



Gestão de cana (*Arundo donax*) em zonas ribeirinhas do Algarve

Fernanda Carina Gonçalves Pereira

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em
Engenharia Florestal e dos Recursos Naturais

Orientador: Prof^a Auxiliar com Agregação Ana Maria da Silva Monteiro

Co-orientador: Eng^o Jorge Frazão Moreira

Júri:

Presidente: Doutor José Carlos Augusta da Costa, Professor Associado do Instituto Superior de Agronomia da Universidade Técnica de Lisboa.

Vogais: Doutor Ana Maria da Silva Monteiro, Professora Auxiliar do Instituto Superior de Agronomia da Universidade Técnica de Lisboa;

Doutor Pedro César Ochôa de Carvalho, Professor Auxiliar do Instituto Superior de Agronomia da Universidade Técnica de Lisboa;

Doutor João Martim de Portugal e Vasconcelos Fernandes, Professor Adjunto da Escola Superior Agrária do Instituto Politécnico de Beja;

Licenciado Jorge Manuel Frazão Moreira, Técnico Superior da Direcção-Geral de Agricultura e Desenvolvimento Rural, na qualidade de especialista.

Lisboa, 2011

“Nunca o homem inventará algo mais simples, nem mais belo do que uma manifestação da natureza. Dada a causa, a natureza produz o efeito no modo mais breve em que pode ser produzido” (Leonardo da Vinci).

Ao professor Ilídio Moreira

AGRADECIMENTOS

Em todo o tempo, que demorou a fazer este trabalho, que já tardava, a todas as pessoas que, de uma forma ou outra, durante esta longa etapa da minha vida, contribuíram com a vossa preciosa ajuda, quer com incentivo e apoio, quer com a transmissão do vosso conhecimento e experiência. O meu reconhecido agradecimento, a todos, em especial:

Professora Ana Monteiro, por toda ajuda prestada na orientação e revisão dos textos, e ainda, pela motivação, compreensão e carinho demonstrado.

Professor Ilídio Moreira, pela sabedoria e ensinamentos transmitidos, e, especialmente, pelo encorajamento e acolhimento prestado desde o primeiro dia. Também, pela oportunidade que me concedeu, de conhecer tão especial e maravilhosa pessoa. A título póstumo.

Eng.º Jorge Frazão, que detêm as qualidades do seu pai, por ter acedido a ser meu co-orientador, pelo apoio logístico prestado e sua disponibilidade que sempre me dispensou nos ensaios executados.

Câmara Municipal de Silves, nas pessoas do Sr. Fernando Silva e Sr. Francisco Sequeira, pelo apoio logístico.

Junta de Freguesia de Algoz, nas pessoas do Presidente Sérgio Antão, e Sr. José Francisco, que nos receberam com a sua prestável ajuda, grande simpatia e amizade, e pelo apoio logístico.

Administração da Região Hidrográfica do Algarve, nas pessoas da Sra. Sandra Correia e Sr. João Pinto, pelo apoio logístico e esclarecimentos prestados.

Madalena Reis, pelos seus esclarecimentos prestados.

A todos os amigos e colegas, em particular à Sílvia Pina, pela ajuda e amizade evidenciada.

A toda a minha família, pela minha ausência, meus esquecimentos e paciência por eles demonstrada.

Pais, pela vida, e apoio em todos os passos da minha vida. Em especial, mãe, sem ti não seria a pessoa que sou hoje.

RESUMO

A espécie *Arundo donax* (cana) é considerada invasora em Portugal e particularmente problemática em linhas de água. Neste trabalho estudou-se o controlo químico desta planta, para várias concentrações, épocas, técnicas e material de aplicação, no Sul de Portugal (Algarve). Na Primavera e época estival, plantas jovens de cana foram pulverizadas com glifosato, com ou sem adição de sulfato de amónio. Em ambas as épocas, as doses ensaiadas apresentaram eficácias baixas e a adição do adjuvante não teve qualquer efeito sobre a eficácia do produto, nas doses mais altas. Todavia, seis meses após aplicações outonais de glifosato em plantas adultas, depois da floração, observou-se uma eficácia de 100% para uma concentração de 13,5 g s.a./L. Noutro ensaio, também desenvolvido no Outono, verificou-se uma eficácia de 100 e 95%, 6 e 9 meses, respectivamente, após corte dos colmos e pincelagem com uma solução de glifosato (337,5 g s.a./L) (humectação). A análise da distribuição da calda na folhagem da cana, através da percentagem de cobertura em papéis hidrossensíveis, para diferentes alturas da planta e zonas da parcela, mostrou que houve uma má distribuição para a zona centro/base.

Palavras-chave: invasora, controlo químico, glifosato, cana, adjuvante.

ABSTRACT

The species *Arundo donax* (giant reed) is considered invasive in Portugal and particularly problematic in stream channels. Chemical control of this plant was studied. Field trials with different glyphosate concentrations, time of treatment, techniques and material of application were carried out in South Portugal (Algarve). In spring and summer, young giant reed plants were sprayed with glyphosate, with or without the addition of ammonium sulfate. In both seasons, the doses tested had low efficacies and ammonium sulfate had no effect on the herbicide effectiveness, at higher doses. However, six months after autumn applications of glyphosate, on adult plants after flowering, there was an efficacy of 100% with a concentration of 13.5 g a.i./L. In another trial, - cut stump treatment - also developed in autumn, there was an efficacy of 100 and 95%, 6 and 9 months respectively, after cutting the stems and brush with a glyphosate solution (337.5 g a.i./L). Analysis of spray distribution on giant reed leaves by the percentage of coverage on water sensitive papers, for different plants heights and different plot areas, showed that there was a poor distribution for center/base area.

Key-words: invasive species, chemical control, glyphosate, giant reed, surfactant

EXTENDED ABSTRACT

The exotic plants that become invasive species are now considered a serious environmental and economic growing problem worldwide. The control or eradication are complex and expensive. Invasive species can restrain or reduce the development of native species, increasingly being recognized as one of the greatest threats to biodiversity. The species *Arundo donax*, giant reed, belongs to *Poaceae* family and is considered an invasive plant in Portugal based on Decree-Law No. 565/99 of 21 December. Currently, is in the "Global Invasive Species Database", and is named as one of the 100 worst invasive plant in world (Lowe *et al.*, 2000) by IUCN ("The World Conservation Union"). This invasive species is a major threat to river ecosystems of the Mediterranean climate. Nowadays, is also considered invasive in South Africa and a major threat for the riparian areas in California. The origin of this species is ambiguous, but most researchers agree that the species *Arundo donax* is native to East Asia. Its reproduction is essentially asexual through vegetative propagation of rhizomes. Ecologically it is tolerant to a wide range of ecological and climatic factors. Its ideal growing conditions are found in riparian areas with well-drained soil, high temperatures and low salinity.

The main objective of this work was evaluation of glyphosate efficacy against the weed. It was determine the most effective herbicide concentration and timing application, and equipment.

In 2010, four trials for evaluating chemical control possibilities were carried out: i) glyphosate springtime application, ii) glyphosate summertime application after giant reed cutting and regrowth of young plants, iii) glyphosate autumnal application on giant reed at flowering (pre-dormancy) and iv) cut stump treatment of giant reed – with immediately brushing after cutting the stems at knees-high, in Autumn.

In the first trial, young plants were subject to foliar herbicide spraying (glyphosate), in Spring, with and without the addition of ammonium sulphate, at the glyphosate concentrations of 2.25, 4.50, 6.75 and 9.0 g a.i./L of solution. There was no significant effect verified on the addition ammonium sulphate. However for 2.25 and 4.5 g a.i./L concentrations increasing percentages of efficacy were observed 9 months after treatment.

Adult plants were brushed with a solution of glyphosate (337.5 g a.i./L) immediately after stem cutting - cut stump treatment. The efficacy ranged from 90-100%, 9 months after treatment.

It was also analyzed the spray distribution on giant reed leaves by the percentage of coverage on water sensitive papers for different plant heights and different plot areas. A poor distribution for the center/ base area was observed.

In summary, regarding to application season, it was in autumn that a more herbicide effectiveness was verified, for spraying adult plants and cut stump treatment method. The lowest values were recorded in spring glyphosate application after giant reed cutting. Among the concentrations tested, the results indicate that the solution with 13.5 g a.i./L concentration (corresponding to 3% of a commercial product with 450 g a.i./L of glyphosate).

ÍNDICE

AGRADECIMENTOS	II
RESUMO	III
ABSTRACT	IV
EXTENDED ABSTRACT	V
ÍNDICE DE FIGURAS	IX
ÍNDICE DE QUADROS	X
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	2
2.1. Enquadramento	2
2.2. Origem e Distribuição	3
2.3. Biologia	4
2.4. Ecologia	5
2.5. Gestão e Prevenção	6
Controlo Físico	7
Controlo Manual	7
Controlo Mecânico	7
Ensombramento	8
Fogo controlado	8
Controlo químico	9
Controlo biológico	12
2.6. Impactos	13
2.7. Economia e utilidades	15
2.8. Impactos e Fitotoxicidade do Glifosato	16
3. MATERIAIS E MÉTODOS	17
3.1. CONTROLO QUÍMICO EM ARUNDO DONAX	17
3.1.1. Caracterização dos locais de ensaio	17
3.1.2. Ensaios de eficácia de glifosato	17
i. Aplicação primaveril de glifosato em cana juvenil	17

ii.	Aplicação estival de glifosato em cana juvenil	19
iii.	Aplicação outonal de glifosato em cana adulta na floração	20
iv.	Controlo da cana por humectação	22
3.2.	ANÁLISE DA DISTRIBUIÇÃO DA CALDA POR PAPEÍS HIDROSSENSÍVEIS	22
3.2.1.	Métodos	23
3.3.	ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS DADOS	23
4.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	25
4.1.	CONTROLO QUÍMICO	25
4.1.1.	Pulverização foliar	25
i.	Aplicação primaveril de glifosato em cana juvenil	25
ii.	Aplicação estival de glifosato em cana juvenil	29
iii.	Aplicação outonal de glifosato em cana adulta em floração	31
4.1.2.	Humectação	33
4.2.	ANÁLISE DA DISTRIBUIÇÃO DA CALDA POR PAPEÍS HIDROSSENSÍVEIS	34
5.	CONCLUSÕES	35
6.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	37

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Aplicação com pistola de pulverização na aplicação estival de glifosato em cana juvenil. _____	19
Figura 2 - Aplicação com pistola de pulverização na aplicação outonal de glifosato em plantas adultas. _____	21
Figura 3 - Humectação: 1 – Colmos cortados com motoserra; 2 – pincelagem, imediatamente após corte dos colmos, de glifosato a 75% de p.c. (Produto comercial Asteroide Supreme®, 450 g/L), em 25 de Novembro de 2010. _____	22
Figura 4 - Papel hidrossensível 1. após pulverização foliar na zona bordadura/topo e 2. após pulverização foliar na zona mediana/topo (zona da parcela/nível da planta). _____	23
Figura 5 - Número de fasciação da cana (média e erro padrão), em função da modalidade, para a data de observação três meses após a aplicação. _____	26
Figura 6 - Eficácia média (%) e curvas de resposta do herbicida glifosato misturado ou não com sulfato de amónio no controlo químico de <i>Arundo donax</i> L. seis meses após a aplicação. _____	27
Figura 7 - Aspecto de parcelas decorrido um mês após aplicação de 9 g de glifosato por litro de calda: 1. sem sulfato de amónio 2. com sulfato de amónio. _____	29
Figura 8 - Aspecto de parcelas decorrido 3 mês após aplicação de 13,5 g de glifosato por litro de calda: 1. com pistola de pulverização 2. com barra horizontal. _____	31
Figura 9 - Aspecto de duas parcelas decorridos seis meses após aplicação 1. de 13,5 g glifosato/L calda e 2. de 27 g glifosato/L calda. _____	32
Figura 10 . Humectação: 1 – testemunha 3, cinco meses após corte; 2 – talhão de canas pinceladas com glifosato, quatro meses após humectação. _____	33
Figura 11 . Humectação: 1 – parcela nove meses após corte com 100% de eficácia; 2. parcela nove meses após corte com 90% de eficácia. _____	33
Figura 12 – Distribuição da calda (percentagem de área coberta em papel hidrossensível) após a aplicação por pulverização foliar nas diferentes zonas da parcela e alturas da planta, respectivamente. _____	34

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 3.1. <i>Aplicações primaveris (27 e 28 de Abril de 2010) de diferentes concentrações de glifosato combinadas com 15 g/L de sulfato de amónio, aplicadas com pistola de pulverização, ensaio 1, em Arundo donax, um mês após corte, no Algarve, Ribeira de Algoz, Silves.</i>	18
Quadro 3.2. <i>Aplicações estivais (17 de Junho de 2010) de diferentes concentrações de glifosato aplicadas por barra horizontal e pistola de pulverização, ensaio 2, em Arundo donax, um mês após corte, no Algarve, Ribeira de Algoz, Silves.</i>	20
Quadro 3.3. <i>Aplicações outonais (12 de Outubro de 2010) de diferentes concentrações de glifosato aplicadas com pistola de pulverização, ensaio 3, em Arundo donax, em floração, no Algarve, Ribeira de Algoz, Silves.</i>	21
Quadro 4.1. <i>Eficácia média (percentagem em relação à testemunha não tratada) do glifosato com ou sem sulfato de amónio em aplicações primaveris (27 e 28 de Abril de 2010) em função da concentração do glifosato (avaliação por observadores independentes).</i>	25
Quadro 4.2. <i>Resultado da análise de variância para o efeito dos factores: concentração da substância activa (glifosato), época de observação e sulfato de amónio (adjuvante).</i>	26
Quadro 4.3. <i>Eficácia média (percentagem em relação à testemunha não tratada) do glifosato, em aplicação estival após corte (17 de Junho de 2010) em função da concentração do glifosato e material de aplicação.</i>	29
Quadro 4.4. <i>Resultado da análise de variância para o efeito dos factores: concentração de substância activa (glifosato), época de observação e material de aplicação.</i>	30
Quadro 4.5. <i>Eficácia média (percentagem em relação à testemunha não tratada) do glifosato, em aplicação outonal (12 de Outubro de 2010) em função da concentração do glifosato.</i>	31

1. INTRODUÇÃO

As espécies exóticas vegetais que se tornam invasoras são hoje consideradas um grave e crescente problema ecológico e económico a nível mundial. O seu controlo ou erradicação são complexos e dispendiosos, requerendo estudos e avaliação dos seus impactos.

As invasões biológicas por espécies exóticas, são cada vez mais reconhecidas como uma das maiores ameaças à biodiversidade. Planta invasora é definida como uma planta que não pertence a um determinado meio, que se dissemina naturalmente em habitats naturais ou semi-naturais, alterando estruturalmente e funcionalmente os ecossistemas (Cronck & Fuller, 1995).

As espécies invasoras podem impedir ou reduzir o desenvolvimento de espécies nativas, colocando problemas de conservação.

A espécie *Arundo donax* L. (adiante designada por cana) pertence a família Poaceae, é considerada uma espécie não indígena em Portugal com base no Decreto-Lei nº 565/99 de 21 de Dezembro. A diversidade de espécies que pertencem a esta família é enorme, desde plantas muito pequenas a outras que podem exceder os 30 metros de altura. Podem ser desde aquáticas, ou viver em fendas de rochas e desertos. Das cerca de 10000 espécies existentes desta família, 27 estão inseridas na lista de espécies invasoras introduzidas em Portugal continental. Actualmente, encontra-se no “Global Invasive Species Database”, e está denominada como uma das 100 piores invasoras do mundo (Lowe *et al.*, 2000) pela IUCN (“The World Conservation Union”).

Os objectivos do trabalho consistiram em estudar e avaliar os efeitos do controlo químico, para determinar a concentração mais eficaz do herbicida folhear sistémico glifosato, assim como melhor técnica e época de aplicação.

Pretende-se que os resultados obtidos neste trabalho possam servir de base ao conhecimento da ecologia de *Arundo donax*, e também, da metodologia de controlo químico mais adequada para a sua erradicação.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. ENQUADRAMENTO

Ao longo da História, o homem tem contribuído para a deslocação e dispersão de espécies em todo o mundo, para utilização agrícola, ornamental e outros fins. Actualmente, os ecossistemas aquáticos, como, rios e zonas húmidas, estão entre os sistemas mais fortemente invadidos (Alpert *et al.*, 2000; Rundel, 2000).

As invasões biológicas ao ritmo que se processam actualmente, devem-se principalmente às acções humanas (Lodge, 1993; Rejmánek, 1996), e têm profundos impactos na sociedade ao nível económico, social e ecológico.

Regimes de perturbação natural, humano, e enriquecimento antrópico de nutrientes dos ecossistemas naturais, têm contribuído para o sucesso de invasão de plantas nos rios (Mooney *et al.*, 1986; Hobbs, 1989; Hobbs & Huenneke, 1992; Alpert *et al.*, 2000; Brooks, 2003). Em alguns casos, as espécies que em determinada altura não demonstram comportamento invasor, passam a possuí-lo após perturbações (Mooney & Hobbs, 2000).

No último século, as entradas de nutrientes para sistemas fluviais em todo o mundo, aumentou drasticamente, devido principalmente a descargas de esgotos municipais e à expansão de práticas agrícolas (Tilman *et al.*, 2001).

Desde 1990, várias organizações têm se esforçado no controlo do *Arundo donax*. Organizações, como, “Team Arundo del Norte”, foi fundada em 1992 e conduz o controlo e gestão ao longo do Rio Santa Ana no Sul da Califórnia. No ano de 2001, o Rio Santa Ana, continha aproximadamente cerca de 10 mil hectares invadidos por esta espécie (SAWPA, 2007). Actualmente é uma grande ameaça invasiva para as áreas ribeirinhas, na Califórnia (Bell, 1997; Wijte *et al.*, 2005), e em algumas regiões da América do Norte (Perdue, 1958).

Na África do Sul, a cana, é listada na “CARA category” como espécie de Categoria 1 (onde é proibida e deve ser controlada em todas as situações), lista de espécies regulamentadas pela “Conservation of Agricultural Resources”. É considerada uma das seis mais importantes

espécies invasoras actuais, que terão impactos de grande gravidade no bioma fynbos¹ (Henderson, 1998 e 2001). A cana encontra-se em todas as províncias da África do Sul (Henderson, 1998), onde foi reconhecida como um problema a nível nacional e ameaça a quantidade de água disponível (Wells *et al.*, 1980) nas regiões semi-áridas, devido à capacidade de usar grandes quantidades de água no seu crescimento. Também possui a aptidão de alterar o comportamento e regimes de fogo.

A invasora *Arundo donax* é uma das maiores ameaças para os ecossistemas ribeirinhos do clima mediterrâneo. Com sucesso, invadiu muitos rios em regiões deste clima, compondo extensas monoculturas ao longo de milhares hectares de habitat ribeirinhos, levando à alteração dos processos físicos e biológicos. Muito pouca informação tem sido publicada sobre a sua biologia, ecologia e formas eficazes de a controlar.

2.2. ORIGEM E DISTRIBUIÇÃO

A origem exacta de *A. donax* é ambígua (Perdue, 1958). Algumas referências afirmam que é indígena para o subcontinente indiano (Bell, 1997; Dudley, 2005). Outros afirmam que é indígena no Egipto, Espanha, Ásia Oriental, Nepal e Mediterrâneo (Polunin & Huxley, 1987; Di Castri *et al.*, 1990; Hickman, 1993).

A sua introdução na Califórnia também é pouco clara, atendendo, a que as informações bibliográficas disponíveis indicam para uma inserção no Sul de Califórnia por volta dos anos 1700 (Robbins *et al.*, 1951). Por outro lado, Bell (1997) faz referência a uma introdução no início dos anos 1800, mas a sua expansão generalizada nos ecossistemas parece ser recente. Também é provável que tenha sido intencionalmente inserida na África do Sul, por causa dos seus diversos usos (Dudley, 2000) durante os anos 1700 (Henderson, 2001).

A cana foi detectada pela primeira vez na Austrália em Malanda, no ano de 1912, com os registos no herbário de Queensland. A sua distribuição neste país é muito generalizada (Csurhes, 2009).

¹ **Fynbos**- Ecossistema mediterrâneo, situado no sudoeste de África do Sul. Conhecido pela grande diversidade de espécies e infertilidade do solo. É uma das regiões mais ricas do mundo em termos de biodiversidade floral (Molles, 1999).

Contudo a maioria dos investigadores aceita que a espécie *Arundo donax* é originária do Sudeste Asiático (Perdue, 1958). Como espécie não indígena encontra-se distribuída pela Ásia, Sul da Europa, Norte de África e América (Csurhes, 2009). Na Europa encontra-se naturalizada na totalidade dos países do Sul. Em Portugal pode ser encontrada em todo o país, tendo actualmente o estatuto de invasora (Decreto-lei nº 565/99 de 21 de Dezembro de 1999).

Em Espanha é também considerada alóctone, anotando Sanz-Elorza *et al.*, (2004) a sua introdução anteriormente a 1492. Neste país, a distribuição geográfica é ainda incompleta, mas Sanz-Elorza *et al.*, (2004) referem que se encontra no Centro da Península Ibérica e Canárias.

Na região mediterrânica e Portugal vegetam duas espécies do género *Arundo* L., a espécie *A. donax* e *A. plinii* Turra (caniço-do-sequeiro). O caniço-do-sequeiro surge nas regiões fitogeográficas Centro-Leste (arenoso, calcário e olissiponense) e Centro-Sul (miocénico e pliocénico), de Portugal. É frequentemente confundido com outra espécie, o caniço (*Phragmites australis* (Cav.) Steudel), mas esta gramínea tem porte mais baixo e apresenta uma lígula de pêlos (Franco & Rocha Afonso, 1998).

2.3. BIOLOGIA

A importância da reprodução sexual, bem como a viabilidade, germinação e dormência das sementes, ainda necessita de ser estudado e publicado.

A espécie *Arundo donax* não produz sementes viáveis na maioria das regiões onde foi introduzida e a sua reprodução ocorre essencialmente vegetativamente a partir de pequenos fragmentos de rizomas ou caule, onde a presença de um único nó pode rebrotar uma nova planta (Else & Zedler, 1996; Bell, 1997; Boose & Holt, 1999).

A sua reprodução nos EUA, devido à ausência de sementes viáveis é maioritariamente por propagação vegetativa (Dudley, 2005).

Na Índia também é relatado como sendo uma espécie que se reproduz assexuadamente, devido à esterilidade das sementes neste país (Bhanwra, 1982). Em ensaios conduzidos com sementes viáveis, produzidas em grande quantidade, não se verificou a germinação (Sharma, 1998).

Num estudo recente, as evidências sugerem que a sua dispersão a nível mundial é particularmente vegetativa, através do cultivo de clones genéticos, como exemplo, apontam que as populações existentes nos EUA e na França pertencem ao mesmo clone genético (Ahmad *et al.*, 2008).

Todavia, no seu habitat natural, esta espécie é capaz de produzir sementes viáveis, dispersas pelo vento, embora ainda não esteja bem claro o êxito da reprodução sexual (Lewandowski *et al.*, 2003).

A dispersão ocorre através do transporte do rizoma ou fragmentos do caule que prontamente enraízam e emitem lançamentos aéreos (Bell, 1997; Wijte *et al.*, 2005)

Os rizomas geralmente crescem à superfície do solo, entre os 5-15 cm, mas são capazes de abrolhar mesmo a um metro de profundidade (Else, 1996). São resistentes e fibrosos, formando um tapete espesso que penetram profundamente (Mackenzie, 2004).

Atendendo às experiências realizadas sobre o enraizamento e frequência de emergência de novos rebentos do rizoma, mostraram que, de entre os factores testados o mais relevante foi a época de colheita dos enxertos. A temperatura máxima diária e precipitação nos locais de estudo foram os factores com menor influência sobre o enraizamento (Decruyenaere & Holt, 2001).

2.4. ECOLOGIA

Arundo donax é tolerante a uma ampla gama de condições ecológicas e factores climáticos, é principalmente adaptável em ecossistemas ribeirinhos com climas de tipo mediterrânico (Perdue, 1958). Apesar, de ser vulnerável a danos causados por geadas após o início do crescimento (Perdue, 1958; Decruyenaere & Holt, 2001) e não sobreviver em regiões com baixas temperaturas em períodos prolongados ou regulares (DiTomaso & Healy, 2003), pode resistir a temperaturas baixas durante o repouso vegetativo (no inverno) (Decruyenaere & Holt 2001).

As suas condições ideais de crescimento encontram-se em áreas ribeirinhas com solos bem drenados (Perdue, 1958), temperaturas altas, baixa salinidade, águas com níveis elevados de nutrientes, como em locais de descargas agrícolas, industriais e águas residuais (Grossinger *et al.*, 1998). Também tolera condições salinas e pode crescer perto da costa (Else, 1996; Dudley, 2005).

Pouco se sabe sobre a sua resposta ao azoto, que é frequentemente elevado em bacias hidrográficas junto de campos agrícolas e ETARs.

Segundo Quinn *et al.* (2007), em ensaios realizados para quantificar as respostas biológicas do *Arundo donax* ao azoto adicionado, verificou-se que houve um aumento no comprimento dos rizomas e na biomassa aérea em relação aos ensaios sem adição de azoto.

Recentemente, foi divulgado por Quinn & Holt (2008) na Califórnia, que em condições ideais, como locais com solo nu e altos níveis de humidade, as taxas de crescimento eram geralmente altas.

Pode crescer numa variedade de solos, mesmo em solos inférteis, desde areias soltas até argilas pesadas (Perdue, 1958; Singh *et al.*, 1997).

A cana é uma planta hidrófita, e cresce melhor onde o lençol freático está perto da superfície do solo (Rezk & Edany, 1979). No entanto, é geralmente mais abundante e dominante em locais abertos (sol pleno), onde a vegetação nativa foi recentemente removida ou danificada (Csurhes, 2009).

É comumente referida como uma espécie resistente à seca, devido a sua capacidade de tolerar períodos prolongados de seca severa acompanhada de baixa humidade atmosférica. Isto deve-se ao desenvolvimento grosseiro dos rizomas resistentes à seca e às raízes que são capazes de penetrar profundamente o solo à procura de disponibilidade de água (Perdue, 1958).

2.5. GESTÃO E PREVENÇÃO

A cana, *Arundo donax*, devido a sua tolerância à maior parte dos herbicidas homologados, é uma espécie problemática e com custos de controlo elevados. O controlo bem sucedido inclui o acompanhamento e monitorização de tratamentos (EPA EUA, 2000).

Devido a sua capacidade de prontamente recolonizar uma área, os melhores resultados para todos os métodos de controlo, provém de um controlo sistemático, de montante a jusante de uma bacia hidrográfica.

Grandes infestações de cana são difíceis de erradicar, uma vez que todos os rizomas devem ser mortos ou removidos para evitar nova rebentação (Bell, 1997). Normalmente, o melhor controlo é proporcionado com a combinação de aplicação de herbicida sistémico e remoção mecânica (Bell, 1997; Boose & Holt 1999; Newhouser *et al.*, 1999). A revegetação

para estabilização dos bancos poderá ser necessária após a limpeza da área sujeita a intervenção (Boose & Holt, 1999).

Os métodos de controlo de invasoras, são classificados em: térmicos, físicos, biológicos e químicos (Watson, 1997).

CONTROLO FÍSICO

Controlo Manual

Método de trabalho de uso da mão para remover a vegetação indesejável. Este método é selectivo e permite a remoção da planta, com um mínimo de danos da vegetação nativa. Pode ser usado, para eliminar plantas até 2m de altura. Não é muito eficaz, se algum pedaço de rizoma rebrotar novamente.

Controlo Mecânico

Método frequentemente não selectivo, com uso de equipamentos mecanizados. Tem o inconveniente de não ser aconselhável o seu uso em solos acidentados, com declive superior a 30%, e, também em solos altamente susceptíveis à compactação ou erosão (Newhouser *et al.*, 1999).

O corte mecânico por tractor ou foice da parte aérea no terreno, só é praticável, em áreas pequenas onde a aplicação do herbicida é inconveniente. Os custos associados a este método de controlo são muito elevados e a sua eficácia limitada. Tem a vantagem de poder ser usado em qualquer altura do ano (Oakins, 2001). A melhor altura para o realizar é quando as plantas começam a florescer, momento em que as ofertas de reservas nas raízes foram quase esgotadas (Newhouser *et al.*, 1999).

O controlo mecânico é eficaz somente se toda a massa do rizoma for removida. (Boose & Holt, 1999; Bromilow, 2001). Contudo, a remoção da parte subterrânea é muito dispendiosa, e na generalidade é considerada impraticável, pois os rizomas até 3 metros de profundidade do solo rapidamente rebentam (Else *et al.*, 1996). Como salientaram Marchante *et al.* (2008), desde que qualquer fragmento de planta tenha um nó, enraíza facilmente e regenera

a planta. Ainda que a extração dos rizomas do solo aumente os riscos de erosão e perturbação do solo (Newhouser *et al.*, 1999).

A parte aérea da cana pode ser aproveitada e valorizada para produção de energia, caso contrário, alguns autores, consideram o estilhaçamento da parte aérea para formar “mulch” sobre o terreno, no sentido de evitar, os custos associados à retirada da cana no solo ou novas rebentações.

A remoção da biomassa no terreno, deve ser realizada, apenas quando a sua densidade e quantidade impedir a recuperação da vegetação nativa após o tratamento, ou quando, a possibilidade da biomassa, originar riscos futuros em eventos de inundações nas ribeiras e incêndios (Bell, 1997).

Ensombramento

Segundo (Katan *et al.*, 1987), a cobertura do solo, também conhecido por “tarping”, envolve a colocação de uma lona (geralmente de plástico transparente ou preto), sobre a superfície do solo, após o corte da cana.

Em teoria, o plástico tem como finalidade causar o aumento da temperatura no solo, matando as plantas, sementes e insectos, que se encontram debaixo da lona (Tu *et al.*, 2001). Além disso a obscuridade debaixo do plástico preto ainda impede a fotossíntese (Elmore, 1990).

Evidentemente, este método apresenta como vantagem riscos ambientais mínimos, mas torna-se bastante dispendioso se usado em grandes superfícies, e pode levar à erosão do solo após a retirada da lona, se atempadamente não se verificar a possibilidade de replantação de outras espécies no local.

Fogo controlado

Alguns autores consideram este mecanismo de controlo mais económico em alternativa ao controlo mecânico, se eventualmente conjugado com outros métodos, como exemplo o controlo químico. Ainda que, este método tem o inconveniente dos riscos associados ao fogo controlado, quando não bem executado poderá provocar danos na vegetação circundante a preservar.

Actualmente, alguns autores referem, que o fogo não promove a morte dos rizomas, antes pelo contrário, impulsiona a sua regeneração após o fogo (Marchante *et al.*, 2008; Coffman *et al.*, 2010).

CONTROLO QUÍMICO

O controlo químico é o método mais utilizado para controlar o *Arundo donax*. Os produtos comerciais com base na substância activa glifosato, herbicida sistémico total, são os mais populares e baratos, no entanto, pode exigir uma aplicação contínua até cinco anos para controlo local (Newhouser *et al.*, 1999; Dudley, 2000; EPA USA, 2000). As aplicações, independentemente do método utilizado, são mais eficazes quando realizadas pós-floração e pré-dormência (Omori, 1996; Bell, 1997; Decruyenaere & Holt, 2001), uma vez, que durante este período a translocação de nutrientes para a parte subterrânea é muito activa, devido à preparação da planta para o período de dormência (inverno).

O controlo químico com aplicação foliar do glifosato não deixa resíduos no solo ou na água. A matéria orgânica do solo e água possuem a capacidade de absorver esta substância e torná-la biologicamente inactiva (Newhouser *et al.*, 1999). Não mostrando riscos toxicológicos significativos para o homem e vida selvagem (Monteiro, 1985 e 1989; Giesy *et al.*, 2000; Williams *et al.*, 2000).

Compreende-se, pois, que o glifosato é um herbicida de largo espectro de acção, sendo aconselhável ter sempre em atenção os cuidados a usar na aplicação, no sentido de evitar a fitotoxicidade na vegetação natural.

Os três principais métodos de aplicação de herbicida utilizados, segundo Team Arundo del Norte (1999, 2007):

Pulverização plantas adultas - pulverização de herbicidas em folhas e caules sem corte;

Humectação - pulverização ou pincelagem do herbicida, directamente na superfície do caule cortado, imediatamente após o corte;

Pulverização plantas jovens - corte dos colmos, permitindo o rebentamento da planta, e posteriormente pulverização com herbicida.

A pulverização de herbicidas em folhas e caules de plantas adultas detém a vantagem de ter uma curta duração de trabalho efectivo em cada estação, no entanto, são necessárias aplicações anuais durante três a cinco anos. Em contrapartida tem o risco de prejudicar a vegetação não-alvo, especialmente se no momento da aplicação estiver vento. Por isso, é indicado no tratamento de pequenas áreas invadidas por comunidades monoespecíficas de *Arundo donax* (Newhouser *et al.*, 1999; EPA USA, 2000).

Os dados obtidos em estudos envolvendo esta metodologia – pulverização em plantas adultas - com aplicação em Setembro, aproximadamente duas semanas antes da floração, indicam que obtiveram uma redução da densidade da cana em 33%, é importante referir, que a aplicação foi realizada de helicóptero com uma mistura de 2% de produto comercial Rodeo® e 0,5% surfactante R-11® (EPA USA, 2000). Embora, em outro trabalho, realizado por Newhouser *et al.*, (1999), a eficácia variou entre 50-95% no primeiro ano, porém, sem dados experimentais.

O corte prévio dos colmos antes da aplicação implica permitir o crescimento de novos rebentos, durante 3-6 semanas, até as plantas crescerem cerca de um metro de altura. Seguidamente procede-se à aplicação foliar da solução de herbicida nas plantas jovens. De entre as vantagens desta abordagem, cabe citar a menor quantidade e melhor distribuição de herbicida a ser aplicado, devido à menor altura dos colmos, comparativamente com as plantas adultas. Todavia, a utilização das reservas rizomatosas mobilizadas para a regeneração da parte aérea, leva a que a corrente floémica seja sobretudo ascendente e, conseqüentemente, menor eficácia do herbicida. Este procedimento é indicado no tratamento de grandes áreas, com a realização do corte no fim da Primavera/início do Verão e aplicação no final do Verão/início do Outono (Bell, 1997; Newhouser *et al.*, 1999).

De acordo com Newhouser *et al.*, (1999), a percentagem de eficácia deste método foi de 50% no primeiro ano e 75% no segundo ano. Porém, no relatório final “Controlo of Giant Cane in Riparian and Wetland Areas of Northern and Central California”, refere, que este método incutiu uma diminuição da densidade dos colmos de 82%, a aplicação foi realizada de helicóptero com uma mistura de 2% de produto comercial Rodeo® e 0,5% surfactante R-11® (EPA USA, 2000). A corroborar esta informação, as experiências realizadas pela BASF no Texas, em observações de 8 e 21 meses, a eficácia rondou os valores 80-90% (Bean, 2004).

No método que requer o corte dos colmos e aplicação imediata do herbicida (concentrado) nas superfícies de corte – humectação -, as indicações bibliográficas apontam para um

método aparentemente mais económico e com menor risco de prejudicar a vegetação circundante. Por isso, é sugerido o seu recurso em situações em que o *A. donax* se encontra associado à vegetação nativa e/ou em pequenas densidades. Não obstante, este requer mais tempo e mão-de-obra do que nas pulverizações foliares e mais cuidado no tempo de aplicação, raramente mais económico, excepto em pequenas manchas isoladas ou plantas individuais (Bell, 1997).

O processo de corte tem duas fases: primeiro o corte das canas a 30-60 cm da base, e então um novo corte a 5-7,5 cm do chão. A aplicação do herbicida após o corte dos colmos deve ser feita em 2-3 minutos consequentes para assegurar a introdução do herbicida nos tecidos. As concentrações do glifosato na solução, referidas na bibliografia, variam entre os 50 e 100% (Monsanto, 1989; Omori, 1996; Newhouser *et al.*, 1999; Oakins, 2001; Spencer *et al.*, 2008). Pode ser útil juntar uma tinta ou corante à solução para identificar as plantas tratadas.

A eficácia deste método varia entre os 50-95% no primeiro ano. Inevitavelmente, a taxa de sucesso é muito variável devido a factores como o herbicida utilizado, condições climáticas, época do ano e percentagem de cobertura (Newhouser *et al.*, 1999; EPA USA, 2000).

Este tratamento, tal como o da aplicação foliar, parece mais eficaz na época de pré-dormência cana (Bell, 1993).

No que concerne, às concentrações do controlo químico contra a cana, existem poucos dados publicados sobre a eficácia de várias concentrações de glifosato. Bell (1997) indica que aplicação foliar de soluções de glifosato nas concentrações 2-5% de produto comercial (450 g glifosato/L) após a floração foram efectivas. Jackson (1994) recomenda uma solução de 2% de glifosato (450 g glifosato/L), em aplicação foliar, para o controlo desta espécie. Contudo, estas referências não apresentam dados experimentais de apoio.

Um estudo produzido em Setembro de 2006, relata que em avaliações realizadas na Primavera seguinte à aplicação foliar de glifosato, tratamentos nas concentrações de 3 e 5% (450 g glifosato/L) foram os mais eficazes com uma única aplicação. Onde, nas plantas tratadas, não se verificaram novos rebentos, fortes indícios que os tratamentos promoveram a morte dos rizomas (Spencer *et al.*, 2008).

Acompanhando a proximidade botânica entre a cana (*Arundo donax*) e o caniço (*Phragmites australis*) (Franco & Rocha Afonso, 1998), apresentam-se informações bibliográficas e experimentação disponíveis, na qual nos baseamos na realização dos ensaios de controlo

químico expostos neste trabalho. Acreditando que as conclusões alcançadas no caniço serão legítimas para o controlo da cana.

Um dos estudos desenvolvidos no caniço foi ao encontro de, comparar a eficácia do glifosato em aplicações outonais e primaveris, depois do corte das plantas e sua regeneração. Os ensaios realizados mostraram que na aplicação primaveril (Abril de 1995), a eficácia do glifosato foi ligeiramente inferior do que na aplicação Outonal (Outubro de 1994). Após um ano, a dose mais alta (3,24 kg s.a./ha) mostrou uma eficácia a rondar os 80% (Moreira *et al.*, 1999).

CONTROLO BIOLÓGICO

No controlo biológico, utilizam-se inimigos naturais, tais como, o uso de insectos ou patogénicos, para controlar plantas invasoras. A introdução de inimigos naturais exóticos de controlo é um processo complexo, deve ser cuidadosamente investigado e experimentado antes da sua implementação, para evitar desastres ecológicos. Quando bem-sucedido, é um método pouco dispendioso (Cronk & Fuller, 1995).

O grande risco assiste, na selecção de organismos para o controlo biológico, que poderão interferir no equilíbrio de outras espécies, tornando-se uma praga (Simberloff & Stiling, 1996).

Actualmente, o controlo biológico em *Arundo donax* encontra-se pouco estudado. Desde 2006, que o “United States Department of Agriculture” (USDA), tem avaliado os benefícios potenciais do controlo biológico por alguns organismos, como: *Rhizospidiotus donacis*, e a vespa Arundo *Tetramesa romana*.

Em 2009, emitiu “Environmental Assessment” (EA), com objectivo de obter o licenciamento para a libertação da vespa Arundo, comprometendo-se a analisar os potenciais impactos deste agente. Este EA considera os virtuais efeitos da acção proposta e as suas alternativas, incluindo nenhuma acção. O propósito é reduzir a gravidade da invasão da cana nos EUA (USDA, 2009).

A vespa *Tetramesa romana* (Hemiptera: Diaspididae) foi aprovada para lançamento em Abril de 2009 (USDA, 2010). Este organismo parece se alimentar apenas em espécies do género *Arundo* (Goolsby, 2008). Não foi observada em espécies do género *Phragmites*, mas foi testemunhada, no *Arundo plinii* em Sicília e Espanha.

Os impactos reais de *T. romana* sobre *Arundo donax* ainda não estão claros. A vespa ao depositar os seus ovos no caule, promove a formação de galhas, podendo levar ao decesso das hastes. Na realidade, o insecto ataca os meristemas apicais do caule, como tal, não irá necessariamente reduzir a sua capacidade reprodutiva. Por isso, não se espera que *T. romana*, por si só, poderá controlar a cana (USDA, 2010).

A espécie *Rhizaspidiotus donacis* (Hemiptera: Diaspididae), com base nos estudos realizados na Espanha, indicaram que este insecto é um candidato promissor para o controlo biológico de *A. donax*. A permissão para libertação deste insecto, ainda se encontra pendente (Cortes *et al.*, 2011). Este organismo, ataca as gemas do rizoma, os sintomas incluem, o amarelecimento da planta, diminuição no seu crescimento e queda das folhas (USDA, 2010).

2.6. IMPACTOS

A cana, devido às suas características biológicas, rapidamente desloca e substitui espécies de plantas indígenas ribeirinhas, reduzindo o valor dos habitats ribeirinhos e recursos para fauna autóctone (Bell, 1997). Prontamente se dispersa e coloniza áreas perturbadas, como aquelas que ficaram nuas após as inundações e incêndios, e domina margens dos rios e estuários (Dudley & Collins, 1995). As suas elevadas taxas de crescimento obrigam a usar mais nutrientes do solo, especialmente azoto (Coffman *et al.*, 2004) e três vezes mais água do que as espécies nativas (Iverson, 1994; Zimmerman, 1999).

Gaffney & Gledhill (2004) verificaram a redução da diversidade de espécies de plantas indígenas, bem como aumento da abundância de outras plantas exóticas associadas a cana.

As áreas dominadas por cana tendem a ter menor diversidade da fauna, como animais aquáticos (Chadwick & Associates, 1992; Milton, 2004). A falta de sombreamento sobre a água (Iverson, 1994), tende a aumentar a sua temperatura, e por conseguinte diminuição da concentração de oxigénio, aumento do pH e crescimento de algas, afectando a qualidade da água pela produção de amónia (Chadwick & Associates, 1992).

A sua capacidade de crescimento denso e clonal, devido à grande biomassa, altura e taxa de crescimento, restringe a penetração e passagem de mamíferos de médio e grande porte

(Coffman *et al.*, 2004), mas muitas espécies da fauna dependem do corredor ribeirinho para nidificação (Kisner, 2004).

Os caules e folhas desta espécie contêm grande variedade de substâncias químicas nocivas (Jackson & Nunez, 1964; Mackenzie, 2004), tornando-a um alimento inadequado e desagradável para a maioria das espécies de insectos e animais (Miles *et al.*, 1993).

Atendendo a que o *Arundo donax* afecta a estrutura da vegetação de zonas ribeirinhas (Herrera & Dudley, 2003), altera processos ecológicos em sistemas ripícolas, designadamente o regime hidrológico, os fenómenos de erosão, a deposição de sedimentos e o fluxo de nutrientes (Milton, 2004), implica que a sua presença nas linhas de água aumenta o risco de inundações em áreas adjacentes (Coffman *et al.*, 2004).

O elevado consumo de água e evapotranspiração (ET) reduz os recursos hídricos nos aquíferos subterrâneos já escassos nas regiões do clima mediterrânico, e possivelmente o fluxo a jusante das ribeiras (Zemba, 2007; Goolsby *et al.*, 2008). Iverson (1994) estimou que esta espécie transpira três vezes mais do que outras espécies nativas. No entanto, Abichandani (2007) mostrou que *Arundo donax* pode transpirar de 6 a 110 vezes mais (até 18,206 kg m⁻²) do que a vegetação nativa.

Na Califórnia, invasões por *A. donax* são conhecidas por aumentar os riscos de inundações e incêndios, competir com outras espécies nativas, causar escassez de água e de recursos, e reduzir o valor do habitat ribeirinho para a maioria dos animais selvagens (Dudley & Collins, 1995; Bell, 1997; DiTomaso, 1998; Dudley, 2000).

Vários autores têm sugerido, que o fogo em ecossistemas ribeirinhos pode promover a capacidade de invasão de *A. donax* (Bell, 1993; Scott, 1994). A resposta dos rizomas ao fogo, com crescimento imediato, em comparação com espécies nativas, contribuiu para o seu sucesso (Bell, 1993; DiTomaso, 1998). Um estudo recente, avaliou a influência do fogo sobre a invasão de *A. donax*, onde a taxa de crescimento e a produtividade foi comparada à das espécies nativas ribeirinhas. Um ano após o fogo, a densidade da cana foi quase 20 vezes superior e a produtividade foi 14-24 vezes maior em relação às outras espécies estudadas (Coffman *et al.*, 2010).

Outros autores também relataram que as invasões e carga de combustível da cana com grande quantidade de biomassa inflamável, aumentam a probabilidade, frequência e intensidade do fogo ao longo dos corredores ripícolas (Bell, 1993; Scott, 1994; Dukes & Mooney, 2004).

2.7. ECONOMIA E UTILIDADES

Em Portugal, é comum nas proximidades de linhas de água, onde é utilizada como sebes e para estabilização dos taludes no controle de erosão (Franco e Rocha, 1998).

Na Califórnia, foi introduzida no início de 1800 para controlo de erosão em canais de drenagem (Bell, 1997).

A nível mundial, é utilizada para diferentes fins, os seus colmos podem ser utilizados para fabrico de instrumentos musicais, como clarinetes (Perdue, 1958; Usher, 1974), e, também para material de construção, em telhados e cercas (Usher, 1974; Duke, 1983). Os rizomas podem ser secos e moídos para obtenção de farinha e posteriormente utilizada no fabrico do pão ou cereais (Chiej, 1984). As folhas são utilizadas na produção de tapetes e cestos (Usher, 1974; Duke, 1983). Esta espécie pode ser usada na produção de pasta para papel (Perdue, 1958; Duke, 1983).

Perdue (1958) documenta a utilização da cana, como ornamental. Actualmente, o uso mais importante desta planta é a utilização proposta como cultura para produção de biocombustível (Szabó *et al.*, 1996). Isto porque é capaz de altas taxas fotossintéticas (Papazoglou, 2005).

Porém, Raghu *et al.*, (2006) indica que o uso de espécies invasoras para produção de biocombustíveis é considerado extremamente arriscado, apresenta o facto, de que as consequências ambientais a longo prazo do uso de espécies invasoras superam os ganhos a curto prazo para o uso de produção de energia.

De acordo, com Westlake (1963) a sua produtividade foi estimada entre 57-59 t/ha/ano, e, em clima temperado quente e regiões tropicais, poderá variar entre 40-75 t/ha/ano.

Outras referências bibliográficas, relatam que esta espécie, em condições ideais, pode crescer até dez centímetros por dia e é considerada uma das espécies de plantas mais produtivas (Perdue, 1958; Bell, 1997).

A produtividade anual, caso seja sustentável, torna esta espécie como candidata à produção de energia. É evidente que essa possibilidade só é viável em regiões onde a cana seja indígena ou uma espécie exótica sem comportamento invasor.

2.8. IMPACTOS E FITOTOXIDADE DO GLIFOSATO

O glifosato é uma das substâncias activas mais estudadas mundialmente, em termos de impacto ambiental e saúde humana (Williams *et al.*, 2000, Giesy *et al.*, 2000). Esta substância tem sido avaliada por inúmeras experiências, ao longo de vários anos pelas principais organizações científicas mundiais. A “United States Environmental Protection Agency”, concluiu que o glifosato não possui propriedades cancerígenas e mutagénicas (EPA USA, 1993). O glifosato é rapidamente decomposto em compostos naturais, pelos microrganismos do solo e da água (por processos aeróbios e anaeróbios). Apresenta rápida adsorção aos óxidos e hidróxidos de ferro e alumínio à matéria orgânica do solo. Os mecanismos de adsorção do glifosato, são bem conhecidos e correlacionados com a capacidade dos solos em adsorver iões fosfatos e também com as concentrações de determinados catiões, como Mn^{+2} , Cu^{+2} , Fe^{+3} (Prata *et al.*, 2000).

A sua solubilidade em água é alta, apresentando valores de 11.600 ppm a 25°C (Kollman & Segawa, 1995). Embora a sua taxa de degradação dependa do pH, temperatura e presença de microrganismos, parece que muitos meios aquáticos apresentam boas condições para a degradação desta substância. Em estudos realizados em ecossistema florestal, Goldsborough *et al.* (1993), mostraram que o glifosato se degradou rapidamente em águas naturais com muitos sedimentos suspensos e elevada população microbiana. Nestas condições o tempo de semi-vida variou entre 1,5 a 11,2 dias. Por isso, é improvável que o glifosato afecte organismos aquáticos após aplicação das doses recomendadas (Grossbard & Atkinson, 1985). Contudo, devem ser aplicadas as doses recomendadas de modo que a substância activa fique em baixa concentração na água e seja adsorvida às partículas em suspensão.

Em síntese, com base nos conhecimentos obtidos até ao presente, acreditamos que o glifosato, quando utilizado de acordo com as recomendações, não representará risco para a saúde humana e o ambiente.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. CONTROLO QUÍMICO EM *ARUNDO DONAX*

3.1.1. Caracterização dos locais de ensaio

Os ensaios referentes ao controlo químico em *Arundo donax* decorreram na ribeira do Algoz, na freguesia de Algoz, concelho de Silves. O local dos ensaios situa-se, aproximadamente, a uma latitude e longitude de 37°09'48,50"N, 8°18'00,13"O, respectivamente.

Para identificação pedológica da região, recorreu-se à Carta de Solos de Portugal na escala 1/50 000, carta 49-D, publicada pelo Serviço de Reconhecimento e Ordenamento Agrário.

A região de Algoz caracteriza-se, pela existência de um mosaico de solos, sendo que no local dos ensaios, os solos representados são essencialmente: Solos de baixas, de textura mediana ou pesada com carbonatos. Os Solos de Baixas são solos incipientes, e no que diz respeito à textura, não possuem verdadeiros horizontes genéticos, e a matéria orgânica superficial é do tipo "mull" cálcico, têm, em regra, uma toalha freática mais ou menos profunda.

3.1.2. Ensaio de eficácia de glifosato

i. Aplicação primaveril de glifosato em cana juvenil

Neste ensaio estudou-se o efeito da concentração do glifosato e a sua mistura com sulfato de amónio. No Quadro 3.1 referem-se as concentrações ensaiadas e material de aplicação. Nas modalidades com adjuvante foram adicionadas 15 g/L de sulfato de amónio.

A aplicação foi efectuada com barra munida de uma pistola de pulverização de 1,5 m acoplada a um tractor, com pastilha 1,2 mm e débito de 2,4 L/min, a uma pressão de 10 kg/cm².

Quadro 3.1. Aplicações primaveris (27 e 28 de Abril de 2010) de diferentes concentrações de glifosato combinadas com 15 g/L de sulfato de amónio, aplicadas com pistola de pulverização, ensaio 1, em *Arundo donax*, um mês após corte, no Algarve, Ribeira de Algoz, Silves.

Modalidade	Concentração p.c. (%)	Substância activa (g/L)	Material de aplicação
glifosato	0,5	2,25	Pistola de pulverização
glifosato	1,0	4,50	Pistola de pulverização
glifosato	1,5	6,75	Pistola de pulverização
glifosato	2,0	9,0	Pistola de pulverização
glifosato + sulfato de amónio	0,5	2,25+15,0	Pistola de pulverização
glifosato + sulfato de amónio	1,0	4,50+15,0	Pistola de pulverização
glifosato + sulfato de amónio	1,5	6,75+15,0	Pistola de pulverização
glifosato + sulfato de amónio	2,0	9,0+15,0	Pistola de pulverização
testemunha	-	-	

As aplicações foram realizadas nos dias 27 e 28 de Abril de 2010 entre as 11 e as 15 h, com as condições de aplicação respectivamente de céu limpo com brisa ligeira e céu limpo com vento moderado. No total, 8 modalidades, em parcelas de 5 x 15 m foram pulverizadas com diferentes caldas. As plantas após o corte (cerca de 1 mês antes da aplicação) encontravam-se em crescimento activo e vigoroso, com altura variável entre 0,5 – 2 m.

Os produtos químicos utilizados foram o herbicida foliar sistémico glifosato (Roundup® Supra, 450 g/L ou 37,7% p/p de glifosato sob a forma de sal isopropilamónio) e o adjuvante Sulfato de amónio 20,5 (Agroquisa®, adubo elementar azotado com enxofre).

Em cada parcela, foram alocadas áreas de avaliação ao acaso representando o número de repetições, nove vezes por parcela, medindo 50 cm x 50 cm. Foi contado o número de indivíduos, número de fasciação (nº de ramos secundários) por planta e estimada a percentagem de eficácia nas áreas de avaliação. Estas observações realizaram-se três meses após aplicação.

A percentagem de eficácia para cada parcela foi avaliada visualmente por três observadores independentes, em cada modalidade a um, três, seis e nove meses após aplicação.

ii. Aplicação estival de glifosato em cana juvenil

Este ensaio pretendeu comparar material de aplicação para diferentes concentrações de produto comercial, Roundup® Supra.

O ensaio, com seis modalidades, foi delineado para dois materiais de aplicação, em parcelas de 7x20m (Quadro 3.2). O produto foi aplicado com pistola de pulverização equipada de um bico de fenda, a uma pressão de 10 kg/cm², debitando 1,8 L/min (Fig.1); e uma barra pulverizadora de 4,5 m de comprimento com oito bicos em fenda, e débito de 5,1 L/min, a uma pressão de 3 kg/cm², ambos os equipamentos foram acoplados a um tractor.



Figura 1 - Aplicação com pistola de pulverização na aplicação estival de glifosato em cana juvenil.

As concentrações ensaiadas e material de aplicação referem-se no Quadro 3.2.

Quadro 3.2. Aplicações estivais (17 de Junho de 2010) de diferentes concentrações de glifosato aplicadas por barra horizontal e pistola de pulverização, ensaio 2, em *Arundo donax*, um mês após corte, no Algarve, Ribeira de Algoz, Silves.

Modalidade	Concentração p.c. (%)	Substância activa (g/L)	Material de aplicação
glifosato	1	4,5	Barra horizontal
glifosato	2	9,0	Barra horizontal
glifosato	3	13,5	Barra horizontal
glifosato	1	4,5	Pistola de pulverização
glifosato	2	9,0	Pistola de pulverização
glifosato	3	13,5	Pistola de pulverização
testemunha	-	-	

A aplicação foi feita a 17 de Junho de 2010, entre as 11 e a 13 horas, com as condições ambientais favoráveis de céu limpo e aragem ligeira. As plantas encontravam-se com cerca de 0,5 – 2 m de altura, vigorosas e em crescimento activo. As mesmas foram sujeitas a corte cerca de um mês antes aplicação. Utilizou-se o produto químico glifosato (Roundup® Supra, 450 g/L ou 37,7% p/p de glifosato sob a forma de sal isopropilamónio).

Na avaliação da percentagem de eficácia a um, três, e seis meses após aplicação foi realizada por três observadores independentes.

iii. Aplicação outonal de glifosato em cana adulta na floração

Neste ensaio experimental estudou-se o efeito de diferentes concentrações do glifosato, em aplicação outonal, durante a floração de *Arundo donax*.

O ensaio foi delineado em parcelas de 7 x 10 m para quatro modalidades. O modo de aplicação realizou-se com pulverizador de pressão hidráulica e pistola de pulverização de 1,5 m de comprimento com pastilha de 1,5 mm, a uma pressão de 15 kg/cm² (Fig.2). O débito máximo medido para o esguicho em leque e filete contínuo foi respectivamente de 1,9 L/min e 3,6 L/min.



Figura 2- Aplicação com pistola de pulverização na aplicação outonal de glifosato em plantas adultas.

A aplicação foi realizada no dia 12 de Outubro de 2010 por volta das 12 horas, com as condições ideais de aplicação de céu praticamente limpo e vento fraco. As plantas encontravam-se em floração com uma altura aproximada de sete metros.

O produto comercial utilizado foi o Asteróide Supreme[®], 450 g/l ou 37,5% p/p de glifosato sob a forma de sal isopropilamónico.

A percentagem de eficácia foi avaliada visualmente por três observadores a um, três e seis meses após aplicação.

No Quadro 3.3. referem-se as concentrações de glifosato e técnicas de aplicação ensaiadas.

Quadro 3.3. Aplicações outonais (12 de Outubro de 2010) de diferentes concentrações de glifosato aplicadas com pistola de pulverização, ensaio 3, em *Arundo donax*, em floração, no Algarve, Ribeira de Algoz, Silves.

Modalidade	Concentração p.c. (%)	Substância activa (g/L)	Material de aplicação
glifosato	1,5	6,75	Pistola de pulverização
glifosato	3,0	13,5	Pistola de pulverização
glifosato	4,5	20,25	Pistola de pulverização
glifosato	6,0	27,0	Pistola de pulverização
testemunha	-	-	

Nos três ensaios, na estimativa visual da percentagem de eficácia, foi também observado o vigor das plantas nas parcelas tratadas e testemunha, com objectivo de diminuir o erro da eficácia estimada em relação a eficácia real. Utilizou-se uma escala de 0 a 100, em percentagem, e em comparação com a parcela testemunha (0 = eficácia nula, 100 = totalidade das plantas mortas).

iv. Controlo da cana por humectação

No Algarve, em 25 de Novembro de 2010, efectuou-se uma aplicação experimental de pincelagem na superfície dos colmos cortados a cerca de 10-20 cm do solo – humectação (Fig. 3.2). A aplicação de uma solução de glifosato a 75% de p.c. (Produto comercial Asteroide Supreme®, 450 g/L) foi efectuada imediatamente após o corte com motosserra em duas parcelas (Fig. 3.1).



Figura 3- Humectação: 1 – Colmos cortados com motosserra; 2 – pincelagem, imediatamente após corte dos colmos, de glifosato a 75% de p.c. (Produto comercial Asteroide Supreme®, 450 g/L), em 25 de Novembro de 2010.

3.2. ANÁLISE DA DISTRIBUIÇÃO DA CALDA POR PAPEÍIS HIDROSSENSÍVEIS

As técnicas de pulverização têm estado sujeitas a importantes modificações, nas quais a redução do volume de pulverização, que salvaguarda os princípios de protecção integrada, designadamente, aspectos ambientais, ecológicos e económicos. Actualmente o material e equipamento permite abdicar das pulverizações em alto volume (superiores a 1000 L/ha) em

alta pressão e jacto projectado, a favor das técnicas de baixo volume em baixa pressão e em jacto transportado.

3.2.1. Métodos

No estudo para avaliação da deposição e penetração das gotas no dossel foliar da cana (*Arundo donax*) do ensaio 1, referido anteriormente, foram utilizados papéis hidrossensíveis.

Antes da pulverização, três papéis foram colocados a vários níveis da planta, em indivíduos escolhidos aleatoriamente, em cada parcela. Para cada nível e cada planta, foi colocado um papel hidrossensível.

Posteriormente os papéis foram digitalizados por meio de um scanner (resolução 1200 x 1200 ppi) e analisados com programa Photoshop CS5. O objectivo foi converter uma imagem a 16 milhões de cores numa a preto e branco, após processamento e selecção da área de referência 4 cm² determinou-se a percentagem de cobertura.

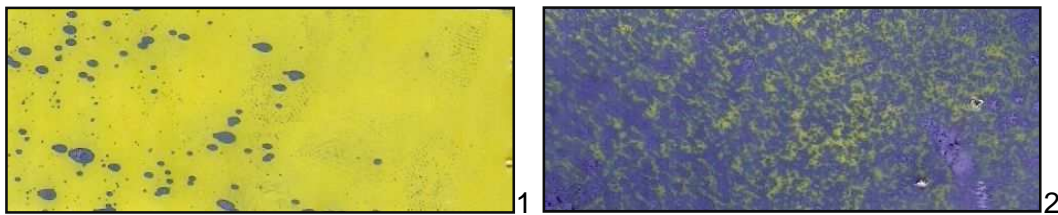


Figura 4- Papel hidrossensível 1. após pulverização foliar na zona bordadura/topo e 2. após pulverização foliar na zona mediana/topo (zona da parcela/nível da planta).

A qualidade de pulverização foi deste modo avaliada de forma indirecta, com base na percentagem de cobertura, originada pelo processo de ionização ocorrida pelo contacto da água com o azul bromofenol que cobre a película do papel (Fig.4).

3.3. ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS DADOS

Os dados relativos à eficácia e de percentagem de cobertura foram tratados estatisticamente através da análise de variância, ANOVA, com um nível de significância de

5%. Efectuou-se a análise dos dados de acordo com os procedimentos da GML, recorrendo ao programa estatístico SAS® (SAS Institute, 1989).

No que concerne à resposta às doses de herbicida aplicadas, os dados dos ensaios de controlo químico, foram sujeitos ao seguinte modelo logístico:

$$Y=C+((D-C)/(1+\exp[2b(\log(ED_{50})-\log(z))]))$$

onde D e C representam o limite superior e inferior da curva de resposta à dose mais concentrada e à correspondente ao zero, respectivamente; ED_{50} define a concentração necessária para reduzir a eficácia a metade entre o limite superior e inferior e o b é proporcional ao declive da curva de resposta à concentração à volta do ED_{50} (Streibig, 1988; Mathiassen & Kudsk, 1998; Monteiro & Moreira, 2004).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. CONTROLO QUÍMICO

4.1.1. Pulverização foliar

i. Aplicação primaveril de glifosato em cana juvenil

Este estudo pretendeu comparar quatro concentrações de glifosato com e sem sulfato de amónio, para uma técnica de aplicação. A concentração de glifosato na calda e a data de observação interagiram na percentagem de eficácia (Quadro 4.1 e 4.2). Os sintomas de fitotoxicidade nas plantas foram detectados visualmente, como o amarelecimento e significativa redução no crescimento vegetativo na primeira avaliação de eficácia do herbicida após um mês a aplicação (Fig.7).

No Quadro 4.1. apresentam-se os resultados da eficácia obtida. De acordo com o resultado da ANOVA (Quadro 4.2), não se verificaram diferenças significativas com a adição de sulfato de amónio (adjuvante). A Fig. 6 ilustra a eficácia média (%) e as curvas de resposta do herbicida glifosato misturado ou não com sulfato de amónio no controlo químico de *Arundo donax* L. 6 meses após a aplicação.

Quadro 4.1. Eficácia média (percentagem em relação à testemunha não tratada) do glifosato com ou sem sulfato de amónio em aplicações primaveris (27 e 28 de Abril de 2010) em função da concentração do glifosato (avaliação por observadores independentes).

Substância activa (s.a)	Concentração p.c. (%)	s.a. (g/L)	Época de observação			
			1maa	3maa	6maa	9maa
glifosato	0,5	2,25	22	32	15	13
glifosato	1,0	4,50	23	18	15	8
glifosato	1,5	6,75	33	38	45	37
glifosato	2,0	9,0	43	57	83	78
glifosato + sulfato de amónio	0,5	2,25	18	23	42	47
glifosato + sulfato de amónio	1,0	4,50	18	27	45	45
glifosato + sulfato de amónio	1,5	6,75	20	22	43	40
glifosato + sulfato de amónio	2,0	9,0	33	45	70	55
Testemunha	-	-	0	0	0	0

maa – meses após a aplicação; p.c.- produto comercial.

Quadro 4.2. Resultado da análise de variância para o efeito dos factores: concentração da substância activa (glifosato), época de observação e sulfato de amónio (adjuvante).

Factor	Significância
substância activa (g/L)	***
época de observação (maa)	***
sulfato de amónio	ns
maa:substância activa	***
maa:sulfato de amónio	***
substância activa:sulfato de amónio	***
maa:substância activa:sulfato de amónio	***

*** ; ns – significativo a um nível de confiança 0,1% ou não significativo.

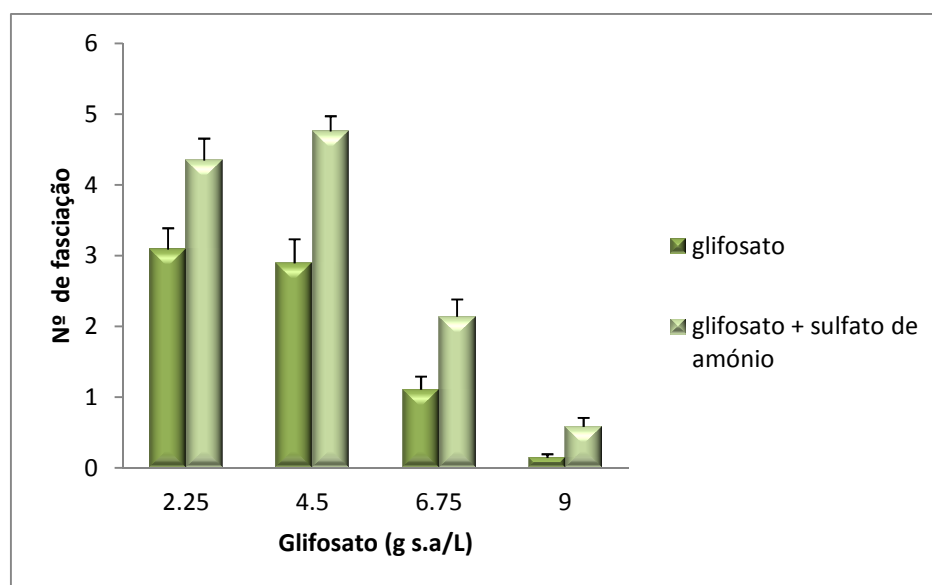


Figura 5 - Número de fasciação da cana (média e erro padrão), em função da modalidade, para a data de observação três meses após a aplicação.

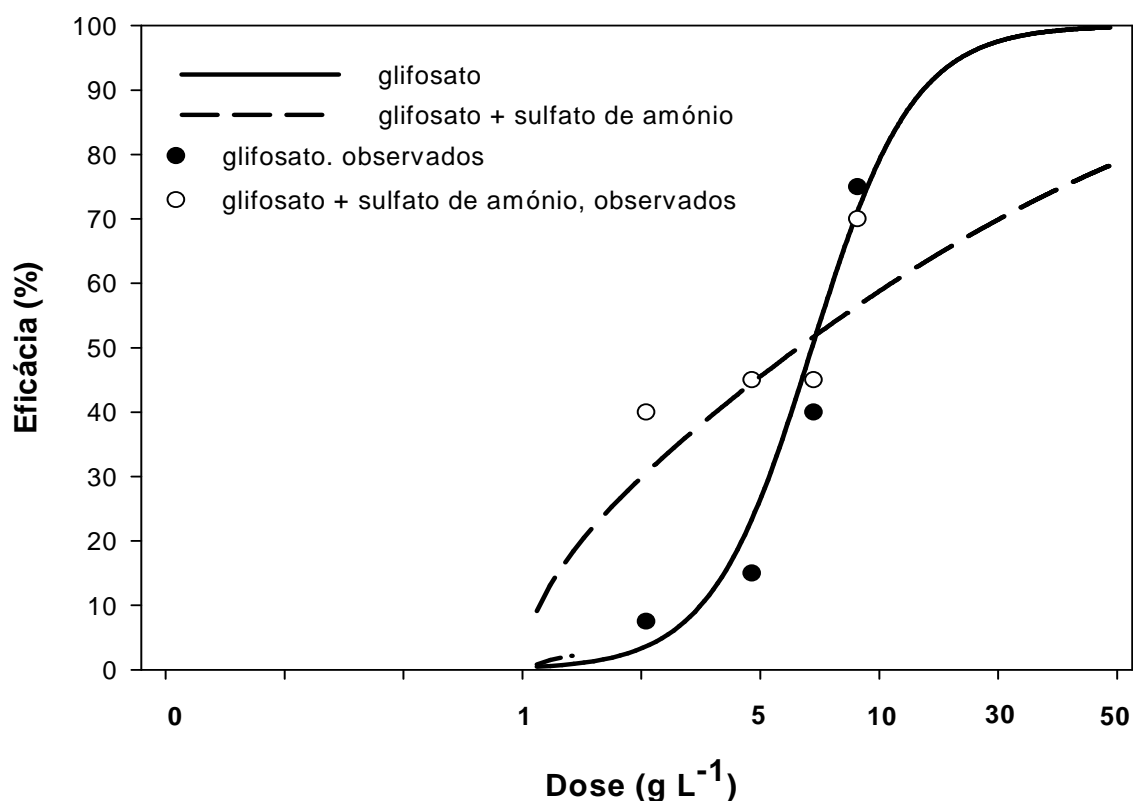


Figura 6- Eficácia média (%) e curvas de resposta do herbicida glifosato misturado ou não com sulfato de amônio no controlo químico de *Arundo donax* L. seis meses após a aplicação.

A eficácia em geral foi baixa, e a partir dos 6 meses após a aplicação constatou-se que diminuiu. A adição do adjuvante não teve qualquer valia sobre o aumento da eficácia do herbicida, nas doses mais altas (Fig.6).

O número de fasciação média foi ligeiramente superior para as modalidades com adição de sulfato de amónio, e diminuiu com o aumento da concentração do glifosato (Fig.5).

Verificou-se que a adição de aditivo apresentou uma tendência para eficácias mais baixas do que o glifosato sozinho, excepto, a partir do sexto mês em que a eficácia aumentou para as doses mais baixas, respectivamente 2,25 e 4,50 g s.a./L calda. Dados que se confirmam, com análise do Quadro 4.2, onde se apura uma interacção e significância entre os factores, época de observação, concentração e sulfato de amónio.

Estas últimas observações estão de acordo com o estudo realizado por Durigan (1992). O autor constatou que, a adição de substâncias azotadas (ureia) à calda do herbicida

proporcionou a redução da dose de glifosato, ou seja, obtenção de eficácias mais elevadas em relação à calda com glifosato sozinho para as doses mais baixas.

A adição de azoto, como aditivo à calda do herbicida, tem sido associada à redução do antagonismo de catiões em água, à redução das doses, e a melhor absorção e translocação do glifosato (Maschhoff *et al.*, 2000; Pratt *et al.*, 2003; Young *et al.*, 2003; Mueller *et al.*, 2006).

A acidificação da calda, provocada pela adição de sulfato de amónio, permite que as moléculas de glifosato permaneçam na forma dissociada, facilitando a transição na membrana plasmática, e também, a influência na alteração da morfologia das gotas, sendo que, retarda ou impede a cristalização desta substância activa (Maschhoff *et al.*, 2000; Young *et al.*, 2003).

Contudo, neste ensaio, a tendência para eficácias mais baixas nas concentrações mais elevadas, com adição do sulfato de amónio, poderá ser explicada pela influência da velocidade do vento (acima do recomendado), verificada no dia da aplicação das caldas com adição do aditivo, que se foi superior em relação ao dia da aplicação das caldas sem adjuvante e poderá ter afectado a distribuição da calda e, conseqüentemente, diminuiu a eficácia. Outra explicação, para esta tendência, provém da adição do azoto proveniente do sulfato de amónio, na qual, em estudos anteriores, estes indicaram a resposta positiva da cana em produção de biomassa para o enriquecimento de azoto (Quinn *et al.*, 2007). Facto observado com o aumento do número de fasciação média em relação às modalidades sem adição do adjuvante (Fig. 5).

Pela evolução do gráfico (Fig. 6) pode inferir-se ainda que eficácias de 100% do glifosato, aplicado na Primavera em cana cortada no Outono, parecem ser difíceis com uma só aplicação, constatação também auferida por diversos autores (Newhouser *et al.* 1999; Dudley, 2000; EPA USA, 2000).



1



2

Figura 7 - Aspecto de parcelas decorrido um mês após aplicação de 9 g de glifosato por litro de calda: 1. sem sulfato de amónio 2. com sulfato de amónio.

ii. Aplicação estival de glifosato em cana juvenil

O ensaio pretendeu comparar três concentrações diferentes de glifosato, para dois materiais de aplicação. A concentração de glifosato na calda e a data de observação interagiram na percentagem de eficácia (Quadro 4.3).

Quadro 4.3. Eficácia média (percentagem em relação à testemunha não tratada) do glifosato, em aplicação estival após corte (17 de Junho de 2010) em função da concentração do glifosato e material de aplicação.

Material de aplicação	Substância activa (s.a)	Concentração p.c.(%)	s.a. (g/L)	Época de observação		
				1maa	3maa	6maa
barra horizontal	glifosato	1,0	4,5	10	23	28
barra horizontal	glifosato	2,0	9,0	20	50	45
barra horizontal	glifosato	3,0	13,5	40	83	88
pistola de pulverização	glifosato	1,0	4,5	10	17	30
pistola de pulverização	glifosato	2,0	9,0	8	53	45
pistola de pulverização	glifosato	3,0	13,5	40	90	93
	testemunha	-	-	0	0	0

maa – meses após a aplicação.

Quadro 4.4. Resultado da análise de variância para o efeito dos factores: concentração de substância activa (glifosato), época de observação e material de aplicação.

Factor	Significância
substância activa (g/L)	***
época de observação (maa)	***
material de aplicação	ns
maa:substância activa	***
maa:material de aplicação	ns
substância activa:material de aplicação	ns
maa:substância activa:material	ns

***; ns – significativo a um nível de confiança 0,1% ou não significativo.

A análise estatística dos resultados indicou não haver diferenças significativas entre o material de aplicação. Contudo, verificaram-se diferenças muito significativas quanto à concentração do glifosato e época de observação (Quadro 4.3 e 4.4). No decorrer do ensaio a eficácia aumentou ligeiramente. A concentração mais elevada (13,5 g s.a./L de calda), em qualquer dos dois materiais de aplicação foi a mais eficaz que as concentrações menores. No que concerne à época de observação, um mês após o tratamento, apresentou uma eficácia significativamente inferior às datas de três e seis meses. Visualmente e analogamente à aplicação primaveril de glifosato, ao fim de um mês de ensaio os efeitos da eficácia do glifosato observaram-se com os sintomas amarelecimento da parte aérea e redução no crescimento da planta (comparação com a testemunha). Foram evidentes novas rebentações ao terceiro mês. Ao fim de 6 meses, todas as concentrações se mostraram ineficazes na erradicação da espécie *Arundo donax*, com único tratamento (Fig. 8). Os resultados obtidos neste ensaio, também conferidos em outras referências bibliográficas, embora efectuados com materiais de aplicação e produtos comerciais diferentes (EPA USA, 2000; Bean, 2004), estão representados entre 28-93% de eficácia, com os valores mais elevados 88 e 93% para a dose de glifosato 13,5 g s.a./L calda.

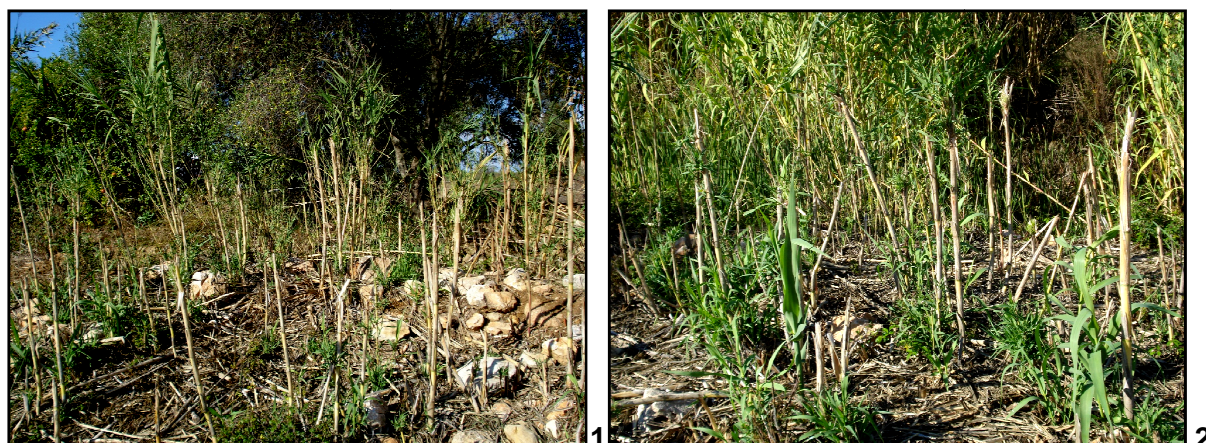


Figura 8 - Aspecto de parcelas decorrido 3 mês após aplicação de 13,5 g de glifosato por litro de calda: 1. com pistola de pulverização 2. com barra horizontal.

iii. Aplicação outonal de glifosato em cana adulta em floração

Com este estudo comparou-se o efeito de diferentes concentrações, em aplicação outonal, com a cana em floração. Devido ao delineamento seguido, apenas uma repetição, a análise e discussão dos resultados é baseada apenas nos valores apresentados no Quadro 4.5.

Quadro 4.5. Eficácia média (percentagem em relação à testemunha não tratada) do glifosato, em aplicação outonal (12 de Outubro de 2010) em função da concentração do glifosato.

Substância activa (s.a)	Concentração p.c. (%)	s.a. (g/L)	Época de observação		
			1maa	3maa	6maa
glifosato	1,5	6,75	100	98	93
glifosato	3,0	13,5	100	98	100
glifosato	4,5	20,25	100	100	93
glifosato	6,0	27,0	100	98	93
testemunha	-	-	0	0	0

maa – meses após a aplicação; p.c.- produto comercial.

Verificou-se que as eficácias foram de 100% ou próximas, um e três meses após a aplicação em qualquer das modalidades. Decorrido um mês, toda a parte aérea se encontrava morta em todas as modalidades. No entanto ao fim de três meses já havia novas rebentações. A eficácia do glifosato veio a diminuir ao longo do tempo. Ao fim de seis

meses, todas as modalidades mostraram boa eficácia, muito próxima de 100%, como aliás de acordo com estudos realizados anteriormente (Newhouser *et al.*, 1999; EPA USA, 2000; Spencer *et al.*, 2008).

Curiosamente, decorridos seis meses, a dose mais alta (27 g s.a./L) não se mostrou mais eficaz em relação às outras, a concentração 13,5 g s.a./L denotou-se eficiente, com um controlo de 100% (Fig. 9). Este resultado dever-se-á às diferenças de densidade da cana, observadas para as diferentes parcelas utilizadas neste ensaio. A parcela correspondente à modalidade com a concentração 13,5 g s.a./L, apresentava uma menor densidade em relação às modalidades com doses mais elevadas. Por consequente, possivelmente, nessa parcela a distribuição da calda foi mais uniforme, factor importante para uma boa eficácia do controlo químico.



Figura 9 - Aspecto de duas parcelas decorridos seis meses após aplicação 1. de 13,5 g glifosato/L calda e 2. de 27 g glifosato/L calda.

4.1.2. Humectação

O ensaio da humectação ambicionou testar a eficiência da aplicação imediata de uma solução de glifosato - 337,5 g s.a./L de calda (solução de glifosato a 75% de p.c. do produto comercial Asteroide Supreme[®], 450 g/L) -, imediatamente após o corte dos colmos. A observação efectuada em Março de 2011 (Fig. 10.2) não evidenciou qualquer rebentação de canas, ao contrário do observado na testemunha (Fig. 10.1). A eficácia dos ensaios de humectação no Outono após 6 meses foi de 100%, todavia, em finais de Setembro 2011, variava entre 90-100% (Fig. 11).

Os dados obtidos assemelham-se com os referidos por Newhouser *et al.*, (1999) e Spencer *et al.*, (2008).

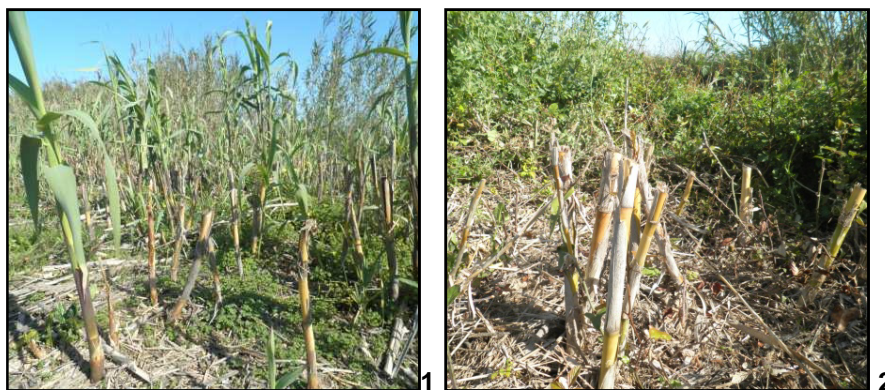


Figura 10. Humectação: 1 – testemunha 3, cinco meses após corte; 2 – talhão de canas pinceladas com glifosato, quatro meses após humectação.



Figura 11. Humectação: 1 – parcela nove meses após corte com 100% de eficácia; 2. parcela nove meses após corte com 90% de eficácia.

4.2. ANÁLISE DA DISTRIBUIÇÃO DA CALDA POR PAPÉIS HIDROSSENSÍVEIS

Com o objectivo de analisar a distribuição da calda, procedeu-se à interpretação dos dados da percentagem de cobertura da calda a diferentes alturas da planta e zonas da parcela. Pela observação do gráfico (Fig.12), verificou-se maior cobertura nos níveis superiores e medianos, enquanto no nível inferior (centro/base) a cobertura foi menor. Existem variações significativas de percentagem de cobertura em função do nível, sendo que **D** (centro/base) é significativamente diferente de todos os outros níveis. O nível **E** (centro/mediana) não difere de **A** (bordadura/base) e **C** (bordadura/topo), mas difere das restantes zonas. Conferindo que para a zona centro/base houve uma má distribuição da calda.

A maior cobertura no nível superior do dossel foliar da cana era de esperar, uma vez que este se encontrava mais próximo do ponto de lançamento do esguicho. Este resultado confirma os resultados de (Schroder, 2007), que estudou a pulverização de fungicida na cultura de soja, os dados demonstram menor cobertura das gotas no nível inferior, devido a um aspecto característico, o “efeito guarda-chuva” proporcionado pelas folhas do nível médio e superior.

Estas observações justificam as menores eficácias observadas na zona central das parcelas mais densas.

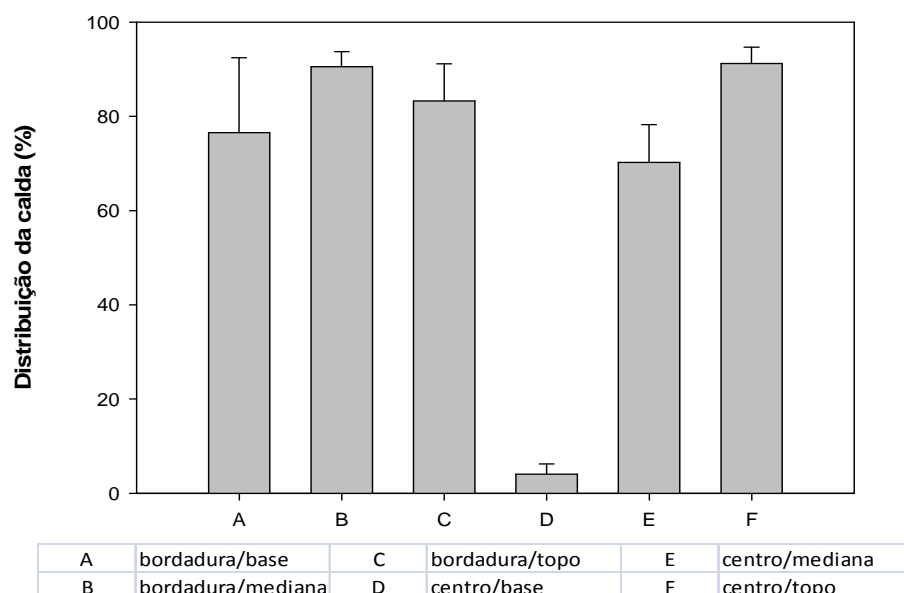


Figura 12 – Distribuição da calda (percentagem de área coberta em papel hidrossensível) após a aplicação por pulverização foliar nas diferentes zonas da parcela e alturas da planta, respectivamente.

5. CONCLUSÕES

No que concerne à época de aplicação, o Outono foi a época em que se registou uma maior eficácia do herbicida, quer para o método pulverização de plantas adultas, quer para o método da humectação. Os valores mais baixos registaram-se na aplicação primaveril do glifosato após o corte da cana.

Entre as concentrações testadas, os resultados indicam, que a concentração 13,5 g glifosato/L de calda, para as aplicações foliares estivais e outonais, foi a mais eficaz, mantendo um nível espectável no controlo desta espécie, com vantagem, evidencia-se o ensaio executado no Outono. Esta concentração é preferível, em relação às concentrações mais elevadas, pois apresenta níveis de eficácia muito aproximados destas últimas.

A adição do adjuvante não apresentou uma mais-valia no aumento de eficácia do glifosato, no entanto, foram observados incrementos no controlo, resultantes da adição do sulfato de amónio à calda, para as concentrações de 2,25 e 4,5 g s.a./L, quando observamos a última época de avaliação.

A importância do uso de adjuvantes, em otimizar a actividade do herbicida pode representar economia no tratamento, pela possibilidade do uso de doses mais reduzidas, mas não foi o caso.

Quanto ao material de aplicação, pistola de pulverização ou barra horizontal, os resultados, no que dizem respeito a este factor, não evidenciaram relevância na eficiência de controlo.

O ensaio de humectação realizado no Outono, perante os resultados, pode este desempenhar uma boa alternativa de controlo químico quando utilizado em pequenas manchas monoespecíficas ou plantas individuais. Uma vez que, em termos de execução, esta modalidade revelou ser mais exigente no tempo gasto e trabalho executado.

No estudo da distribuição da calda, recorrendo a papéis hidrossensíveis, houve uma má distribuição para a zona centro/base, o que explica as menores eficácias na zona central das parcelas mais densas.

Em suma, este trabalho, mostra que nesta espécie, dificilmente se conseguirá uma erradicação só num ano e com uma única aplicação, facto constatado na bibliografia consultada.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABICHANDANI, S. L. 2007. *The potential impact of the invasive species Arundo donax on water resources along the Santa Clara River: seasonal and diurnal transpiration*. M.S. Thesis, University of California. Los Angeles.
- AHMAD, R.; LIOW, P.S.; SPENCER, D.F.; JASIENIUK, M. 2008. Molecular evidence for a single genetic clone of invasive *Arundo donax* in the United States. *Aquatic Botany*, **88**: 113–120.
- ALPERT, P.; BONE, E.; & HOLZAPFEL, C. 2000. Invasiveness, invasibility and the role of environmental stress in the spread of non-native plants. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics* **3**: 52-66.
- BEAN, J. 2004. *Invasive Species Control in riparian and natural areas*. Environmental resource specialist. BASF Corporation, Experimental USA Permit.
- BELL, G.P. 1993. Biology and growth habits of giant reed (*Arundo donax*). In *Arundo donax workshop proceedings*, Ontario. California. Team Arundo del Norte. Disponível em: http://ceres.ca.gov/tadn/ecology_impacts/biology.html. Acesso em: 29 de Maio de 2010.
- BELL, G.P. 1997. Ecology and management of *Arundo donax*, and approaches to riparian habitat restoration in Southern California. In *Plant Invasion: Studies from North America and Europe*. J.H, Brock; M. Wade; P. Pysek & D. Green (eds). Backhuys Publishers, Leiden, The Netherlands, pp. 103-113.
- BHANWRA, R.K.; CHODA, S.P. & KUMAR S. 1982. Comparative embryology of some grasses. Proceedings of the Indian National Science Academy. *Biological Sciences* **48(1)**: 152–62.
- BOOSE, A.B. & HOLT, J.S. 1999. Environmental effects on asexual reproduction in *Arundo donax*. *Weed Research*, **39**: 117-127.
- BROMILOW, C. 2001. *Problem plants of South Africa – a guide to identification and control of more than 300 invasive plants and other weeds*. Briza Publications, Pretoria. South Africa.
- BROOKS, M. L. 2003. Effects of increased soil nitrogen on the dominance of alien annual plants in the Mojave Desert. *Journal of Applied Ecology*, **40**: 344-353

CHADWICK & ASSOCIATES, 1992. *Santa Ana River use attainability analysis. Aquatic biology, habitat and toxicity analysis*. Volume 2. Santa Ana Watershed Project Authority, Riverside.

CHIEJ, R. 1984. *Encyclopedia of Medicinal Plants*. Macdonald, London.

COFFMAN, G.C.; R.F. AMBROSE, & P.W. RUNDEL. 2004. Invasion of *Arundo donax* in river ecosystems of Mediterranean climates: causes, impacts and management strategies. Proceedings of the *10th International Conference on Mediterranean Climate Ecosystems*, Rhodes, Greece. M. Arianoutsou & V.P. Papanastasis, (eds). Millpress Science Publishers, Netherlands. 138 pp.

COFFMAN, G.C.; AMBROSE, R.F. & RUNDEL, P.W. 2010. Wildfire promotes dominance of invasive giant reed (*Arundo donax*) in riparian ecosystems. *Biological Invasions*. **12(8)**: 2723-2734.

CORTES, E.; GOOLSBY, J.; MORAN, P.J.; MARCOS-GARCIA, M.A. 2011. The effect of the armored scale, *Rhizaspidotus donacis* (Hemiptera: Diaspididae) on shoot growth of the invasive plant *Arundo donax* (Arundinoideae). *Biocontrol Science and Technology*, **21**: 535-545.

CRONCK, Q. & FULLER, J. 1995. *Plant Invaders*. The threat to natural ecosystems. Chapman & Hall. London. 241 pp.

CSURHES, S. 2009. *Weed Risk Assessment: Giant Reed (Arundo donax)*. Primary Industries and Fisheries. Queensland.

Disponível em: http://www.dpi.qld.gov.au/documents/Biosecurity_EnvironmentalPests/IPA-Giant-Reed-Risk-Assessment.pdf. Acesso em: 20 de Março de 2010.

Decreto - lei nº 565/99, de 21 de Dezembro (Diário da República I Série A – Nº 295/99). Disponível em: <http://www.dre.pt/pdf1sdip/1999/12/295A00/91009115.pdf>. Acesso em: 11 de Abril de 2010.

DECRUYENAERE, J.G. & HOLT, J.S. 2001. Seasonality of clonal propagation in giant reed. *Weed Science*, **49(6)**: 760-767.

DI CASTRI, F.; HANSEN, A.J. & DEBUSSCHE, M. 1990. *Biological Invasions in Europe and the Mediterranean basin*. Kluwer Academic Publishers, The Netherlands, pp. 85-104.

DITOMASO, J. M. 1998. Biology and ecology of giant reed. In *Proceedings of the Arundo and Saltceder: The Deadly Duo Workshop*, Ontario. California, pp. 1-5.

DITOMASO, J.M. & HEALY, E.A. 2003. *Aquatic and Riparian Weeds of the West*. University of California. Agriculture and Natural Resources, Oakland. California.

DUDLEY, T.L. & COLLINS, B 1995. *Biological invasions in California wetlands: the impacts and control of non-indigenous species in natural areas*. Pacific Institute for Studies in Development, Environment and Security, Oakland. California.

DUDLEY, T. 2000. *Arundo donax*. In *Invasive plants of California's wildlands*. C.C. Bossard, J.M. Randall & M.C. Hoshovsky (eds). University of California Press, Berkeley, pp. 53-58

DUDLEY, T. 2005. Global Invasive Species Database: *Arundo donax*. Invasive Species Specialist Group (ISSG) of the World Conservation Union. Disponível em: <http://www.issg.org/database/species/ecology.asp?si=112&fr=1&sts=sss>. Acesso em: 10 de Março de 2010.

DUKE, J.A. 1983. *Handbook of Energy Crops*. Unpublished. Disponível em: http://www.hort.purdue.edu/newcrop/duke_energy/Arundo_donax.html. Acesso em: 20 de Junho de 2010.

DUKES, J.S. & MOONEY, H.A. 2004. Disruption of ecosystem processes in western North America by invasive species. *Revista Chilena de Historia Natural*, **77**: 411-437.

DURIGAN, J.C. 1992. Efeito de adjuvantes na calda e do estágio de desenvolvimento das plantas, no controle do capim-colonião (*Panicum maximum*) com glyphosate. *Planta Daninha*, **10**: 39-44.

ELMORE, C.L. 1990. Use of solarization for weed control. In *Soil Solarization*. J.E. DeVay, J.J. Stapleton & C.L. Elmore (eds). United Nations, Rome, pp. 61-72.

ELSE, J.A.; 1996. *Post-flood establishment of native woody species and an exotic, Arundo donax, in a Southern California riparian system*. M.S. Thesis. San Diego State University, San Diego.

ELSE, J. A. & ZEDLER, P. 1996. Dynamics of the flood disturbed zone of a riparian system: Vegetative establishment and resprouting of woody native species and the exotic, *Arundo donax*. *Bulletin of the Ecological Society of America*, **77**: 129.

EPA USA. 1993. United States Environmental Protection Agency. Registration eligibility decision: glyphosate. Disponível em: http://www.epa.gov/oppsrrd1/REDS/old_rede/glyphosate.pdf. Acesso: 8 de Dezembro de 2011.

EPA USA 2000. U.S. Environmental Protection Agency Grant. Project Control of Giant Cane in Riparian and Wetland Areas of Northern and Central California. Disponível em: http://ceres.ca.gov/tadn/control_manage/DFG-EPAreport.html. Acesso: 18 de Junho de 2010.

FRANCO, J.A. & ROCHA AFONSO, M.L. 1998. *Nova Flora de Portugal* (Continente e Açores). Vol. III – Fascículo II: Graminae. Escolar Editora. Lisboa.

GAFFNEY, K.A. & GLEDHILL, K. 2004. Giant reed in the Russian River Riparian Zone: Distribution, Plant Community Effects and Control Methods. In *Proceedings of the Riparian Habitat and Floodplains Conference*, 12-25 March, 2001. Sacramento, California.

GIESY, J.P.; DOBSON, S. & SOLOMON, K.R. 2000. Ecotoxicological risk assessment for Roundup herbicide. *Reviews of Environmental Contamination & Toxicology*, **167**: 35-120.

GOLDSBOROUGH, L.G.; BROWN, D.J. 1993. Dissipação de glifosato e ácido aminometilfosfônico em água e sedimentos de lagoas de floresta boreal. *Amb. Tox. Chem.*, **12**: 1139-1147.

GOOLSBY J.; MORAN, P.; KIRK, A.; JONES, W.; EVERITT, J.; YANG, C.; PARKER, P.; FLORES, D.; SPENCER, D.; PEPPER, A.; MANHART, J.; TARIN, D.; MOORE, G.; WATTS, D.; NIBLING, F. 2008. *Arundo donax – giant reed; an invasive weed of the Rio Grande Basin*. Western Weed Science Society Annual Meeting, Anaheim, 12–14 March, 2008. Anaheim, CA.

GROSSBARD, E. 1985. Efeitos do glifosato sobre a microflora: com referência à decomposição da vegetação tratada e interação com alguns patógenos de plantas. In: Grossbard, E.; ATKINSON, D. (Ed.). *O herbicida glifosato*, pp.159-185. Londres: Butterworths.

GROSSINGER, R.; ALEXANDER, J.; COHEN, A.N. & COLLINS, J.N. 1998. *Introduced tidal marsh plants in the San Francisco Estuary. Regional distribution and priorities for control*. San Francisco Estuary Institute. California.

HENDERSON, L. 1998. Southern African Plant Invaders Atlas (SAPIA). *Applied Plant Science*, **12**: 31-32.

HENDERSON, L. 2001. *Alien Weeds and Invasive Plants. A complete guide to declared weeds and invaders in South Africa*. Plant Protection Research Institute Handbook No. 12. Agricultural Research Council, Pretoria.

HERRERA, A.M. & DUDLEY, T.L. 2003. Reduction of riparian arthropod abundance and diversity as a consequence of giant reed (*Arundo donax*) invasion. *Biological Invasions*, **5**:167-177.

HICKMAN, J.C. (ed.).1993. *The Jepson manual: Higher plants of California*. University of California Press, Berkeley. California.

HOBBS, R.J. 1989. The nature and effects of disturbance relative to invasions. In *Biological invasions: a global perspective*. Scope 37. J.A. Drake; H.A. Mooney; F. Di Castri; R.H. Groves; F.J. Kruger; M. Rejmanek & M. Williamson (eds). John Wiley and Sons, Chichester, United Kingdom, pp. 389–405

HOBBS, R.J. & HUENNEKE, L.F. 1992. Disturbance Diversity and Invasion: Implications for Conservation. *Conservation Biology*, **6 (3)**: 324-337.

IVERSON, M.E. 1994. The impact of *Arundo donax* on water resources. In *Arundo donax Workshop Proceedings*. N.E. Jackson, P. Frandsen, & S. Douthit, (eds). November 1993. Ontario, CA, pp. 19-25.

JACKSON, G. C. & J. R. NUNEZ. 1964. Identification of silica present in the giant reed (*Arundo donax* L.). *Journal of the Agricultural University*. **48**: 60-62.

JACKSON, N.E. 1994. Control of *Arundo donax*: techniques and pilot project. In *Arundo donax Workshop*. N.E. Jackson, P. Randsen, S. Douthit, (eds). Proceedings, November 1993. Ontario, CA, pp. 27-33.

KATAN, J.; GRINSTEIN, A.; GREENBERGER, A., YARDEN, O. & DEVAY, J.E. 1987. First decade (1976-1986) of soil solarization (solar heating)- A chronological bibliography. *Phytoparasitica*, **15**: 229-255.

KISNER, D. A. 2004. *The Effect of Giant Reed (Arundo donax) on the Southern California Riparian Bird Community*. Masters thesis, San Diego State University, San Diego. California.

- KOLLMAN, W.; SEGAWA, R. 1995. *Interim report of the pesticide chemistry database: environmental hazards assessment program*. Department of Pesticide Regulation.
- LEWANDOWSKI, I.; SCURLOCK, J.M.O.; LINDVALL, E & CHRISTOU, M. 2003. The development and current status of perennial rhizomatous grasses as energy crops in the US and Europe. *Biomass and Bioenergy*, **25**: 335-361.
- LODGE, D.M. 1993. Biological Invasions: Lessons for ecology. *Trends in Ecology & Evolution*. **8(4)**: 133-137.
- LOWE, S.; BROWNE, M.; BOUDJELAS, S.; DE POORTER, M. 2000. *100 of the World's Worst Invasive Alien Species. A selection from the Global Invasive Species Database*. Published by The Invasive Species Specialist Group (ISSG), a specialist group of the Species Survival Commission (SSC) of the World Conservation Union (IUCN), Auckland. 12 pp.
- MACKENZIE, A. 2004. Giant Reed. In *The Weed Workers' Handbook*. C. Harrington & A. Hayes (eds). The Watershed Project and California Invasive Plant Council, California. pp. 92-93.
- MARCHANTE, E., FREITAS, H., MARCHANTE, H. 2008. *Guia Prático para Identificação de Plantas Invasoras de Portugal Continental*. Imprensa da Universidade de Coimbra.
- MASCHHOFF, J. R.; HART, S. E. & BALDWIN, J.L. 2000. Effect of ammonium sulfate on the efficacy, absorption, and translocation of glufosinate. *Weed Science*, **48**: 2-6.
- MATHIASSEN, S. K. & KUDSK, P. 1998. Influence of broad-leaved weed herbicides on the activity of fenoxaprop-P-ethyl. *Weed Research*, **38**: 283-289.
- MILES, D.H; TUNSUWAN, K.; CHITTAWONG, V.; KOKPOL, U.; CHOUDHARY, M.I. & CLARDY, J. 1993. Boll weevil antifeedants from *Arundo donax*. *Phytochemistry* **34 (5)**, 1277-1279.
- MILTON, S.J. 2004. Grasses as invasive alien plants in South Africa. *South African Journal of Science*, **100**: 69-75.
- MOLLES, JR. M.C. 1999. *Ecology: concepts and applications*. WCB/ McGraw-Hill. Boston. 509 pp.

MONSANTO, 1989. Label for Rodeo®, aquatic herbicide. Monsanto Company, St. Louis, MO.

MONTEIRO, A. 1985. *Fitotoxicidade do glifosato aplicado contra infestantes aquáticas*. Centro de Botânica Aplicada à Agricultura da Universidade de Lisboa. H- 4/85.

MONTEIRO, A. 1989. *Infestantes aquáticas. Luta química e impacte ambiental*. Dissertação de Mestrado em Produção Vegetal. Instituto Superior de Agronomia. Universidade Técnica de Lisboa. Lisboa.

MONTEIRO, A. & MOREIRA, I. 2004. Reduced rates of pre-emergence and post-emergence herbicides for weed control in vineyards. *Weed Research*, **44** (2): 117-128.

MOONEY, H.A.; HAMBURG, S.P. & DRAKE, J.A. 1986. The invasions of plants and animals into California. In *Ecology of biological invasions of North America and Hawaii*. H.A. Mooney and J.A. Drake (eds). Springer-Verlag, New York, pp. 250–272.

MOONEY, H. A. & HOBBS, R. J. 2000. Global Change and Invasive Species. Where do we go from here? In *Invasive Species in a Changing World*. H.A. Mooney & R.J. Hobbs. Island Press. Washington, DC USA, pp. 425-434.

MOREIRA, I.; MONTEIRO, A. & SOUSA, E. 1999. Chemical control of common reed (*Phragmites australis*) by foliar herbicides under different spray conditions. *Hydrobiologia* **415**: 299-304.

MUELLER, T.C.; MAIN, C.L.; THOMPSON, M.A. & STECKEL, L.E. 2006. Comparison of Glyphosate Salts (Isopropylamine, Diammonium and Potassium) and Calcium and Magnesium Concentrations on the Control of Various Weeds. *Weed Technology*, **20(1)**: 164-171.

NEWHOUSE, M.; CORNWALL, C.; DALE, R. 1999. *Arundo donax - A Landowner Handbook*. Sonoma Ecology Center and California State University, Sacramento, California. Disponível em: http://ceres.ca.gov/tadn/Digital_Lib_index.html. Acesso em: 20 Maio de 2011.

OAKINS, A.J. 2001. *An assessment and management protocol for Arundo donax in the Salinas Valley Watershed*. Bachelors Thesis, California State University at Monterey Bay, 50 pp.

- OMORI, G. 1996. *Eradicating the giant reed (Arundo donax) in riparian areas of Marine Corps Base, Camp Pendleton, California*. Marine Corps Base, Camp Pendleton, California and The Nature Conservancy. Agri Chemical & Supply, Inc, Oceanside, California.
- PAPAZOGLU, E.G.; KARANTOUNIAS, G.A.; VEMMOS, S.N. & BOURANIS, D.L. 2005. Photosynthesis and growth responses of giant reed (*Arundo donax* L.) to the heavy metals Cd and Ni. *Environment International* **31** (2): 243-249.
- PERDUE, R.E. 1958. *Arundo donax*: source of musical reeds and industrial cellulose. *Economic Botany* **12**: 368-404.
- POLUNIN, O. & HUXLEY, A. 1987. *Flowers of the Mediterranean*. Hogarth Press, London.
- PRATA, F.; LAVORENTI, A.; REGITANO, J. B.; TORNISIELO, V. L. 2000. Influência da matéria orgânica na sorção e desorção do glifosato em solos com diferentes atributos mineralógicos. *Rev. Bras. Ciênc. Solo*, **24**: 947-951.
- PRATT, D.; KELLS, J.J. & PENNER, D. 2003. Substitutes for ammonium sulfate as additives with glyphosate and glufosinate. *Weed Technology*, **17** (3): 576-581.
- QUINN, L.D.; RAUTERKUS, M.A. & HOLT, J.S. 2007. Effects of Nitrogen Enrichment and Competition on Growth and Spread of Giant reed (*Arundo donax*). *Weed Science*. **55**: 319-326.
- QUINN, L.D. & HOLT, J.S. 2008. Ecological correlates of invasion by *Arundo donax* in three southern California riparian habitats. *Biological Invasions*, **10** (5): 591-601.
- RAGHU, S.; ANDERSON, R.C.; DAEHLER, C.C.; DAVIS, A.S.; WIEDENMANN, R.N.; SIMBERLOFF, D. & MACK, R.N. 2006. Adding biofuels to the invasive species fire? *Science*. **313**: 1742.
- REJMÁNEK, M. 1996. A theory of seed plant invasiveness: the first sketch. *Biological Conservation*. **78** (1): 171-181.
- REZK, M.R. & EDANY, T.Y. 1979. Comparative responses of two reed species to water table levels. *Egyptian Journal of Botany* **22** (2): 157-172.
- ROBBINS, W.W.; BELLUE, M.K. & BALL, W.S. 1951. *Weeds of California*. California Department of Agriculture, Sacramento. CA.

RUNDEL, P.W. 2000. Alien species in the flora and vegetation of the Santa Monica Mountains, California: Patterns, Processes and Management Implications. In *2nd Interface between Ecology and Land Development*. J.E. Keeley, M. Baer-Keeley & C.J. Fotheringham (eds). U.S. Geological Survey Open-File Report 00-62. Sacramento. CA, pp.145-152.

SANTA ANA WATERSHED PROJECT AUTHORITY (SAWPA), 2007. Disponível em: <http://www.sawpa.org/arundo/>. Acesso em: 11 de Maio de 2010.

SANZ-ELORZA, M.; DANA SÁNCHEZ, E.D. & SOBRINO VESPERINAS, E. (eds). 2004. *Atlas de las Plantas Alóctonas Invasoras en España*. Dirección General para la Biodiversidad. Madrid, 384 pp.

SAS. 1989. *SAS/STAT User's Guide*. Release 6. Volume 2. Fourth Edition, Cary, NC: SAS Institute Inc., USA.

SCHRODER, E.P. 2007. Pulverizadores. *Cultivar Máquinas*, **7 (64)**: 20-22.

SCOTT, G. 1994. Fire threat from *Arundo donax*. In *Arundo donax Workshop Proceedings*. N. E. Jackson, P. Frandsen, & S. Douthit, (eds). November 1993, Ontario. California. pp. 17-18.

SHARMA, K.P.; KUSHWAHA, S.P.S. & GOPAL, B; 1998. A comparative study of stand structure and standing crops of two wetland species, *Arundo donax* and *Phragmites karka*, and primary production in *Arundo donax* with observations on the effect of clipping. *Tropical Ecology*, **39(1)**: 39.

SIMBERLOFF, D. & STILING, P. 1996. Risks of species introduced for biological control. *Biological Conservation*, **78**: 185-192.

SINGH, C.; KUMAR, V. & PACHOLI, R.K. 1997. Growth performance of *Arundo donax* (reed grass) under difficult site conditions of Doon-Valley for erosion control. *Indian Forester* **123**: 73-76.

SPENCER, D.F.; TAN, W.; LIOW, P.; KSANDER, G.G.; WHITEHAND, L.C.; WEAVER, S.; OLSON, J. & NEWHOUSER, M. 2008. Evaluation of Glyphosate for Managing Giant Reed (*Arundo donax*). *Journal Invasive Plant Science and Management* **1 (3)**: 248-254.

STREIBIG, J. C. 1988. Herbicide bioassay. *Weed Research*, **28**: 479-484.

SZABÓ, P., VÁRHEGYI, G.; TILL, F.; FAIX, O. 1996. Thermogravimetric mass spectrometric characterization of two energy crops, *Arundo donax* and *Miscanthus sinensis*. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*. **36 (2)**: 179–190.

TEAM ARUNDO DEL NORTE (TAdN), 1999. *Controlling Arundo in your Watershed: A guide for Organizations*. US Environmental Protection Agency and California Department of Fish and Game. Disponível em: http://teamarundo.org/education/org_guide.pdf. Acesso em: 12 de Março de 2010.

TEAM ARUNDO DEL NORTE (TAdN), 2007. *Arundo control and management*. Disponível em <http://www.ceres.ca.gov/tadn/>. Acesso em: 10 Abril de 2010.

TILMAN, D.; FARGIONE, J.; WOLFF, B.; D'ANTONIO, C.; DOBSON, A.; HOWARTH, R.; SCHINDLER, D.; SCHLESINGER, W.H.; SIMBERLOFF, D. & SWACKHAMER, D. 2001. Forecasting Agriculturally Driven Global Environmental Change. *Science*, **292**: 281-284.

TU, M.; HURD, C. & RANDALL, J.M. 2001. *Weed Control Methods Handbook: Tools & Techniques for Use in Natural Areas*. The Nature Conservancy, California.

USDA, 2009. *Field Release of the Arundo Wasp, Tetramesa romana (Hymenoptera: Eurytomidae), an Insect for Biological Control of Arundo donax (Poaceae) in the Continental United States*. Environmental Assessment.

USDA, 2010. *Field Release of the Arundo Scale, Rhizaspidiotus donacis (Hemiptera: Diaspididae), an Insect for Biological Control of Arundo donax (Poaceae) in the Continental United States*. Environmental Assessment.

USHER, G. 1974. *A dictionary of plants used by man*. Haffner Press, New York, 619 pp.

WATSON, H.K. 1977. *Present weed control projections for the year 2001*. Unpublished manuscript. Copy on file at The Nature Conservancy, California Field Office, 785 Market Street, 3rd Floor, San Francisco.

WELLS, M.J.; DUGGAN, K. & HENDERSON, L. 1980. *Woody plant invaders of the central Transvaal*. Proceedings of the 3rd National Weeds Conference. South Africa. pp. 11-23.

WESTLAKE, D.F. 1963. Comparisons of plant productivity. *Biological Reviews*. **38 (3)**: 385–425.

WIJTE, A.H.B.M.; MIZUTANI, T.; MOTAMED, E.R.; MERRYFIELD, M.L.; MILLER, D.E. & ALEXANDER, D.E. 2005. Temperature and endogenous factors cause seasonal patterns in rooting by stem fragments of the invasive giant reed, *Arundo donax* (Poaceae). *International Journal of Plant Sciences* **166** (3): 507–517.

WILLIAMS, G.M.; KROES, R. & MUNRO, I.C. 2000. Safety evaluation and risk assessment of the herbicide Roundup and its active ingredient, glyphosate, for humans. *Regulatory Toxicology and Pharmacology*, **31**: 117-165.

YOUNG, B.G.; KNEPP, A.W.; WAX, L.M. & HART, S.E. 2003. Glyphosate translocation in common lambsquarters (*Chenopodium album*) and velvetleaf (*Abutilon theophrasti*) in response to ammonium sulfate. *Weed Science*, **51**: 151-156.

ZEMBAL, R. 2007. Chipping away at Arundo. *Southwest Hydrology*, **6**: 24-33.

ZIMMERMAN, P. 1999. Rates of transpiration by a native willow, *Salix exigua*, and by a non-native invasive, *Arundo donax*, in a riparian corridor of northern California. In *Proceedings of the California Exotic Pest Plant Council*. California Exotic Pest Plant Council, Sacramento, California.