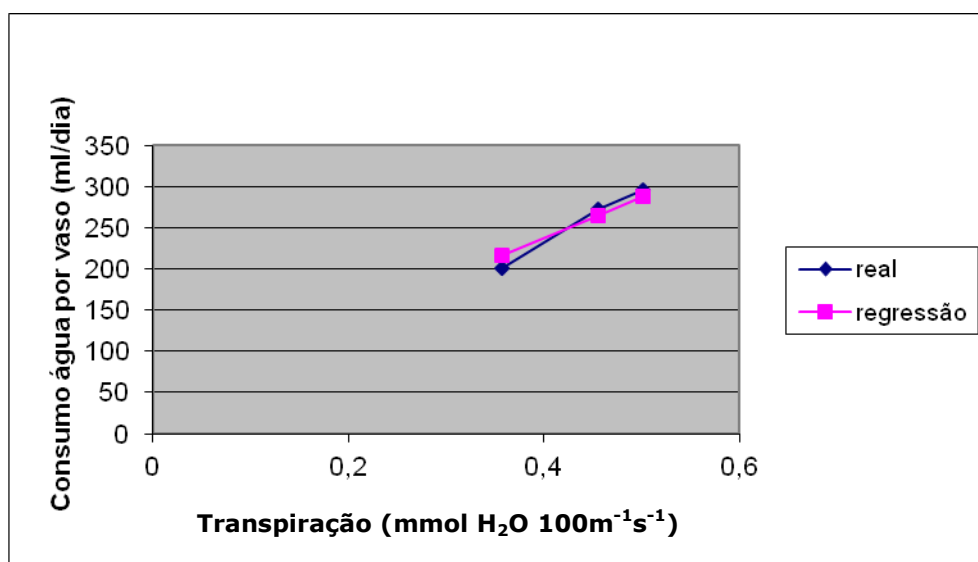
Não se encontrou interacção entre os factores temperatura e espécies, para o consumo de água por grama de peso seco ( $P=0.0658$ ). O efeito da espécie é significativo ( $P=0.0001$ ) assim como o efeito da temperatura ( $P=0.0038$ ). Na Figura 14, verifica-se que o *Phragmites* é a espécie que consome mais por unidade de peso seco, com valores acima dos  $8 \text{ ml dia}^{-1} \text{ g}^{-1}$  peso seco a todas as temperaturas, atingindo o seu máximo aos  $25^{\circ}\text{C}$ , com  $16,07 \text{ ml dia}^{-1} \text{ g}^{-1}$  peso seco. O *Juncus*, a *Typha* e o *Iris* aos  $15^{\circ}\text{C}$  apresentam valores muito próximos,  $5,10 \text{ ml dia}^{-1} \text{ g}^{-1}$  peso seco,  $5,05 \text{ ml dia}^{-1} \text{ g}^{-1}$  peso seco e  $4,89 \text{ ml dia}^{-1} \text{ g}^{-1}$  peso seco, respectivamente; Aos  $25^{\circ}\text{C}$  as três espécies apresentam o seu máximo, sobressaindo-se o *Juncus* com  $7,50 \text{ ml dia}^{-1} \text{ g}^{-1}$  peso seco.

O *Nerium* é a espécie que menos água consome por unidade de peso seco, o seu máximo foi aos  $25^{\circ}\text{C}$ , em que apresenta  $3,52 \text{ ml dia}^{-1} \text{ g}^{-1}$  peso seco.

Dos cálculos efectuados, a *Typha*, o *Iris* e o *Juncus* chegaram a evapotranspirações diárias de 12 a  $14,8 \text{ mm}$  (consumo total mais consumo de água na modalidade sem plantas, para a temperatura de  $25^{\circ}\text{C}$ ), ou seja entre 2 a 2,5 vezes superior à Evapotranspiração Potencial, para Faro em Agosto ( $180 \text{ mm}$ , cf. Fig 7). Com os dados actuais e as limitações deste sistema, a ordenação destas espécies por ordem crescente de Evapotranspiração nos meses quentes será *Typha* < *Iris* < *Juncus*.

### 3.1. Correlações

Foram efectuadas correlações entre a transpiração e o consumo de água para todas as espécies (tanto por espécie, como por g de peso seco), no entanto quase todas elas são bastante fracas e há mesmo algumas negativas. Só o *Juncus* demonstrou uma correlação com significado ( $r^2 = 0,80$ ).



**Fig. 15.** Relação entre o consumo de água total pelas plantas de *Juncus* e a transpiração das folhas (consumo de água=41.871+489.86x transpiração, p=0.0154, r<sup>2</sup>= 80.47%)

### 3.2. Dimensionamento dos leitos de evapotranspiração

Segundo o Inventário Nacional de Sistemas de Abastecimento de Água e de Águas Residuais (2008), as capitações de água residual em 2006 para a região hidrográfica de Portugal Continental era de 126 litros por habitante e por dia.

Das temperaturas médias do País (Fig.6), o sul apresenta temperaturas médias entre 15 e 17,5. Assim, faz sentido utilizar os dados obtidos neste trabalho para a temperatura de 15°C e verificar a área evapotranspiração necessária por habitante.

**Tabela 5** – Evapotranspirações médias diárias a 15°C, para as 3 espécies adaptadas ao microsistema e área necessária para evapotranspirar totalmente a captação média de um habitante (126L/dia) (Área por habitante).

Espécies	Evapotranspiração a 15°C (l/m <sup>2</sup> .dia <sup>-1</sup> )	Área por habitante (m <sup>2</sup> )
<i>Iris</i>	9,06	13,907
<i>Juncus</i>	9,31	13,534
<i>Typha</i>	8,56	14,720

#### **IV - Discussão e Conclusão**

Este micossistema terá muitas limitações para ser representativo de uma plataforma de evapotranspiração, mas é um primeiro passo para obter informação sobre a ecofisiologia destas espécies, no que é importante para as plataformas de evapotranspiração. Contudo, a *Typha*, o *Iris* e o *Juncus* apresentaram bons crescimentos e matérias secas por unidade de área (2,10 Kg/m<sup>2</sup>, 1,5 Kg/m<sup>2</sup> e 1,6 Kg/m<sup>2</sup>, respectivamente), comparáveis às descritas na bibliografia. Solano et al. (2004) e Ciria et al. (2005) apresentam biomassas para a *Typha* de 2 a 2,8 Kg/m<sup>2</sup>. Lessen et al. (2001), para o *Iris* apresentam produções de 0,049 a 0,112 kg/m<sup>2</sup> em oito semanas, o que fica abaixo das produções de biomassa por nós conseguidas em cerca de 12 semanas de ensaio. Para o *Juncus*, Greenwood e MacFarlan (2009) apresentam biomassas de 0,22 Kg/m<sup>2</sup>, o que também é inferior aos valores por nós obtidos. Diferentes condições de crescimento e até diferentes clones podem explicar as diferenças, mas as biomassas por nós obtidas não estão abaixo do que o que seria de esperar. Já para o *Phragmites*, a biomassa que conseguimos foi inferior à que aparece citada: 0,5 Kg/m<sup>2</sup> (Solano et al., 2004); 0,4 a 1,7 Kg/m<sup>2</sup> (Rolletschek et al. 1999).

Devido às limitações deste trabalho, principalmente o pequeno número de repetições, foi difícil mostrar diferenças significativas.

Pretendia-se estudar também a resposta das diferentes espécies às diferentes temperaturas. A fotossíntese manteve-se aproximadamente semelhante a 15 ou a 20°C, apresentando decréscimos significativos a 25°C, sugerindo que para as irradiâncias do ensaio, 25°C é uma temperatura excessiva, principalmente para o *Iris* e a *Typha*. A transpiração das folhas subiu à medida que se aumentou a temperatura, como seria de esperar. Contudo também aqui a *Typha* e o *Iris* apresentaram decréscimos de transpiração com a passagem de 20 para 25°C. Provavelmente houve fecho dos estomas para estas duas espécies, mas esta não foi uma variável observada.

Não se conseguiram mostrar diferenças significativas entre os consumos de água às diferentes temperaturas. No entanto os dados obtidos sugerem que à medida que sobe a temperatura, sobe também o consumo de água. O consumo de água por peso seco (Fig.14) suporta esta sugestão: a 25°C este foi superior do que às outras temperaturas. Conseguiu-se também mostrar, excepto para o *Nerium*, que à medida que aumentava a temperatura, aumentava o consumo de água por peso fresco. As taxas de

evapotranspiração estão directamente correlacionadas com a temperatura e radiação (Mann e Wetzel, 1999). Contudo, neste trabalho, os níveis de radiação foram constantes e baixos, por comparação com os níveis da luz solar directa (que facilmente atingem  $2000 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) o que pode confundir efeitos. Um dos objectivos do trabalho era tentar perceber a adaptação diferencial das espécies às diferentes temperaturas, contudo, dadas as condições experimentais ficamos muito aquém dos objectivos.

O *Phragmites australis* foi a espécie que apresentou o valor mais elevado de transpiração e o segundo de fotossíntese, o que proporcionou um maior gasto de água por unidade de peso, no entanto o consumo de água foi reduzido devido ao fraco desenvolvimento da planta ao longo da experiência, o que poderá ser explicado pelo curto período de adaptação; o reduzido consumo de água é ainda acentuado pela baixa área foliar por superfície de vaso. A fotossíntese máxima de  $1,44 \mu\text{mol/m}^2/\text{s}$  é muito abaixo do máximo reportado por Lessmann et al., (2001) de  $27,3 \mu\text{mol/m}^2/\text{s}$ , o que pode ser indicativo de uma distância às condições óptimas de luminosidade.

O *Iris pseudacorus* apresentou a segunda maior transpiração e a maior fotossíntese. O seu consumo de água foi o segundo de entre as espécies, no entanto o gasto de água por unidade de peso foi intermédio comparativamente com as restantes espécies, devido possivelmente a uma maior densidade das folhas. Apesar de não existirem diferenças significativas entre temperaturas, existe uma tendência de maior transpiração aos  $20^\circ\text{C}$ .

A *Typha* sp. apresenta a 3ª maior transpiração, fotossíntese, consumo de água e gasto por unidade de peso seco, já o consumo de água por unidade de peso fresco é o menor. Isto pode-se dever ao facto de a *Typha* reter mais quantidade de água nas suas estruturas que algumas das outras espécies. Em relação à temperatura óptima para a evapotranspiração nesta espécie, não se pode determinar por não existirem diferenças significativas entre temperaturas e também, os vários parâmetros medidos não indicam uma tendência concreta. Esta discrepância entre parâmetros pode ser fruto de erros nas amostragens.

O *Juncus* apresentou a quarta maior transpiração e uma fotossíntese negativa o que pode ter sido um erro de amostragem, devido ao facto de a área foliar. A folha desta espécie não preencheu a área da câmara (a área da câmara era de  $2,5\text{cm}^2$ ) por ser linear,

e os parâmetros fisiológicos acabaram por ser expressos por 2cm de comprimento da folha. O valor da fotossíntese por nós obtidos de  $-0,54 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  a  $20^{\circ}\text{C}$ , não é comparável ao de entre os 6 e os  $11 \mu\text{mol/m}^2/\text{s}$  a temperaturas médias de  $23^{\circ}\text{C}$ , encontrado previamente por Mann, e Wetzell, (1999). Esta espécie teve o maior consumo de água, no entanto o consumo de água por unidade de peso fresco e seco foi o segundo abaixo da *Phragmites* possivelmente devido ao erro associado a esta última. Este grande consumo por unidade de peso podem ser explicados por uma real absorção de água desta espécie e/ou o facto de esta possuir as folhas ocas, o que faz com que retenha muita água comparativamente ao seu peso. Quanto à temperatura que conduz a um maior consumo de água podemos apenas dizer que parecem ser os  $25^{\circ}\text{C}$ , visto que não existem diferenças significativas entre temperaturas.

O *Nerium* apresentou a pior prestação em quase todos os parâmetros testados, ao apresentar o consumo de água mais baixo de todas as espécies estudadas, no entanto, este facto pode-se dever à baixa área foliar. Não existem diferenças significativas entre temperaturas, mas nota-se uma tendência para uma subida aos  $25^{\circ}\text{C}$ .

Foram tentadas correlações entre o consumo de água e a transpiração, por planta mas devido ao baixo número de observações à variabilidade no tipo e orientação das folhas, não se conseguiram correlações com significado. Apenas no *Juncus* foi possível estabelecer uma boa correlação. A falta de correlação entre a transpiração na folha e o consumo de água, poderá dever-se à morfologia da planta, a qual permite transpirar por caules e bainhas das folhas, órgão que não foram avaliados. Só no *Juncus* com uma morfologia muito homogénea, com folhas cilíndricas confundindo-se com o caule, se conseguiu mostrar uma correlação entre a transpiração e o consumo de água.

O dimensionamento do leito de evapotranspiração por nós efectuado obteve valores muito superiores ao que é normalmente efectuado. Seco et. al. (2008) apresenta um resumo razoavelmente alargado dos dimensionamentos existentes em bastantes ETARs nacionais: os valores, para os leitos, variam entre  $0,8 \text{ m}^2/\text{habitante}$  para Vila de Rei, e  $3,7 \text{ m}^2/\text{habitante}$  para Penacova. Contudo, o dimensionamento por nós efectuado, partiu do pressuposto que queríamos evapotranspirar toda a água que chegasse ao leito de macrófitas enquanto que numa ETAR, pretende-se purificar a água e não evapotranspirá-la totalmente. Os objectivos são diferentes e os dimensionamentos

também. Parece, no entanto claro que os dimensionamentos actualmente sugeridos são insuficientes para evapotranspirar muito do efluente. No entanto, como as plantas purificam a água, se o efluente que saír do leito de evapotranspiração estiver razoavelmente limpo, o ambiente está protegido.

A 15°C, obtiveram-se assim evapotranspirações de 8,56, 9,06 e 9,31 litros/m<sup>2</sup> e dia, para a *Typha*, o *Iris* e o *Juncus*, respectivamente, o que para evapotranspiração total da capitação de água residual média (126 litros/habitante e dia) leva a dimensionamentos dos leitos de evapotranspiração entre 13,5 a 15 m<sup>2</sup>/habitante.

## **V - Bibliografia**

- Aksoy, A., Ozturk, M.A., 1997. *Nerium oleander* L. as a biomonitor of lead and other heavy metal pollution in Mediterranean environments. *The Science of the Total Environment*, 205: 145-150.
  
- Administração da Região Hidrográfica do Algarve, I.P., (ARH) (s/ data) Soluções de depuração de águas residuais em sistemas autónomos em local de elevada vulnerabilidade hidrogeológica. Ministério do Ambiente e do Ordenamento do Território, Portugal. Folheto de divulgação facultado em Fevereiro de 2010.
  
- Agência Portuguesa do Ambiente, 2007. Ministério do Ambiente e do Ordenamento do Território. Amadora, Portugal.  
(consulta on-line em: <http://www.apambiente.pt>) Consultado a 06/10/2010.
  
- Allen, R. G., Pereira, L. S., Raes, D., Smith, M., 1998 Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements. FAO. Irrigation and Drainage Paper, 56. Rome. 300 p.
  
- Bandeiras, R., 2006. Avaliação do funcionamento hidráulico de unidades de tratamento de águas residuais. Relatório de estágio POCI 2010, Universidade da Beira Interior, Covilhã, Portugal.
  
- Bianco, S., Pitelli, R.A., Pitelli, A.M.C.M., 2003. Estimativa da área foliar de *Typha latifolia* usando dimensões lineares do limbo foliar. *Planta Daninha*, Viçosa-MG, v.21, 2: 257 – 261.
  
- Bjorkman, O. Badger, M.R., Armond, P.A., 1978. Thermal acclimation of photosynthesis: effect of growth temperature on photosynthetic characteristics and components of the photosynthetic apparatus in *Nerium oleander*. *Carnegie Inst Wash Year Book* 77: 262-276.
  
- Cabral, U., 2004. Caracterização e optimização de sistemas de tratamento de águas residuais por leitos de macrófitas, no Distrito de Castelo Branco. Relatório do trabalho fim de curso, Escola Superior Agrária, Castelo Branco, Portugal.
  
- Carvalho, M<sup>a</sup>., 2003. ETAP's e piscinas biológicas: o mesmo conceito mas aplicações tão diferentes. (consulta on-line em:  
(<http://www.naturlink.sapo.pt/article.aspx?menuid=6&exmenuid=76&bl=1&cid=16782>  
) Consultado a 10/02/2010.
  
- Cetambio, Lda., 2004. Fito Etar's. (consulta on-line em:  
[www.evora.net/cetambio/fitointro.htm](http://www.evora.net/cetambio/fitointro.htm)) Consultado a 10/02/2010.
  
- Ciria, M. P., Solano, M. L., Soriano, P., 2005. Role of Macrophyte *Typha latifolia* in a Constructed Wetland for Wastewater Treatment and Assessment of Its Potential as a Biomass Fuel. *Biosystems Engineering* 92: 535–544.

- CCDR Algarve (Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional do Algarve), 2007. Plano Regional de Ordenamento do Território do Algarve (PROTAL). Plano Director Municipal de Faro (PDM - Faro).
- Corregidor, J. e Parejo, A., 1999. Plantas silvestres de la flora ibérica. Grijalbo, Barcelona, Espanha.
- Devesa J. A., 1987. Phragmitoideae. P: 415. In: Valdés, B., Talavera, S., Fernandez-Galiano. Flora Vasculare de Andalucía Occidental. Vol 3, Ketres editora, S.A., Barcelona, Espanha.
- DRE (Diário da República Electrónico), 2005. Lei n.º 58/2005. DR 249 SÉRIE I-A de 2005-12-29 (Lei da água). (consulta on-line em: <http://www.dre.pt/>) Consultado a 14/05/2010.
- Dias, V e Soutinho, E., 1999. Fito-ETARs – Uma Tecnologia de Bio-Remediação com Futuro. Água e resíduos, Nº 12.
- Duarte, S., 2002. Estudo das potencialidades das zonas húmidas artificiais no tratamento de efluentes aquícolas. Relatório de fim de curso, Instituto Superior Técnico, Lisboa, Portugal.
- Espírito Santo, L. A. T., 2008. Sistemas Simplificados de Saneamento de Águas Residuais, Abordagem Integrada. Dissertação para obtenção de Grau de Mestre em Engenharia do Ambiente, Instituto Superior Técnico, Lisboa, Portugal.
- EPA, 1999. Constructed wetlands treatment of municipal wastewaters. Ref. EPA/625/R-99/010, Cincinnati, Ohio, EUA, pp 166.
- Fernández-Carvajal, M. C., 1987. Juncaceae. P: 213-217. In: Valdés, B., Talavera, S., Fernandez-Galiano. Flora Vasculare de Andalucía Occidental. Vol 3, Ketres editora, S.A., Barcelona, Espanha.
- Filho, D.G.N., Castro, D.A., 2005. Influência das fossas sépticas na contaminação do manacial subterrâneo por nitratos e os riscos os que optam pelo autoabastecimento como alternativa dos sistemas públicos de distribuição de água. 23º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Campo Grande, Mato Grosso do sul, Brasil.
- Glenn, E., Thompson, T. L., Frye, R., Riley, J., Baumgartner, D., 1995. Effects of salinity on growth and evapotranspiration of *Typha domingensis* Pers. Aquatic Botany, 52: 75-91.
- Greenwood, M. E., MacFarlane, G. R., 2009. Effects of salinity on competitive interactions between two *Juncus* species. Aquatic Botany, 90: 23 – 29.
- Haslam, S. M., 1969. The biology of reed (*Phragmites communis*) in relation to its control. Proc. 9th BR. Weed Control Cong. pp. 382-387.
- Haslam, S. M., 1971. The performance of *Phragmites communis* Trin. in relation to water supply. Annals of botany, 34: 867-877.

- Haslam, S.M., 1975. The performance of *Phragmites communis* Trin. In Relation to temperature. *Annals of botany*, 39: 883-888.
- Instituto de Meteorologia, I. P., 2010, Portugal.  
(consulta on-line em: <http://www.meteo.pt>) Consultado a 23/09/2010.
- IWA (International Water Association), 2000. *Constructed Wetlands For Pollution Control: Processes, performance, projector e Operação- Scientific and Technical Report Nº8*. IWA Publishing, Londres.
- Inventário Nacional de Sistemas de Abastecimento de Água e de Águas Residuais, 2008. *Relatório do Estado do Abastecimento de Água e Saneamento de Águas Residuais: Sistemas Públicos Urbanos - Campanha INSAAR de 2006*.
- Kadlec, R.H., Knight, R.L., Vzymayal, J., Brix, H., Cooper, P., Haberl, R. (eds) (2000). *Constructed wetlands for pollution control: processes, performance, design and operation*. Scientific and Technical Report Nº 8.
- Lessmann, J.M., Brix, H., Bauer, V., Clevering, O.A., Comín, F.A. (2001). Effect of climatic gradients on the photosynthetic responses of four *Phragmites australis* populations. *Aquatic Botany*, 69: 109-126.
- Lieffers, V.J. (1983). Growth of *Typha latifolia* in boreal forest habitats, as measured by double sampling. Elsevier Science Publishers B.V., Amesterdão. Holanda. *Aquatic Botany*, 15: 335-348.
- McNaughton, S.J. (1966). Thermal Inactivation Properties of Enzymes from *Typha latifolia* L. Ecotypes. *American Society of plant biologists*. Vol.41, 10: 1736-1738.
- Mann, C.J., Wetzel, R.G. (1999). Photosynthesis and stomatal conductance of *Juncus effusus* in a temperate wetland ecosystem. *Aquatic Botany*, 63: 127-144.
- Mara, D. (1996). *Low Cost Urban Sanitation*. Inglaterra, Chichester: Jonh Wiley & Sons Ltd.
- Martín, F. G. (1987). Apocynaceae. P: 346. In: Valdés, B., Talavera, S., Fernandez-Galiano. *Flora Vascular de Andalucía Occidental*. Vol 3, Ketres editora, S.A., Barcelona, Espanha.
- Neves, E. T. (1974). *Curso de Hidráulica*. Editora Globo, Porto Alegre, Brasil.
- Oliveira, J. M. (2008). Estudo da influência do material de enchimento na remoção de matéria orgânica, azoto e sólidos em leitos de macrófitas do tipo ESSH. Tese de mestrado em engenharia sanitária. Faculdade de Ciências e Tecnologia – Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, Portugal.
- Raison, J. K., Pike, C. S., Berry, J. A. (1982a). Growth Temperature – Induced Alterations in the Thermotropic Properties of *Nerium oleander* Membrane lipids. *Plant Physiol*, 70: 215-218.

- Raison, J. K., Roberts, J. K. M., Berry, J. A. (1982b). Correlations between the thermal stability of chloroplast (Thylakoid) membranes and the composition and fluidity of their polar lipids upon acclimation of the higher plant, *Nerium oleander*, to growth temperature. *Biochimica et Biophysica Acta*, 688: 218-228.
- Relvão, A. (1999). Sistemas de tratamento de efluentes em aglomerados urbanos por leitos de macrófitas emergentes. Comissão Coordenação Desenvolvimento Regional do Centro, Coimbra, Portugal.
- Rolletschek, H., Rolletschek, A., Kühl, H., Kohl, J. G. (1999). Clone specific differences in a *Phragmites australis* stand II. Seasonal development of morphological and physiological characteristics at the natural site and after transplantation. *Aquatic Botany*, 64: 247–260.
- Sale, P. J. M., Orr, P. T. (1987). Growth responses of *Typha orientalis* presl to controlled temperatures and photoperiods. *Aquatic Botany*, 29: 227-243.
- Seco, T. C., António, A. L., Duarte, S., Peres, J. A., Bentes, I. (2008). Avaliação do Desempenho de Sistemas de Leitos de Macrófitas no Tratamento de Águas Residuais Domésticas. 2008. *Engenharia Civil UM*, 33: 163-174
- Sentelhas, C., Angelocci, L. R. (2009). Meteorologia Agrícola. Evapotranspiração – definições e conceitos. Escola superior de Agricultura Luís de Queiroz - Universidade de São Paulo, São Paulo. Brasil.  
(consulta on-line em: <http://ce.esalq.usp.br/aulas/lce306/Aula8.pdf>) Consultado a 13/05/10.
- Silva, A. (1998). Benefícios ecológicos dos grandes caniçais relativamente às ETAR's de Plantas. ETARPLAN, S.A. – Estações de Tratamento de Águas Residuais através de Plantas, Porto. Portugal. Comunicação do 4º congresso da água. Associação portuguesa dos recursos hídricos.
- Soetaert, K., Hoffmann, M., Meire, P., Starink, M., Oevelen, D. V., Regenmortel, S. V., Cox, T. (2004). Modeling growth and carbon allocation in two reed beds (*Phragmites australis*) in the Scheldt estuary. *Aquatic Botany*, 79: 211–234.
- Solano, M. L., Soriano, P., Ciria, M. P. (2004). Constructed wetlands as a sustainable solution for wastewater treatment in small villages. *Biosystems Engineering*, 87: 109–118.
- Talavera, S. (1987). Typhaceae. P: 422 – 423. In: Valdés, B., Talavera, S., Fernandez-Galiano. *Flora Vascular de Andalucía Occidental*. Vol 3, Ketres editora, S.A., Barcelona, Espanha.
- Valdés, B. (1987). Iridaceae. P: 477 - 479. In: Valdés, B., Talavera, S., Fernandez-Galiano. *Flora Vascular de Andalucía Occidental*. Vol 3, Ketres editora, S.A., Barcelona, Espanha.

- Van Dyck, M., Van Deun, R. (2009). Constructed Wetlands for On-site Wastewater Treatment, Experiences in Flanders. “Agriculture and Countryside in Our Changing World” VIII. Oszkár Wellman International Acientific Conference, Hódmezovásárhely, Hungria.
  
- Wenying, Y., Guangsheng, Z., Daocai, C., Qijin, H., Li, Z. (2008). Evapotranspiration of *Phragmites communis* community in Panjin wetland and control factors. *Acta Ecologica Sinica*, 28:4594 – 4601.
  
- Yousefi, Z., Mohseni-Bandpei, A. (2010). Nitrogen and phosphorus removal from wastewater by subsurface wetlandsplanted with *Iris pseudacorus*. *Ecological Engineering*, 36: 777– 782.
  
- ZipecodeZoo. (Base de dados para naturalistas). BayScience Foundation (2004 - 2009), consultado em 18.03.2010:  
*Iris pseudacorus*. 2009. [http://zipcodezoo.com/Plants/I/Iris\\_pseudacorus/](http://zipcodezoo.com/Plants/I/Iris_pseudacorus/)  
*Juncus acutus*. 2009. [http://zipcodezoo.com/Plants/J/Juncus\\_acutus/](http://zipcodezoo.com/Plants/J/Juncus_acutus/)  
*Juncus effusus*. 2009. [http://zipcodezoo.com/Plants/J/Juncus\\_effusus/](http://zipcodezoo.com/Plants/J/Juncus_effusus/)  
*Juncus inflexus*. 2009. [http://zipcodezoo.com/Plants/J/Juncus\\_inflexus/](http://zipcodezoo.com/Plants/J/Juncus_inflexus/)  
*Nerium oleander*. 2009. [http://zipcodezoo.com/Plants/N/Nerium\\_oleander/](http://zipcodezoo.com/Plants/N/Nerium_oleander/)  
*Phragmites australis*. 2009.[http://zipcodezoo.com/Plants/P/Phragmites\\_australis/](http://zipcodezoo.com/Plants/P/Phragmites_australis/)  
*Typha angustifolia*. 2009. [http://zipcodezoo.com/Plants/T/Typha\\_angustifolia/](http://zipcodezoo.com/Plants/T/Typha_angustifolia/)  
*Typha dominguensis*.2009. [http://zipcodezoo.com/Plants/T/Typha\\_dominguensis/](http://zipcodezoo.com/Plants/T/Typha_dominguensis/)  
*Typha latifolia*. 2009. [http://zipecodezoo.com/Plants/T/Typha\\_latifolia/](http://zipecodezoo.com/Plants/T/Typha_latifolia/).