



**UNIVERSIDADE DE ÉVORA**

**ESCOLA DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA**

DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA

**Controlo de infestantes com diferentes doses de herbicidas em pós-emergência da cevada dística (*Hordeum distichum* L.) de sementeira direta**

**Tiago Emanuel Ourives Garcia**

Orientação: Professor - José Calado Barros

**Mestrado em Engenharia Agronómica**

Dissertação

Évora, 2015



**UNIVERSIDADE DE ÉVORA**

**ESCOLA DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA**

DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA

**Controlo de infestantes com diferentes doses de herbicidas em pós-emergência da cevada dística (*Hordeum distichum* L.) de sementeira direta**

**Tiago Emanuel Ourives Garcia**

Orientação: Professor - José Calado Barros

**Mestrado em Engenharia Agronómica**

Dissertação

Évora, 2015

## **AGRADECIMENTOS**

Gostaria de agradecer em primeiro lugar, ao Prof. José Calado Barros pela orientação deste trabalho, mostrando sempre disponibilidade para o esclarecimento de todas as dúvidas que foram surgindo ao longo da elaboração do mesmo.

À Andreia, minha namorada, agradeço pela ajuda e motivação que foram bastante importantes não só ao longo deste trabalho, mas também de todo o curso.

Aos meus pais, que tiveram muitas vezes que abdicar da minha presença para que eu me pudesse dedicar a este trabalho e que me apoiaram e deram bases para que o concluir deste percurso fosse possível.

À Eng<sup>a</sup> Filipa Santos e ao Eng<sup>o</sup> Manuel Figo, agradeço o apoio técnico assegurado durante os ensaios de campo.

À ZEA e em especial ao Eng<sup>o</sup> José Miguel Alves, pelo apoio incondicional na realização dos ensaios de campo.

À empresa Bayer CropScience (Portugal), a qual suportou financeiramente os ensaios de campo que estiveram na base da elaboração desta peça escrita.

## RESUMO

O presente trabalho foi levado a cabo na Herdade Experimental da Almocreva (Beja), no ano agrícola de 2012/2013 e consistiu no estudo do efeito de dois herbicidas comerciais (Hussar e Hussar Plus) no controlo de infestantes dicotiledóneas em pós-emergência da cultura da cevada dística (*Hordeum distichum* L.) de sementeira direta. Para cada um dos herbicidas foram realizados dois ensaios de campo, sendo um deles com o objetivo de determinar a eficácia destes produtos químicos no controlo das infestantes (ensaio de eficácia) e o outro para comprovar a sua seletividade em relação à cultura da cevada dística (ensaio de seletividade).

Aplicaram-se três doses diferentes de cada um dos herbicidas em duas épocas distintas.

Para ambos os herbicidas constatou-se, que a antecipação da aplicação para uma fase mais precoce do desenvolvimento das infestantes conduziu a uma maior eficácia no controlo das mesmas para todas as doses usadas, mas a esse fato não correspondeu uma maior produtividade da cultura, havendo sim, uma diminuição da produção por unidade de área com a antecipação da aplicação.

**Palavras-chave:** Controlo de infestantes, doses de herbicida, épocas de aplicação, eficácia e seletividade.

## **Weed control with different herbicide doses in post-emergence of barley (*Hordeum distichum* L.) under no-till**

### **ABSTRACT**

The present work was carried out in the experimental farm of Almocreva (Beja) in the year of 2012/2013 and consisted in the study of the effect of two commercial herbicides (Hussar and Hussar Plus) to control post-emergence broadleaved weeds in barley crop (*Hordeum distichum* L.) under no-till. For each of the herbicides were carried out two field experimentations, being one of them with the aim to determine the efficacy of these chemical products to control weeds (experimentation of efficacy) and the other, to prove their selectivity in relation to barley crop (experimentation of selectivity).

In all experimentations were applied three different herbicide doses in two distinct application timings.

For both the herbicides was found, that the anticipation of the application for an early weed development stage has led to a greater efficacy in the control of these weeds for all used doses, but this fact did not corresponded to a greater productivity of the crop, but to a decrease in grain yield per unit of area with the anticipation of the application.

**Keywords:** Weed control, herbicide doses, application timings, efficacy and selectivity

## ÍNDICE GERAL

RESUMO .....	I
ABSTRACT .....	II
ÍNDICE GERAL .....	III
ÍNDICE DE FIGURAS .....	V
ÍNDICE DE QUADROS.....	VII
1. INTRODUÇÃO .....	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	4
2. 1. A cultura da cevada dística.....	4
2. 2. Importância da cultura da cevada dística em Portugal.....	5
2. 3. Características dos herbicidas de pós-emergência estudados na cultura da cevada dística	6
2. 4. Seletividade dos herbicidas.....	8
2. 4. 1. Seletividade dos herbicidas aplicados á cultura da cevada dística .....	10
2. 5. Eficácia do controlo químico das infestantes.....	12
2. 5. 1. Eficácia do controlo químico e as características das infestantes .....	12
2. 5. 2. Características dos herbicidas e a sua eficácia.....	14
2. 5. 3. Eficácia dos herbicidas e as condições ambientais .....	17
2. 5. 4. Efeito das doses, volumes de calda e épocas de aplicação na eficácia dos herbicidas ..	19
2. 6. Resistência das infestantes à aplicação dos herbicidas .....	22
2. 7. Relação entre os sistemas de mobilização do solo e o controlo de infestantes.....	25
2. 8. A sementeira direta como técnica da agricultura de conservação .....	27
2. 8. 1. A sementeira direta e a aplicação de herbicidas.....	29
3. MATERIAL E MÉTODOS .....	32
3. 1. Descrição dos ensaios .....	32
3. 2. Caracterização edafo-climática .....	32
3.2.1 Caracterização climática.....	32

3. 2. 2. Caracterização edáfica .....	35
3. 3. Técnicas culturais .....	36
3. 4. Tratamentos e delineamento experimental .....	38
3. 5. Observações e determinações .....	40
3. 6. Tratamento estatístico .....	43
4. ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.....	45
4. 1. Ensaio Hussar.....	45
4. 1. 1. Ensaio Hussar Eficácia .....	45
4. 1. 1. 1. Eficácia do herbicida.....	45
4. 1. 1. 2. Produção de grão .....	47
4. 1. 1. 3. Matéria seca total, índice de colheita e componentes da produção .....	49
4. 1. 2. Ensaio Hussar Seletividade.....	53
4. 1. 2. 1. Produção de grão .....	53
4. 1. 2. 2. Matéria seca total, índice de colheita e componentes da produção .....	54
4. 2. Ensaio Hussar Plus .....	55
4. 2. 1. Ensaio Hussar Plus Eficácia.....	55
4. 2. 1. 1. Eficácia do herbicida.....	55
4. 2. 1. 2. Produção de grão .....	56
4. 2. 1. 3. Matéria seca total, índice de colheita e componentes da produção .....	58
4. 2. 2. Ensaio Hussar Plus Seletividade .....	61
4. 2. 2. 1. Produção de grão .....	61
4. 2. 2. 2. Matéria seca total, índice de colheita e componentes da produção .....	62
CONCLUSÕES.....	64
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	67
ANEXOS .....	76

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>FIGURA 1</b> - Evolução da quantidade de cevada dística comprada pela empresa Maltibérica no período entre 2001 e 2009. ....	5
FIGURA 2 - Produção de cevada no período entre 2003 a 2013 Fonte: INE (2013) .....	6
FIGURA 3 – a) Gráfico Termo pluviométrico, Estação Meteorológica de Beja, correspondente ao período de 1971 a 2000. b) Valores médios de precipitação total, temperatura média mensal da Estação Meteorológica de Beja, correspondente ao período de 1971 a 2000. ....	33
FIGURA 4 – a) Normais climatológicas e temperatura do ar para a Estação Meteorológica de Beja correspondente ao período de 1971 a 2000. b) Normais climatológicas e temperatura do ar para a Estação Meteorológica de Beja correspondente ao período de 1971 a 2000. ....	34
FIGURA 5 - Esquema dos ensaios .....	40
FIGURA 6 - Relação entre a eficácia do herbicida e a produção de grão por unidade de área para os diferentes tratamentos (doses e épocas).....	48
FIGURA 7 - Relação entre o número de grão por unidade de área e a produção de grão por unidade de área para a média dos tratamentos (doses e épocas).....	50
FIGURA 8 - Relação entre peso médio do grão e a produção de grão por unidade de área para a média dos tratamentos (doses e épocas) .....	51
FIGURA 9 - Relação entre a eficácia do herbicida e o peso médio do grão para a média dos tratamentos ( doses e épocas).....	52
FIGURA 10 - Relação entre a eficácia do herbicida e o número de grãos por unidade de área para a média dos tratamentos (doses e épocas) .....	52

FIGURA 11 - Relação entre a eficácia do herbicida e a produção de grão na cultura para a média dos tratamentos (doses e épocas).....	57
FIGURA 12 - Relação entre o peso médio do grão e a produção de grão por unidade de área para a média dos tratamentos (doses e épocas) .....	59
FIGURA 13 - Relação entre o número de grãos por unidade de área e a produção de grão por unidade de área para a média dos tratamentos (doses e épocas) .....	59
FIGURA 14 - Relação entre a eficácia do herbicida e o peso médio do grão para a média dos tratamentos (doses e épocas) .....	60
FIGURA 15 - Relação entre a eficácia do herbicida e o número de grãos por unidade de área para a média dos tratamentos (doses e épocas) .....	60

## ÍNDICE DE QUADROS

QUADRO 1 - Dados climáticos relativos ao ano agrícola de 2012-2013 (Estação Meteorológica da Quinta da Saúde – Beja) .....	34
QUADRO 2 - Algumas características físicas e químicas do solo Bvc (Barros Castanho-Avermelhados Calcários). .....	35
QUADRO 3 - Calendário das operações culturais e contagem de infestantes efetuadas nos ensaios, ano agrícola de 2012/2013. ....	38
QUADRO 4 - Doses dos herbicidas Hussar e Hussar Plus aplicadas nos ensaios .....	39
QUADRO 5 - Número médio de infestantes presentes e reinfestação verificada .....	42
QUADRO 6 - Eficácia (%) dos tratamentos no controlo das infestantes no Ensaio Hussar Eficácia. ....	46
QUADRO 7 - Produção de grão ( $\text{g m}^{-2}$ ) para os diferentes tratamentos no Ensaio Hussar Eficácia. ....	47
QUADRO 8 - Efeito dos diferentes tratamentos na produção de matéria seca total, no índice de colheita e nos componentes da produção. ....	50
QUADRO 9 - Produção de grão ( $\text{g m}^{-2}$ ) dos diferentes tratamentos no ensaio Hussar Seletividade. ....	54
QUADRO 10 - Efeito dos diferentes tratamentos na produção de matéria seca total, no índice de colheita e nos componentes da produção, no ensaio Hussar selectividade..	55
QUADRO 11 - Eficácia (%) dos tratamentos no controlo das infestantes no ensaio Hussar Plus Eficácia, .....	56
QUADRO 12 - Produção de grão ( $\text{g m}^{-2}$ ) dos diferentes tratamentos no ensaio Hussar Plus Eficácia. ....	57

QUADRO 13 - Efeito dos diferentes tratamentos na produção de matéria seca total, no índice de colheita e nos componentes da produção, no ensaio Hussar Plus Eficácia. ... 58

QUADRO 14 - Produção de grão ( $\text{g m}^{-2}$ ) dos diferentes tratamentos no ensaio Hussar Plus Seletividade..... 62

QUADRO 15 - Efeito dos diferentes tratamentos na produção de matéria seca total, no índice de colheita e nos componentes da produção, no ensaio Hussar Plus Seletividade.  
..... 63

## 1. INTRODUÇÃO

As infestantes competem com as culturas pelo espaço, luz, água e nutrientes, podendo atrasar e prejudicar as operações de colheita, depreciar o produto final e assegurar a reinfestação. Em condições climáticas temperadas, as quebras de produtividade nos cereais de outono-inverno devido à competição das infestantes, podem atingir valores muito elevados, dependendo da época e do nível de infestação. Nas condições edafo-climáticas da região Alentejo e em culturas de cereais de outono-inverno, nomeadamente na cevada dística (*Hordeum distichum* L.) são as infestantes anuais as mais difíceis de controlar em pós-emergência, principalmente as monocotiledóneas (folha estreita), como por exemplo a *Avena sterilis* L. (Balanco-maior), o *Lolium rigidum* Gaudin (erva-febra), a *Phalaris minor* Retz (erva-cabecinha), o *Bromus diandrus* Roth (espigão), etc., devido às suas semelhanças fisiológicas e morfológicas com as próprias culturas. No entanto, nestas culturas e nestas condições, surge sempre uma grande diversidade de infestantes dicotiledóneas (folha larga), como por exemplo a *Calendula arvensis* L. (erva-vaqueira), a *Silene gallica* L. (nariz-de-zorra), a *Stellaria media* L. (morugem-branca), o *Chrysanthemum segetum* L. (pampilho-das-searas), entre muitas outras e independentemente do sistema de mobilização utilizado na instalação destas culturas, a única opção para controlar infestantes em pós-emergência é a química, com a aplicação de herbicidas.

Em condições climáticas mediterrânicas será de esperar uma germinação significativa das infestantes a seguir às primeiras chuvas de outono, principalmente das sementes que se encontram perto ou na superfície do solo, sendo facilmente controladas em pré-sementeira. Quando a técnica utilizada na instalação das culturas for a sementeira direta, a qual não causa distúrbio no solo, será de esperar uma reinfestação muito mais reduzida quando comparada com outros sistemas de mobilização do solo, ou seja, a germinação das sementes das infestantes será muito menos escalonada ao longo do tempo, tal como referiram Barros et al., (2008). No entanto, mesmo em sementeira direta, muitas infestantes irão germinar juntamente com a cultura, tendo por isso que ser controladas em pós-emergência, mas a seguir a esta emergência será de esperar uma subsequente reinfestação já muito reduzida, que

pouco ou nada afetará a cultura instalada. Deste modo, será possível controlar as infestantes em pós-emergência numa fase mais precoce do seu desenvolvimento, ou seja, quando se encontrem mais sensíveis aos herbicidas. Isto permitirá a aplicação de doses de herbicida e de volumes de calda inferiores aos recomendados, com consequência não só na diminuição de custos para o agricultor, mas também da redução do impacto ambiental que causa a aplicação de produtos fitofarmacêuticos, nomeadamente os herbicidas. Vários autores (Spandl et al., 1997; Fernández-Quintanilha et al., 1998, Navarrete et al., 2000; Boström e Fogelfors, 2002 e Hamill et al., 2004) demonstraram em vários estudos, ter havido um controlo satisfatório das infestantes e produções bastante aceitáveis de diversas culturas, aplicando doses de herbicidas inferiores às normalmente recomendadas pelos fabricantes dos produtos. Barros et al., (2005, 2007, 2008 e 2009) obtiveram eficácias no controlo de infestantes em pós-emergência e produções de grão na cultura do trigo bastante satisfatórias, não só com doses de herbicida, mas também volumes de calda inferiores aos recomendados. Contudo, quando o controlo das infestantes é realizado numa fase precoce do seu desenvolvimento, ou seja, numa fase mais sensível aos herbicidas, também a própria cultura apresentará uma maior sensibilidade a estes produtos químicos, podendo com isso, sofrer problemas de fitotoxicidade. Segundo Mu et al., (2007) e Qasem (2011), é nas fases mais precoces do crescimento que as plantas apresentam normalmente maior suscetibilidade aos herbicidas e, portanto, também quando os danos causados são mais comumente observados, não obstante as espécies serem diferentes na sua sensibilidade e respostas aos herbicidas e até na mesma espécie poderá haver diferenças na resposta ao mesmo ou a diferentes herbicidas (Grime, 1986, Abit et al., 2009 e Kong, 2009), sendo a dose de aplicação (Carter et al., 2007) e as condições ambientais (Coupland, 1987) fatores de extrema importância.

Assim, um dos objetivos do presente trabalho foi estudar diferentes doses (recomendadas e inferiores às recomendadas) dos herbicidas Hussar (iodossulfurão-metilo-sódio) e Hussar Plus (iodossulfurão-metilo-sódio + mesossulfurão-metilo) na eficácia do controlo de infestantes dicotiledóneas em pós-emergência e na produção de grão da cultura da cevada dística (*Hordeum distichum* L.) de sementeira direta, em duas épocas de aplicação distintas, sendo a primeira dessas épocas quando as

infestantes se encontravam na fase de 3 a 4 pares de folhas e a segunda, quando as infestantes já apresentavam uma fase de desenvolvimento de 6 a 7 pares de folhas.

Tal como referido anteriormente e segundo Mu et al., (2007) e Qasem (2011), os herbicidas de pós-emergência quando aplicados em fases mais precoces do desenvolvimento das culturas podem causar fitotoxicidade nestas, conduzindo à redução da sua produtividade. Deste modo, um segundo objetivo do presente trabalho foi o de estudar a seletividade dos dois herbicidas (Hussar e Hussar Plus) na cultura da cevada dística.

## **2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2. 1. A cultura da cevada dística**

A origem da cultura da cevada encontra-se dividida em duas áreas. Uma das áreas de origem terá sido o Norte de África ou Etiópia e a outra, a Ásia (Sayd, 2011).

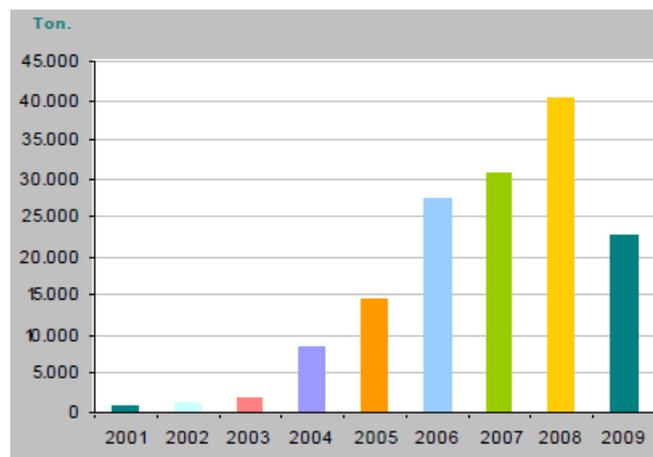
A cevada dística é uma espécie cerealífera, que pertence à família das gramíneas (Poaceae) ao género *Hordeum* e à espécie *Hordeum distichum*. A variedade estudada no presente trabalho foi a comercialmente designada por Publican (catálogo de cereais Lusosem, 2013). Esta variedade é de porte médio a semi-ereto e de baixa estatura, apresentando uma grande capacidade de afilhamento, com um elevado potencial produtivo e excelente qualidade malteira. Todas as variedades de cevada dística conhecidas têm em comum a suscetibilidade a diversas doenças da parte aérea, das quais se destacam a rinosporiose causada pelo fungo *Rhincosporium secalis* e a helmintosporiose causada pelo fungo *Pyrenophora gramínea*. Estas doenças são geralmente mais severas quando existe humidade e portanto, com o aumento da produção de cevada em sistemas de regadio o problema tem-se agravado. No entanto, existem variedades de cevada mais ou menos suscetíveis a estas doenças e a Publican faz parte do segundo grupo. É uma variedade recomendada para ser instalada entre meados de novembro e o início de janeiro, sendo recomendada uma densidade de sementeira entre 170 a 180 kg ha<sup>-1</sup>, podendo ser aumentada em sementeiras mais tardias, devendo ter-se sempre em conta o peso médio do grão. A cevada dística apresenta uma produtividade média muito semelhante ao trigo nas nossas condições edafo-climáticas, sendo no entanto, uma cultura que tolera mal, ou mesmo, não tolera solos ácidos, adaptando-se por isso bastante bem a solos derivados de calcários, os quais são bastante representativos da zona onde se realizou o presente estudo (Beja).

A cevada dística é uma cultura destinada à produção de malte para cerveja e por isso tem que responder a critérios muito específicos quanto à qualidade, especialmente o calibre do grão e o teor de proteína no mesmo, não podendo o valor desta, ultrapassar os 12 %, (Maltibérica, 2009) o que poderá suceder se houver excesso de aplicação de azoto na cultura.

## 2. 2. Importância da cultura da cevada dística em Portugal

A produção de cevada dística para a indústria de malte no nosso país é muito recente. Foi na década de 60 que ficou demonstrada a viabilidade económica desta cultura, desenvolvendo-se posteriormente um programa de investigação com a realização de vários ensaios agrónomicos, de modo a solucionar problemas existentes e que permitiram um maior conhecimento das técnicas culturais mais eficazes para a produção da cultura (Barradas, 1969). Segundo o mesmo autor, foi a partir de 1968 que aumentou a procura deste cereal para produção de malte.

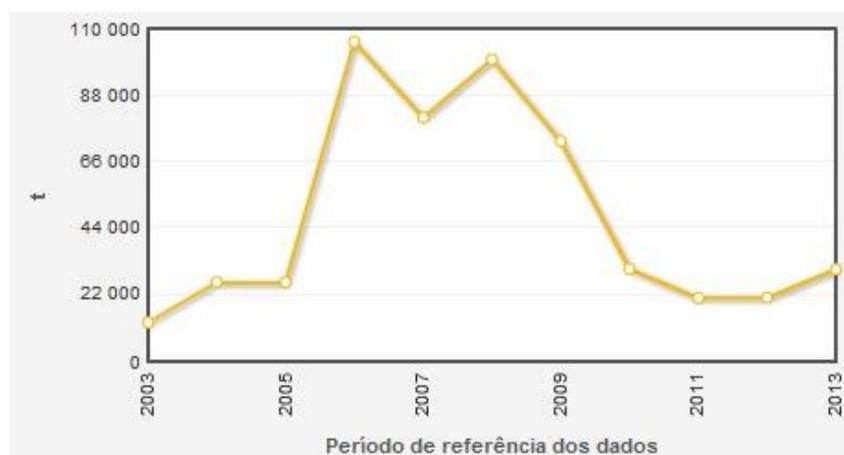
Atualmente, a Maltibérica, empresa que produz malte para a cervejeira Unicer, tendo em conta as necessidades do mercado nacional e a importância de ambas se manterem autossuficientes, têm procurado desenvolver planos de ação em parceria com instituições científicas e parceiros de negócio, de modo a promover um crescimento sustentável, mas também uma constante atualização de conhecimentos. O gráfico da FIGURA 1 mostra a evolução das quantidades de cevada dística adquiridas pela Maltibérica a produtores nacionais, no primeiro decénio do presente século, verificando-se um acréscimo desse valor até ao ano 2008 e um decréscimo em 2009.



**FIGURA 1** - Evolução da quantidade de cevada dística comprada pela empresa Maltibérica no período entre 2001 e 2009.

Nos primeiros anos da atual década, tal como é possível verificar no gráfico da FIGURA 1, a produção de cevada continua a apresentar alguma variação, tanto quanto

à superfície que ocupa, como à sua produção, apresentando nos anos de 2011 e 2012 um declínio significativo em relação ao ano de 2010.



**FIGURA 2** - Produção de cevada no período entre 2003 a 2013 **Fonte:** INE (2013)

De modo geral, o principal destino dos cereais é a indústria das rações. Mas este facto é contrariado pela cevada, uma vez que grande parte da sua produção se destina à indústria cervejeira. Este setor que está em franco crescimento absorve uma grande parte da produção, o pico de produção ocorreu em 2008 com 86 mil toneladas, mas nos anos seguintes ocorreu um decréscimo devido às condições climáticas adversas (ANCD, 2013). Mas de modo geral e tendo em conta as necessidades de abastecimento da indústria cervejeira, tem-se promovido o reforço a produção e do escoamento da mesma, através de acordos com diversas entidades (ANCD, 2013).

### **2. 3. Características dos herbicidas de pós-emergência estudados na cultura da cevada dística**

Os herbicidas de pós-emergência estudados nos ensaios foram os comercialmente designados por Hussar e Hussar Plus. A substância ativa do Hussar é o iodossulfurão-metilo-sódio, enquanto o Hussar Plus é constituído por esta e por mesossulfurão-metilo. Ambos os herbicidas integram na sua constituição um “safener”, designado por mafenepir-dietilo e cuja função é a de assegurar um alto

nível de seletividade sem comprometer a eficácia dos produtos. O “safener” promove a degradação das substâncias ativas do herbicida na cultura, mas não nas infestantes. O iodossulfurão-metilo-sódio pertence ao grupo químico das sulfonilureias e é designado (nome químico) pela IUPAC (International Union of Pure and Applied Chemistry) como metilo 4-iodo-2-[3-(4-metoxi-6-metilo-1,3,5-triazina-2-yl)-ureidosulfonilo] benzoato, sódio sal. O iodossulfurão-metilo-sódio é sistêmico e residual de absorção foliar e radicular. Está indicado para o controlo em pós-emergência das infestantes monocotiledóneas *Lolium rigidum* L. (erva-febra), *Avena* spp (balanco), *Phalaris paradoxa* L. (alpista) e de muitas infestantes de folha larga (dicotiledóneas), tais como a *Polygonum aviculare* (sempre-noiva), *Papaver rhoeas* L. (papoila-das-searas), *Galium aparine* L. (amor-de-hortelão), *Sinapis arvensis* L. (mostarda-dos-campos) e muitas outras, nas culturas do trigo mole (*Triticum aestivum* L.) trigo duro (*Triticum durum* L.) e cevada (*Hordeum vulgare* L. e *Hordeum distichum* L., ou seja, cevada hexástica e cevada dística, respetivamente).

Tal como o iodossulfurão-metilo-sódio, também o mesossulfurão-metilo pertence ao grupo químico das sulfonilureias e é designado (nome químico) pela IUPAC, como: Metilo2-[[[(4,6-dimetoxi-2-pirimidinil) amino] carbonilo]amino]sulfonilo]-4-[[metilosulfonilo]amino]metilo]benzoato. O mesossulfurão-metilo é igualmente sistêmico e residual, de absorção foliar e radicular, estando indicado para o controlo das mesmas infestantes monocotiledóneas que o iodossulfurão-metilo-sódio, mas contrariamente a este, revela-se muito eficaz no controlo do *Bromus diandrus* L. (espigão) e da *Poa annua* L. (cabelo-de-cão), mostrando igualmente maior eficácia no controlo de algumas infestantes dicotiledóneas, tais como a *Anagallis arvensis* L. (morrião), a *Stellaria media* L. (morugem-branca) e a *Picris echioides* L. (raspa-saias), entre outras. Assim, a junção destas duas moléculas no mesmo herbicida aumenta o seu espetro de ação, possibilitando um melhor controlo num maior tipo de infestantes.

O mecanismo de ação das sulfonilureias traduz-se pela inibição da ALS (Acetato Lactato Sintase), que é a enzima mais importante na biossíntese dos aminoácidos valina, leucina e isoleucina. Após a absorção, as sulfonilureias são rapidamente translocadas para as zonas de crescimento ativo das plantas (ápices e meristemas),

sendo o crescimento inibido quando as plantas são suscetíveis, consequência da incapacidade de produzir aminoácidos essenciais de que necessita e portanto, acabando por morrer (Schloss, 1990 e Durner et al., 1991).

As sulfonilureias são muito variáveis no que concerne à sua persistência, sendo algumas muito persistentes e outras degradadas com muita facilidade. Normalmente, as sulfonilureias degradam-se no solo quer por hidrólise química, quer por degradação microbiana (Thill, 1994). Os herbicidas do grupo das sulfonilureias são ácidos fracos e a forma neutra é bastante suscetível à hidrólise, ou seja, a hidrólise química ocorre muito mais rapidamente em solos ácidos (Thill, 1994). Quando os solos apresentam pH alto, a hidrólise química é drasticamente reduzida e a degradação acontece principalmente por ação microbiana (Joshi et al., 1985). As sulfonilureias podem ser móveis no solo, dependendo da sua estrutura química específica, apresentando maior potencial de lixiviação em solos de pH mais alto (Frederickson e Shea, 1986).

#### **2. 4. Seletividade dos herbicidas**

Não obstante os herbicidas aplicados em pós-emergência na cultura da cevada dística contenham na sua constituição uma substância que transmite a seletividade a esses produtos, designado por “safener”, como foi referido anteriormente, as substâncias ativas dos herbicidas podem causar alguma fitotoxicidade na cultura, dependendo essa situação de diversos fatores, tais como a própria cultura, as condições ambientais e o próprio herbicida aplicado.

As espécies são diferentes na sua sensibilidade e respostas aos herbicidas e na mesma espécie poderá haver diferenças na resposta ao mesmo herbicida ou a diferentes herbicidas, entre cultivares (Abit et al., 2009, Kong et al., 2009), porque essas cultivares diferem na sua morfologia, fisiologia e fenologia, além de serem também diferentes na germinação, emergência, crescimento, desenvolvimento, duração desse desenvolvimento e respostas bioquímicas (Grime, 1986). Todos estes fatores afetam de forma significativa o desempenho dos herbicidas nas plantas, a sua eficácia e também a sua degradação fisiológica, física e bioquímica. A tolerância das

plantas aos herbicidas determina a seletividade a estes produtos e a sua segurança de aplicação. É nas fases mais precoces do crescimento que as plantas apresentam normalmente maior suscetibilidade aos herbicidas e portanto é também quando os danos causados são mais comumente observados. A anatomia, morfologia e fisiologia das plantas jovens são os fatores que determinam a extensão tanto da eficácia como dos danos causados pelos herbicidas (Qasem, 2011).

Os herbicidas de aplicação foliar (pós-emergência) são mais eficazes no controlo de infestantes em estádios precoces do desenvolvimento destas, normalmente no estágio de 1 a 5 folhas (Mu et al., 2007), enquanto as plantas da nossa cultura nesta fase de desenvolvimento são bastante sensíveis aos herbicidas, mostrando normalmente sinais de toxicidade. No entanto, isto poderá depender do tempo e da dose de aplicação do herbicida (Carter et al., 2007) e das condições ambientais (Coupland, 1987).

A seletividade dos herbicidas está altamente dependente de fatores internos da própria cultura, mas também das condições climáticas que ativam ou inativam as moléculas do herbicida. As plantas das culturas têm um certo período nos seus ciclos de vida durante os quais a atividade fisiológica é baixa e portanto a absorção e translocação do herbicida pode tornar-se muito limitada. A conversão do herbicida de tóxico a não tóxico ou menos tóxico ou o inverso é também afetada e varia para diferentes fases de crescimento e estádios de desenvolvimento das plantas. As infestantes acumulam e convertem uma grande quantidade de herbicida num curto período de tempo e desse modo, são afetadas mais rapidamente do que as plantas que constituem a nossa cultura, as quais escapam aos danos devido ao fato da sua conversão ser lenta e acumularem um nível de herbicida não letal nos seus tecidos (Qasem, 2011).

As culturas são diferentes na sua morfologia, sendo algumas de folha estreita, como é o caso da cevada dística (*Hordeum distichum* L.), enquanto outras são de folha larga. Tal como para as infestantes, também para as culturas, o arranjo e a disposição das folhas nos caules, a altura das plantas e a dimensão das folhas afetam a retenção do herbicida nessas partes vegetativas, afetando a seletividade desse mesmo produto e a segurança da sua aplicação. Plantas de folha estreita recebem menos herbicida

aplicado em pós-emergência e o inverso é verdade para culturas de folha larga, sendo por isso o herbicida interceptado e retido nas folhas diferente, o que conduzirá a taxas de absorção também diferentes. Por outro lado, o local dos pontos de crescimento são diversos para as diferentes culturas, bem como a quantidade de tecidos embrionários, a presença ou ausência de câmbio, as atividades bioquímicas e fisiológicas, a profundidade dos seus sistemas radiculares, a distribuição das raízes, a área foliar, etc. Todos estes fatores podem afetar a sensibilidade ou a tolerância das culturas aos herbicidas. Assim, dentro da mesma família ou dentro da mesma espécie poderá haver cultivares cuja resposta poderá ser diferente ao mesmo herbicida, podendo este ser seletivo para algumas e causar danos em outras (Felix et al., 2007; Kong et al., 2009 e Jin et al., 2010).

Em resumo, a seletividade dos herbicidas depende da dose de aplicação, da formulação do herbicida aplicado, tempo e método de aplicação, condições ambientais e estágio de desenvolvimento das infestantes e da própria cultura (Schnoor, 1992).

#### **2. 4. 1. Seletividade dos herbicidas aplicados á cultura da cevada dística**

Os herbicidas aplicados na cultura da cevada dística e tal como já referimos anteriormente, foram o Hussar [iodossulfurão-metilo-sódio (5%)] e o Hussar Plus [iodossulfurão-metilo-sódio ( $50 \text{ g L}^{-1}$ ) + mesossulfurão-metilo ( $7,5 \text{ g L}^{-1}$ )] que são dois herbicidas de pós-emergência, sistêmicos e de aplicação foliar, ou seja, são aplicados à parte aérea das plantas, sendo portanto essencial a resistência das culturas a estes herbicidas. Como foi referido anteriormente, estas duas substâncias ativas são duas sulfonilureias e para este grupo de substâncias químicas, o mecanismo isolado de maior importância em termos de seletividade é a conversão rápida em compostos inativos nas culturas tolerantes, ao passo que pouco ou nenhum metabolismo pode ser medido em plantas sensíveis (Beyer Jr. et al., 1988).

Barros et al., (2007 e 2009) ao estudarem a eficácia do herbicida comercialmente designado por Atlantis e cujas substâncias ativas são o iodossulfurão-metilo-sódio (0,6 %) e o mesossulfurão-metilo (3%) no controlo em pós-emergência de

infestantes dicotiledóneas e do *Lolium rigidum* L. em trigo de sementeira direta, com diferentes doses de herbicida, diferentes volumes de calda e duas épocas de aplicação, correspondendo a primeira dessas épocas ao início do estágio de desenvolvimento do afilhamento do *Lolium rigidum* L. e 2 a 3 pares de folhas nas infestantes dicotiledóneas, a que corresponderam o estádios 22-25 da escala de Zadoks (Zadoks et al., 1974) para a cultura e, a segunda época ao afilhamento completo da infestante gramínea e 5 a 6 pares de folhas das dicotiledóneas, correspondendo aos estádios 31-32 da escala de Zadoks para o trigo, verificaram não ter havido qualquer indício do herbicida ter causado toxicidade na cultura, mesmo na época mais precoce, quando a cultura se encontrava numa fase de desenvolvimento mais sensível ao herbicida e para a concentração mais alta deste. A uma maior eficácia no controlo das infestantes para todas as doses de herbicida aplicadas na primeira época de aplicação, correspondeu também uma maior produção de grão na cultura. No entanto, Barros (2010), num ensaio realizado com o herbicida Hussar [iodossulfurão-metilo-sódio (5%)] em cevada dística de sementeira direta e com o objetivo de estudar a eficácia deste herbicida no controlo em pós-emergência de infestantes dicotiledóneas, verificou que na época mais precoce de aplicação (3 a 4 pares de folhas) e que correspondeu aos estádios 22-25 da escala de Zadoks (Zadoks et al., 1974) para a cevada e, para três doses de herbicida, a uma maior eficácia no controlo dessas infestantes não correspondeu um aumento na produção de grão na cultura, mas inclusive, a uma redução da produção, embora não significativa, relativamente à época de aplicação mais tardia (6-7 pares de folhas nas dicotiledóneas e estádios 31-32 da escala de Zadoks, para a cultura). Segundo o mesmo autor, estes resultados poderão sugerir ter havido alguma fitotoxicidade do iodossulfurão-metilo-sódio na cultura da cevada dística quando aplicado numa fase mais precoce do seu desenvolvimento e portanto, numa fase mais sensível ao herbicida, mesmo com doses inferiores à recomendada.

Por sua vez, Vargas e Roman (2005) avaliando a seletividade e a eficácia de vários herbicidas no controlo de infestantes monocotiledóneas e dicotiledóneas em culturas de cereais (trigo, triticale, centeio e cevada), quando estas se encontravam na fase de desenvolvimento de 3-5 folhas, verificaram que foi a cevada que apresentou maior sensibilidade aos herbicidas, principalmente ao iodossulfurão-metilo-sódio,

indicando que a aplicação deste herbicida deve ser criteriosa. A cevada manifestou sintomas de fitotoxicidade, caracterizados por cloroses das folhas em resposta ao tratamento com este herbicida, mas na avaliação feita 40 dias após a aplicação do produto, verificou-se que a cevada continuou a apresentar sintomas de toxicidade com estimativa de danos de 20%, somente onde a dose de aplicação do iodossulfurão-metilo-sódio foi superior à dose recomendada. Para a dose recomendada, a cultura superou os sintomas de fitotoxicidade do herbicida.

## **2. 5. Eficácia do controlo químico das infestantes**

Os métodos usados no controlo de infestantes são muitos e variados, neles se incluem os métodos mecânicos, culturais, físicos, biológicos e químicos (Qasem, 1992), podendo cada um deles ser usado sozinho ou todos eles integrados em programas de controlo de infestantes (Singh et al., 2006).

A maior ou menor eficácia que se pode obter no controlo químico de infestantes depende de fatores relacionados com as características das próprias infestantes, com as características do herbicida, doses e épocas de aplicação relativas à idade e estágio de desenvolvimento das infestantes e com as condições ambientais aquando dos tratamentos.

### **2. 5. 1. Eficácia do controlo químico e as características das infestantes**

O primeiro passo para se obter uma boa eficácia no controlo químico de infestantes é fazer o diagnóstico das espécies presentes. Nas nossas condições edafo-climáticas e em todas as culturas, surgem sempre infestantes monocotiledóneas (folha estreita e infestantes dicotiledóneas (folha larga) podendo ambas serem anuais, bianuais e perenes ou vivazes, sendo geralmente as bianuais, as menos representativas da flora infestante. As infestantes anuais reproduzem-se por sementes e frequentemente terminam o seu ciclo de vida antes da maturação da cultura. As infestantes perenes ou vivazes reproduzem-se vegetativamente através de órgãos

vegetativos como os estolhos, rizomas, bolbos, tubérculos, etc. As infestantes diferem na sua capacidade de competir com a cultura, sendo este um dos fatores que determina a extensão da quebra de produção e apesar de diferirem na sua fisiologia, biologia e bioquímica, a competição com a cultura é grandemente influenciada pela sua densidade (Zimdahl, 1980). Contudo, as infestantes com exigências e hábitos de crescimento semelhantes aos das culturas, são conhecidas por serem mais competitivas e causar maiores quebras na produção, do que as infestantes com exigências ou morfologia diferentes dessas mesmas culturas (Ross e Lembi, 1999). Em culturas de cereais de outono-inverno, de que é exemplo a cevada dística (*Hordeum distichum* L.), as infestantes mais difíceis de controlar em pós-emergência são as monocotiledóneas, pelo fato de apresentarem características morfológicas e até fisiológicas semelhantes às das culturas. Nas nossas condições edafo-climáticas, as infestantes de folha estreita que mais preocupam o agricultor nas culturas dos cereais de outono-inverno são o *Lolium rigidum* G. (erva-febra), a *Avena sterilis* L. (balanco-maior), a *Phalaris minor* Retz (erva-cabecinha), o *Bromus diandrus* L. (espigão) e em solos que consigam manter alguma humidade durante o verão, como por exemplo alguns solos mediterrânicos e solos de aluvião, surge também a *Cynodon dactylon* L. (grama), uma gramínea perene. A variedade de infestantes dicotiledóneas que podem surgir num cereal de outono-inverno é muito grande, podendo ser de algumas dezenas e são exemplos o *Galium aparine* L. (amor-de-hortelão), o *Chrysanthemum segetum* L. (pampilho-das-searas), a *Lavatera cretica* L. (malva-bastarda), a *Papaver rhoeas* L. (papoila-das-searas), etc.

As infestantes de folha estreita intercetam e retêm menos quantidade de calda (mistura de herbicida com água) nas suas partes vegetativas do que as infestantes de folha larga e em que os pontos de crescimento ou os rebentos do ápice daquelas infestantes estão em muitas espécies, encobertos pelos coleóptilos e portanto protegidos contra as gotículas do herbicida. Contrariamente, os rebentos apicais das infestantes de folha larga estão expostos diretamente à calda aplicada e as suas folhas estando distendidas horizontalmente e portanto melhor expostas ao herbicida, retêm e intercetam uma maior quantidade de produto (Qasem, 2011). Segundo os mesmos autores, as infestantes que não apresentem uma camada cerosa ou que essa camada

cerosa seja muito fina, que tenham ausência de pelos e um grande número de estomas projetados na parte superior da superfície foliar absorvem mais facilmente a substância ativa dos herbicidas, sendo por isso, mais facilmente controladas. A idade da planta, o número de folhas e ângulo das folhas também afetam a absorção do produto (Qasem, 2011).

Geralmente, as infestantes anuais e bianuais são mais fáceis de controlar quimicamente do que as infestantes perenes ou vivazes (Qasem, 2011). Para controlar as infestantes anuais e bianuais basta aplicar um herbicida que atue por contato, o qual apenas queima os tecidos com os quais contata, enquanto que para controlar as perenes ou vivazes terá que se aplicar um herbicida que seja translocado através do sistema vascular da planta de modo a que atinja os órgãos reprodutivos da mesma (estolhos, bolbos, rizomas, etc.).

## **2. 5. 2. Características dos herbicidas e a sua eficácia**

Os herbicidas são químicos que inibem ou controlam (matam) as infestantes não prejudicando as culturas desde que usados apropriadamente e seletivamente. A falta de um diagnóstico correto das infestantes presentes, a seleção incorreta do herbicida a usar, a aplicação de doses e volumes de calda inadequados e a aplicação do produto em condições climáticas desfavoráveis, são os principais fatores que podem conduzir a uma baixa eficácia de um herbicida no controlo das infestantes (Gwynne e Murray, 1985).

Não obstante as variadas críticas ao uso de herbicidas feitas por ambientalistas, os herbicidas sintéticos continuam a ser largamente usados e intensivamente aplicados em muitos países desenvolvidos e em fase de desenvolvimento, representando cerca de 44 % de todos os pesticidas utilizados (Kiely et al., 2004).

Relativamente à época de aplicação, os herbicidas são designados de pré-sementeira se aplicados à parte aérea das infestantes (folhas e caules) e antes da instalação da cultura. Estes produtos devem por isso, ser sistémicos para controlar não só as infestantes anuais e bianuais, mas também as perenes ou vivazes, sendo

translocados juntamente com a seiva no sistema vascular da planta e atingindo desse modo, os órgãos reprodutivos das plantas (rizomas, estolhos, bolbos, etc.). Devem ser totais para controlar todas as infestantes presentes e sendo totais não poderão ser residuais, ou seja, devem ser facilmente biodegradados quando atingem o solo, não tendo por isso, qualquer efeito nas sementes das infestantes. A substância ativa existente no mercado e que reúne todas estas características é o glifosato, o qual foi aplicado em pré-sementeira da cultura da cevada dística nos ensaios de campo em estudo neste trabalho.

Os herbicidas de pré-emergência são aplicados depois da sementeira da cultura e antes da emergência desta e das infestantes. São aplicados ao solo e terão que ser obrigatoriamente residuais e seletivos, podendo ser de contato e/ou sistêmicos e de absorção radicular e/ou foliar. Os herbicidas que atuam por contato devem cobrir todas as partes vegetativas das infestantes para que o controle seja eficaz, porque apenas as partes das plantas que contatam com o herbicida serão afetadas. As partes da planta que não forem atingidas pelo herbicida continuam a fotossintetizar, o que possibilitará à planta continuar a crescer e portanto, recuperar dos danos causados pelo herbicida e inclusivamente, completar o seu ciclo de vida.

Alguns destes herbicidas não têm qualquer efeito nas plantas já emergidas, mas podem controlar as sementes em germinação, impedindo a emergência das plântulas. São exemplos destes herbicidas, substâncias ativas como o clortolurão e o diflufenicão, ambas utilizadas nos ensaios de campo estudados no presente trabalho.

Os herbicidas de pós-emergência são aplicados após a emergência da cultura e das infestantes, sendo por isso de aplicação foliar (caules e folhas) e devem ser seletivos, de contato ou sistêmicos e residuais ou não. No entanto, o poder residual dos herbicidas de contato e sistêmicos de aplicação foliar é relativamente reduzido, porque são substâncias rapidamente inativadas quando atingem o solo. São exemplos destes herbicidas, as substâncias ativas como o iodossulfurão-metilo-sódio e o mesossulfurão-metilo, que são as duas sulfonilureias estudadas neste trabalho, como se verá mais adiante. As sulfonilureias são caracterizadas por terem um largo espectro de ação no controle das infestantes com baixas doses de aplicação, apresentando também uma boa seletividade para as culturas (Wang e Liu, 2007).

Em cereais de outono-inverno, de que é exemplo a cevada dística (*Hordeum distichum* L.) e nas nossas condições edafo-climáticas, as infestantes que mais nos preocupam no seu controlo em pós-emergência são as anuais, tanto de folha larga (dicotiledóneas) como de folha estreita (monocotiledóneas), sendo estas últimas as mais difíceis de controlar dada as características semelhantes com a própria cultura. Deste modo, seria suficiente aplicar um herbicida de contato, o qual apenas destrói os tecidos das plantas com que contata, mas como em pós-emergência muitas das infestantes se encontram protegidas parcialmente pela cultura, a eficácia deste herbicida seria muito reduzida, porque ao destruir apenas algumas folhas dessas infestantes, estas teriam capacidade de se regenerar e continuar a competir com a cultura, como foi referido anteriormente. Por esta razão, os herbicidas de pós-emergência em culturas de cereais de outono-inverno devem ser sistémicos, bastando que as infestantes contatem com algumas gotículas do produto para serem totalmente controladas, estando de acordo com Qasem (2011), o qual refere que com herbicidas de contato é essencial uma cobertura completa das infestantes para haver uma boa eficácia. Se apenas algumas partes das infestantes forem afetadas por este tipo de herbicidas, enquanto outras não, as plantas permanecem fotossintetizando, recuperando dos danos causados pelo herbicida e conseguindo desse modo, acabar o seu ciclo.

Outro aspeto considerado muito importante por alguns autores (Kieloch e Kucharski, 2012 a) na eficácia dos herbicidas, tem a ver com a formulação em que estes se encontram. Segundo os mesmos autores, infestantes como a *Galium aparine* L. (amor-de-hortelão) e a *Anthemis arvensis* L. (camomila) são mais sensíveis a herbicidas cuja formulação seja OD (dispersão em óleo). Também Jordan et al., (1997) referem que as formulações líquidas (OD) dos herbicidas são mais eficientes no controlo das infestantes do que as formulações sólidas, ou seja, de grânulos dispersíveis em água (WG). A formulação OD combina as vantagens das formulações sólidas e líquidas aumentando a retenção e melhorando a distribuição da calda na superfície das folhas, mantendo a superfície foliar húmida durante um período de tempo mais longo do que a formulação WG (grânulos dispersíveis em água). Este fator conduzirá a um maior período na penetração do herbicida com consequência numa

maior quantidade de substância ativa que entra na planta. Por esta razão, a formulação OD é especialmente vantajosa em condições climáticas adversas, ou em aplicações mais tardias, quando as infestantes já estão mais desenvolvidas e por isso, menos sensíveis aos herbicidas. A formulação WG tende a ser mais afetada pelas condições climáticas, principalmente pela humidade relativa e pela humidade do solo (Kieloch e Domaradzki, 2009). A maior eficácia da formulação OD em relação à WG para a mistura mesossulfurão-metilo + iodossulfurão-metilo-sódio foi referida pelos autores Kerlen e Brink (2006), bem como para outras sulfonilureias (Paradowski e Jakubiak, 2006).

### **2. 5. 3. Eficácia dos herbicidas e as condições ambientais**

A absorção dos herbicidas pelas plantas, nomeadamente pela sua folhagem, depende das próprias espécies de plantas, não havendo nenhum método simples no momento para avaliar rapidamente a permeabilidade da superfície das folhas dessas plantas e das propriedades físico-químicas das substâncias ativas aplicadas, nomeadamente da sua dimensão molecular e da sua lipofilicidade. Para Kieloch e Kucharski, (2012 a) a performance de um herbicida não deriva só das propriedades físicas e químicas das substâncias ativas, mas é determinada pelo somatório de vários fatores bióticos e abióticos e também pelas tecnologias de cultivo usadas. Para os mesmos autores, a eficácia de um herbicida depende grandemente da taxa à qual a substância ativa entra nos tecidos das plantas e portanto todas as condições que sejam responsáveis pela retenção e penetração do herbicida, desempenham um papel importante no seu efeito final.

As condições ambientais podem influenciar significativamente a absorção dos herbicidas pelas plantas e uma melhor compreensão sobre a absorção dos pesticidas e particularmente dos herbicidas poderá contribuir para uma melhor eficácia destes produtos no controlo das infestantes, bem como minimizar o seu impacto negativo no ambiente (Wang e Liu, 2007).

Segundo Kieloch e Kucharski, (2012 a), a diferença na eficácia dos herbicidas foliares aplicados em condições de clima e solo diferentes, pode estar intimamente relacionada com as diferenças ambientais induzidas na absorção e translocação do herbicida e no metabolismo das plantas, não obstante a relação entre o efeito final de um herbicida e as condições ambientais, dependendo também do seu mecanismo de ação e das próprias infestantes controladas. Kudsk (2001) referiu que sob condições favoráveis ao crescimento e desenvolvimento das plantas, bem como à atividade herbicida, o controlo de infestantes poderá ser mantido a um nível satisfatório, enquanto em condições desfavoráveis, a sua eficácia decresce.

As condições ambientais que podem afetar a ação dos herbicidas na altura da pulverização são a humidade do solo, a precipitação, o vento, a humidade relativa a temperatura e a luz solar, prolongando ou reduzindo a permanência das gotas na superfície foliar (Coetzer et al., 2001 e Petersen e Hurle, 2001). A precipitação influencia a capacidade das folhas na retenção de herbicidas solúveis em água, os quais reduzem a sua atividade se aquela ocorrer em poucas horas após a aplicação, não afetando no entanto, herbicidas à base de óleo e se as plantas estiverem em “stress” hídrico, a absorção do herbicida será mais lenta. Coetzer et al., (2001) referem que a evaporação da calda da superfície foliar é mais rápida quando o teor de humidade é mais baixo e por sua vez, Riethmuller-Haage et al., (2007) consideram que temperatura e humidade relativa altas, bem como uma humidade do solo também alta favorecem a absorção e a translocação dos herbicidas e por conseguinte, aumentam a sua eficácia. Estas constatações estão de acordo com resultados obtidos por Kieloch e Kucharski (2012), que obtiveram uma maior eficácia da mistura de herbicidas, iodossulfurão-metilo-sódio + amidossulfurão (sulfonilureias) quando aplicados com temperaturas e humidade relativa elevadas, bem como um teor de água no solo também alto.

Os efeitos da luz solar na absorção dos herbicidas são vários e dependem das espécies de infestantes, mas uma alta intensidade reduz a eficácia através da foto decomposição dos herbicidas, havendo alguns destes produtos que conseguem uma maior penetração na superfície das folhas quando aplicados no escuro, enquanto outros sucede precisamente o inverso. O vento aumenta a secagem do herbicida na

superfície foliar, reduzindo a sua absorção. Vários autores (Kudsk e Kristensen, 1992 e Fausey e Renner, 2001), referem a temperatura do ar como o fator climático que mais afeta a atividade dos herbicidas.

Vários autores têm referido uma variação por vezes significativa, na resposta de algumas espécies de infestantes aos herbicidas aplicados (Petersen e Hurle, 2001 e Johnson e Young, 2002). Segundo os mesmos autores, a variação na reação de espécies de infestantes particulares é referido como uma interação específica entre as espécies de infestantes/herbicida e herbicida/fator climático. Geralmente, a influência das condições climáticas na eficácia de um herbicida específico é mais pronunciada quando as espécies de infestantes são menos suscetíveis à substância ativa. Kieloch e Domaradzki, (2009), aplicando as substâncias ativas iodossulfurão-metilo-sódio + mesossulfurão-metilo no controlo de diversas infestantes, verificaram que a *Apera spica-venti* L. mostrou uma sensibilidade similar a estas substâncias, tanto em condições de temperaturas mais baixas ou mais altas, enquanto a *Alopecurus myosuroides* L. foi menos sensível para temperaturas mais baixas. A variabilidade na resposta ao herbicida iodossulfurão-metilo-sódio + amidossulfurão, também foi observada para outros fatores climáticos, tais como a humidade relativa e o teor de humidade no solo, verificando-se que a *T. arvense* foi a que menos reação teve a estas condições ambientais, provavelmente devido à sua inerente suscetibilidade às substâncias ativas aplicadas (Kieloch e Kucharski, 2012 b). Segundo os mesmos autores, do ponto de vista prático, a *T. arvense* é uma infestante fácil de controlar com a maior parte dos herbicidas e por conseguinte, poderá ser satisfatoriamente controlada mesmo em condições ambientais adversas. Contrariamente, a *Gallium aparine* L. (amor-de-hortelão) foi a menos sensível à mistura destas substâncias ativas e portanto, a sua resposta estará fortemente sujeita às condições climáticas.

#### **2. 5. 4. Efeito das doses, volumes de calda e épocas de aplicação na eficácia dos herbicidas**

O método mais comum para controlar infestantes é através do uso de herbicidas, mas os aspetos económicos e os efeitos negativos causados no ambiente

pela aplicação de produtos fitofarmacêuticos, nomeadamente pelos herbicidas tem conduzido por um lado, à não aplicação de alguns destes produtos, sendo inclusive, muitos deles banidos do mercado e, por outro lado, à redução das doses aplicadas de muitos outros (Matteson, 1995 e Bastiaans et al., 2000). Cada vez mais, o objetivo do controlo das infestantes é manter um nível aceitável destas plantas nas culturas do que manter essas culturas totalmente livres de infestantes. No entanto, as infestantes são o fator mais importante na redução da produção dos cereais (Baghestani et al., 2007) e portanto, não só o controlo em pré-sementeira, mas também o seu controlo em pós-emergência será fundamental.

O período mais crítico da competição das infestantes com as culturas sucede no primeiro terço do seu desenvolvimento. Por exemplo, para uma variedade com um ciclo de 140 dias, o período crítico terminaria aos 47 dias após a sua emergência, mas esse período poderá variar em função das condições ambientais que afetam o crescimento das espécies que estejam em competição, sendo os prejuízos provocados na cultura, irreversíveis (Vargas e Roman, 2005). Segundo Qasem (2011), o controlo de infestantes com uma altura inferior a 10 cm deve ser sempre recomendado, porque nas primeiras fases de crescimento, quando as infestantes ainda são muito jovens, a competição com a cultura ainda não se faz sentir ou é muito reduzida, sendo possível controlar essas infestantes com doses de herbicida e volumes de calda, inferiores aos normalmente recomendados. Segundo o mesmo autor, tem sido estabelecido que nas primeiras fases de desenvolvimento, as infestantes são mais suscetíveis aos herbicidas do que em fases mais tardias, consequência da sua maior sensibilidade morfológica e/ou fisiológica a estes produtos químicos. No entanto, as infestantes de folha larga (dicotiledóneas), podem apresentar pelos na superfície das folhas, folhas pequenas com um número reduzido de estomas e até algumas modificações morfológicas em condições climáticas de aridez ou semiaridez, o que poderá conduzir a uma baixa eficácia no seu controlo mesmo com doses normais (recomendadas) dos herbicidas, sendo essa eficácia ainda muito mais reduzida, quando as doses de herbicida aplicadas forem inferiores às recomendadas pelos fabricantes dos produtos. Pelo contrário, as infestantes de folha estreita poderão ser controladas facilmente com as doses de herbicidas recomendadas ou inferior às recomendadas, em regiões húmidas (Qasem,

2011). Em Portugal, a produtividade dos cereais de outono-inverno, nomeadamente do trigo e da cevada é bastante limitada pela competição das infestantes de folha estreita (monocotiledóneas) sendo o *Lolium rigidum* G. uma das mais problemáticas, mas também por muitas infestantes de folha larga (dicotiledóneas).

Vários autores (Spandl et al., 1997; Fernández-Quintanilha et al., 1998, Navarrete et al., 2000; Boström e Fogelfors, 2002; Hamill et al., 2004) demonstraram em vários estudos, ter havido um controlo satisfatório das infestantes e produções bastantes aceitáveis das culturas, aplicando doses de herbicidas inferiores às normalmente recomendadas pelos fabricantes dos produtos. Barros et al., (2005, 2007 e 2009) em trigo (*Triticum aestivum* L.), estudando diferentes herbicidas no controlo em pós-emergência de infestantes mono e dicotiledóneas, obtiveram um controlo bastante satisfatório destas infestantes com doses de aplicação inferiores às recomendadas. No entanto, segundo os mesmos autores, a maior eficácia das diferentes doses dos herbicidas de pós-emergência estudados, foi obtida quando a aplicação se realizou numa fase mais precoce do desenvolvimento das infestantes, a qual correspondeu ao início do afilhamento das monocotiledóneas e 3 a 4 pares de folhas nas dicotiledóneas. Quando a aplicação se efetuou numa fase mais tardia do desenvolvimento das infestantes (afilhamento completo das monocotiledóneas e 5 a 6 pares de folhas das dicotiledóneas) a eficácia dos herbicidas reduziu-se, conduzindo também a uma redução na produção de grão nas culturas. Os mesmos autores referem ainda, que a antecipação da aplicação do herbicida para a fase mais precoce do desenvolvimento das infestantes, conduziu a produções de grão mais altas não só com doses de herbicida, mas também volumes de calda inferiores aos recomendados. Estes resultados estão parcialmente de acordo com Qasem (2011), o qual refere que as sulfonilureias caracterizam-se por ser um grupo de herbicidas com altos níveis de atividade em baixas doses de aplicação.

Por sua vez, Zand et al., (2007), estudando o efeito de diferentes doses de três herbicidas no controlo de infestantes dicotiledóneas em trigo, referem que o controlo da *Galium tricornutum* foi superior a 85 % para as doses mais altas, mas caiu abaixo de 50% para as doses menores dos herbicidas e que os mesmos herbicidas controlaram em mais de 82% a *Lamium amplexicaule* e a *Descurainia sophia*, mas quando as doses

dos herbicidas decresceram, o controlo destas infestantes também diminuiu significativamente. Contrariamente, Walker et al., (2002) na Austrália, obtiveram uma eficácia elevada no controlo da *Avena Ludoviciana* Durieu e da *Phalaris paradoxa* L. no trigo, mesmo com doses de 50 e 75 % da dose de herbicida recomendada. Também Zhang et al., (2000) em cereais obtiveram uma eficácia no controlo das infestantes, superior a 70% com doses de herbicida entre 30 a 60% da dose recomendada. Belles et al., (2000) referiram, que em pós-emergência da cevada hexástica (*Hordeum vulgare* L.), a dose do herbicida tralkoxydim correspondente a 50% da dose recomendada, controlou mais de 85 % da *Avena fatua* L. Por sua vez, Nordblom et al., (2003) desenvolvendo um modelo matemático na Austrália, mostraram que para herbicidas de pós-emergência, a probabilidade da eficácia cair abaixo dos 90 % é cerca de 10 % para metade da dose recomendada, cerca de 30% para um quarto da dose e 70 a 80% para um oitavo da dose.

## **2. 6. Resistência das infestantes à aplicação dos herbicidas**

Apesar de não ter sido objeto de estudo no presente trabalho, o preocupante aumento da resistência das infestantes aos herbicidas merece, uma abordagem, ainda que superficial, acerca deste tema.

A resistência aos herbicidas tem aumentado ao longo dos anos, sendo um problema na agricultura a nível mundial (Hull et al., 2008) sendo conhecidos vários casos de resistências para os principais modos de ação dos herbicidas. Estas resistências provocadas por uma intensa seleção, exercidas pelo uso continuado de herbicidas, resultaram na evolução de plantas infestantes resistentes (Duke,2012).

Entende-se resistência como a capacidade de uma população ou biótipo de plantas infestantes sobreviver e reproduzir-se depois de lhe ser aplicada uma dose letal de herbicida, a que anteriormente, a população era sensível (Powles et al.,1997 e Gressel, 2002). Desde que se reportou o primeiro caso de infestantes resistentes a herbicidas (Ryan, 1970) são conhecidas mais de 200 espécies de plantas infestantes que adquiriram resistência a uma ou mais substâncias ativas presentes nos herbicidas

(Hull et al., 2008). Os três fatores principais que influenciam a resistência são a pressão de seleção imposta pelo herbicida, a frequência inicial do gene resistente e a densidade da infestante (Christoffoleti, 2008).

Os herbicidas atuam em alvos específicos como enzimas ou proteínas e as resistências dividem-se em dois tipos principais de mecanismos: resistências causadas por mutações pontuais nos locais alvo dos herbicidas e resistências causadas por mutação noutras zonas (Tranel et al., 2002). A resistência de uma planta não se deve ao herbicida causar uma alteração genética na planta, mas em vez disso, algumas plantas com resistência natural ao herbicida sobrevivem a uma aplicação deste produto e, enquanto essas plantas se continuam a reproduzir e cada geração é exposta ao herbicida, o número de plantas resistentes na população aumenta até que elas passem a dominar a população de plantas suscetíveis (Vencill et al., 2012).

Os herbicidas de pós-emergência aplicados na cevada dística, tema em estudo no presente trabalho, pertencem ao grupo químico das sulfonilureias, cujo modo de ação é a inibição da ALS (Acetato Lactato Sintase) que é a enzima mais importante na biossíntese dos aminoácidos valina, leucina e isoleucina, tal como já foi referido anteriormente. Dada a crescente aplicação das sulfonilureias, têm-se assistido não só na Europa, mas igualmente em outros continentes, a uma também crescente resistência das infestantes a estas substâncias ativas, sendo atualmente a família química com maior número de casos de resistências (Heap, 2006). Entre 2002 e 2005, dos nove novos casos de resistência na Europa, seis foram de herbicidas inibidores da ALS (Moss, 2005). Em Portugal, por enquanto, não há qualquer registo oficial de resistência de alguma ou algumas infestantes às sulfonilureias.

A resistência aos herbicidas inibidores da ALS afeta diferentes culturas, embora as mais importantes sejam os cereais, como a cevada e o trigo. Na maior parte dos casos, a resistência aos herbicidas inibidores da ALS tem sido atribuída à insensibilidade desta enzima, como resultado de uma mutação pontual – num único nucleótido – do gene da enzima (Saari et al., 1994, Hinz e Owen, 1997, Tranel e Wright, 2002). Conhecem-se atualmente cinco mutações pontuais no gene da ALS das plantas superiores que conferem diferentes níveis de resistência às sulfonilureias e a outros inibidores da ALS (Gressel, 2002 e Tranel e Wright, 2002). Para além da alteração do

local de ação, há também referências, embora menos frequentes, a outros mecanismos que podem causar resistência, como a taxa de metabolismo mais acelerada do herbicida, que afeta principalmente infestantes gramíneas e a sobre-expressão do gene da ALS. Este último foi identificado numa linha isogênica (R corn inbred line) de milho (*Zea mays* L.) e em *Sisymbrium orientale* Thorn (Forlani et al., 1991 e Boutsalis et al., 1999). Este fato despoletou o início de estudos com o objetivo de se estudar o desempenho de sulfonilureias, nomeadamente as estudadas no presente trabalho (mesossulfurão-metilo e iodossulfurão-metilo-sódio).

Num dos estudos realizados, em que se procurou resposta para a resistência, foram selecionadas sementes de três populações de infestantes, uma delas, resistente à inibição da ALS, da espécie *Alopecurus Myosuroides*, sendo posteriormente semeadas em estufa com condições ótimas de crescimento e desenvolvimento. De modo a testar o seu índice de resistência foram pulverizadas com formulações de mesossulfurão-metilo + iodossulfurão-metilo-sódio em diferentes doses. Os resultados obtidos mostraram que o herbicida teve uma baixa eficácia nas plantas resistentes à inibição da ALS, indicando um elevado grau de resistência por parte dessa população, enquanto nas outras populações, as substâncias ativas foram altamente eficazes. Quando se comparou a eficácia da dose recomendada pelo laboratório com uma dose menor, concluiu-se que as variações não foram significativas. Ambas obtiveram uma eficácia semelhante nas três populações e quando a dose das substâncias ativas foi quadruplicada e octuplicada em relação à recomendada, o controlo na população resistente aumentou substancialmente (Marshall et al., 2012).

Concluiu-se assim, que algumas plantas que desenvolveram resistência à inibição da ALS, reduziram a eficácia do herbicida cujas substâncias ativas são o mesossulfurão-metilo e o iodossulfurão-metilo-sódio, mas para já, estes resultados não podem ser considerados um indicador de risco, pois uma combinação com outros herbicidas de diferentes modos de ação podem com alguma facilidade, controlar estas infestantes resistentes. Os herbicidas inibidores da ALS podem manter a sua eficácia sobre populações resistentes, dependendo esta situação do tipo de mutação que ocorra na enzima-alvo (ALS), conferindo resistência cruzada a determinados

compostos e não a outros, consoante os aminoácidos que são substituídos na mutação (Calha et al., 2007).

São necessários estudos adicionais, com uma maior escala populacional para determinar a frequência relativa dos mecanismos de resistência os quais possam determinar se existe ou não, um aumento de resistência das populações de infestantes (Moss et al., 2009).

As recomendações a incluir em estratégias de gestão e prevenção da resistência ao mesossulfurão-metilo e ao iodossulfurão-metilo-sódio devem ser feitas caso a caso, mas de uma forma geral, a aplicação dos herbicidas deve ser realizada o mais cedo possível para atingir as infestantes em fases de desenvolvimento muito precoces de modo a obter uma maior eficácia e devendo sempre que possível, proceder-se à alternância de herbicidas com modo de ação diferente dos inibidores da ALS (Calha et al., 2007).

## **2. 7. Relação entre os sistemas de mobilização do solo e o controlo de infestantes**

O agricultor tem ao seu dispor, vários sistemas e técnicas de mobilização do solo para instalar as suas culturas, podendo optar pelo sistema de mobilização tradicional ou convencional, pelo sistema de mobilização reduzida, pela sementeira direta e pela mobilização na linha. O sistema de mobilização tradicional implica a realização de pelo menos uma lavoura por rotação de culturas e a preparação da cama da semente é realizada por grades de discos e/ou escarificadores. Se o agricultor optar por instalar a sua cultura com este sistema de mobilização do solo poderá controlar as infestantes em pré-sementeira mecanicamente, através da utilização de alfaias agrícolas como a charrua de aivecas, o escarificador, a grade-de-discos, ou mesmo a fresa. No entanto, também poderá optar pela alternativa química com a aplicação de um herbicida total, sistémico e não residual, pelo fato de na grande maioria das situações a flora infestante ser constituída não só por infestantes anuais, que se reproduzem por semente, mas também perenes ou vivazes, as quais se reproduzem vegetativamente através de bolbos, estolhos, rizomas, etc. A substância ativa que faz

parte da constituição dos herbicidas e que reúne todas as características anteriormente mencionadas, ou seja, ser sistêmico, total e não residual é o glifosato, havendo no mercado várias designações comerciais para os herbicidas que contêm esta substância, como por exemplo o Roundup Ultra, Roundup Supra, Roundup UltraMax, etc. A diferença entre estes herbicidas está na sua formulação química e na concentração da substância ativa (glifosato) no herbicida. O controlo químico de infestantes em pré-emergência terá que ser sempre químico, independentemente do sistema de mobilização utilizado, o mesmo sucedendo em pós-emergência de culturas de entrelinha estreita, como são os cereais de outono-inverno. Em culturas de entrelinha larga, como por exemplo o milho, o girassol, o tomate, etc. o agricultor ao utilizar o sistema tradicional de mobilização do solo, poderá optar pelo controlo mecânico de infestantes em pós-emergência na entrelinha da cultura, realizando o que se designa por sacha.

No sistema de mobilização reduzida não se realiza lavoura e a preparação da cama da semente é efetuada por alfaias agrícolas de mobilização vertical (escarificadores), estando interdito o uso de alfaias que promovam o reviramento do solo ou o levantamento dos torrões. É um sistema de mobilização do solo, que embora intervindo em toda a superfície do terreno mantém uma quantidade apreciável de resíduos da cultura anterior na superfície do solo. Tal como no sistema de mobilização tradicional, se o agricultor adotar o sistema de mobilização reduzida, também poderá controlar química ou mecanicamente as infestantes, tanto em pré-sementeira como em pós-emergência em culturas de entrelinha larga. No entanto, nestas circunstâncias, o agricultor opta na maioria das vezes, pela aplicação de herbicidas.

A sementeira direta, também designada por alguns de mobilização nula, é uma técnica de instalação das culturas em que a única mobilização no solo é realizada pelo próprio semeador, o qual corta os resíduos existentes à superfície, abre um sulco onde é depositada a semente e o adubo, caso o semeador tenha duas tremonhas, e fecha esse sulco. Com a sementeira direta, o controlo de infestantes em qualquer cultura e época de aplicação, terá que ser obrigatoriamente químico, pois esta técnica de mobilização do solo implica sempre a existência de resíduos na superfície do solo.

Outra técnica de instalação das culturas é a mobilização na entrelinha. Esta técnica aplica-se a culturas de entrelinha larga e a mobilização do solo realiza-se exclusivamente na linha da sementeira, com recurso a alfaias de mobilização vertical, como escarificadores pesados ou subsoladores especiais, imediatamente antes ou em simultâneo com o processo de sementeira e pode considerar-se como intermédio entre a sementeira direta e o sistema de mobilização mínima. Com a mobilização na linha, o controlo de infestantes, tal como na sementeira direta, terá que ser obrigatoriamente químico.

A mobilização reduzida, a mobilização na linha e a sementeira direta fazem parte da designada, agricultura de conservação.

## **2. 8. A sementeira direta como técnica da agricultura de conservação**

A agricultura de conservação e particularmente a sementeira direta apresenta diversas vantagens agronómicas, ambientais e económicas, relativamente ao sistema tradicional de mobilização do solo. A região mediterrânica, na qual Portugal está inserido, é uma região especialmente propensa a fenómenos de erosão, principalmente hídrica. A ausência de distúrbio nos solos e uma cobertura efetiva do mesmo durante as épocas de maior precipitação, são medidas capazes de prevenir a degradação dos solos através do fenómeno erosivo. Basch e Carvalho (1998) em ensaios de campo encontraram uma correlação positiva entre a intensidade de mobilização do solo e a quantidade de escoamento superficial e o solo erodido. Também em Espanha, Márquez et al., (2008) concluíram que em agricultura de conservação, a erosão poderá ser reduzida em cerca de 90 a 95%. A redução da erosão conduzirá não só a um decréscimo da perda de solo, mas consequentemente também a uma diminuição da poluição das águas das barragens, dos rios, etc. devido ao significativamente menor arrastamento de matérias orgânicas, nitratos, fosfatos, pesticidas, etc. Além da degradação dos solos pela erosão, outro aspeto muito importante é o aumento substancial da mineralização da matéria orgânica com a intensificação da mobilização, com consequências nefastas na estrutura dos solos. Por

um lado, a ausência de distúrbios e por outro lado o aumento no fornecimento de resíduos ao solo, conduzem em sementeira direta, a solos melhor estruturados com consequência numa maior capacidade de infiltração da água, maior capacidade de retenção da mesma, maior capacidade de fornecimento de nutrientes às plantas, etc. De acordo com investigação levada a cabo em Portugal (Basch et al., 2012) a melhoria da coesão do solo, da continuidade da porosidade ao longo do perfil do mesmo, a estabilidade dos agregados e a proteção do solo ao impacto direto das gotas de chuva são os fatores mais importantes para melhorar a infiltração da água, reduzido o escoamento superficial e portanto, a erosão.

A redução da emissão de dióxido de carbono, gás com efeito de estufa, para a atmosfera é outro aspeto ambiental extremamente importante em agricultura de conservação, nomeadamente em sementeira direta. A presença de resíduos de plantas na superfície do solo faz este tipo de agricultura ser também bastante interessante em termos de biodiversidade.

Além das vantagens da sementeira direta em termos ambientais e agronómicos, relativamente á mobilização tradicional do solo, também os aspetos económicos são de interesse relevante, principalmente para os agricultores. A menor necessidade de maquinaria e mão-de-obra e o menor consumo de combustíveis conduzirão inevitavelmente a uma redução dos custos de produção nas culturas em sementeira direta, o que está de acordo com Basch et al., (1997), os quais obtiveram uma redução total nos custos de tração de 91 euros por hectare da sementeira direta em relação à mobilização tradicional do solo. Também Marques (2009) concluiu em relação à cultura do trigo, que a sementeira direta e a mobilização tradicional produziram similarmente, mas a redução dos custos de produção foi menor em 115 euros por hectare no primeiro destes dois sistemas.

Em solos com problemas estruturais principalmente nos horizontes inferiores, como por exemplo os solos mediterrânicos, poderá haver nos primeiros anos alguma redução da produção das culturas, nomeadamente daquelas em regime de sequeiro, como por exemplo os cereais de outono-inverno, consequência da pouca porosidade existente nesses horizontes e portanto dificuldade no crescimento radicular das plantas. No entanto, as melhorias físicas e químicas que se vão verificando ao longo

dos anos conduzirão a médio e longo prazo, a um inevitável aumento da produtividade dos solos (Carvalho, 2003). Soane et al., (2012) referem que em condições de clima seco as produções tendem a ser mais elevadas em sementeira direta do que na mobilização tradicional e os casos onde se verificam reduções da produção têm a ver com a compactação do solo ou um inadequado manejo dos resíduos e/ou das infestantes.

### **2. 8. 1. A sementeira direta e a aplicação de herbicidas**

Em Portugal, com condições climáticas mediterrânicas e em culturas de sequeiro, as infestantes são o maior problema para os agricultores, principalmente as anuais, que sobrevivem no Verão através da forma de semente. As infestantes perenes ou vivazes serão mais problemáticas em culturas de regadio ou em solos que mantenham alguma humidade durante o Verão e que desse modo permita a sua sobrevivência. Geralmente, a dinâmica das infestantes altera-se em sistemas de não mobilização do solo, com diferentes tipos de infestantes a tornarem-se predominantes, comparado com sistemas tradicionais de mobilização do solo. Tuesta et al., (2001) referem que as infestantes dicotiledóneas anuais em trigo mostram uma elevada densidade de população em sistemas convencionais de mobilização do solo e que as infestantes monocotiledóneas anuais e perenes têm uma resposta diversa aos sistemas de mobilização. Por sua vez, Wrucke e Arnold (1985) constaram um acréscimo da população de infestantes monocotiledóneas anuais em solo não mobilizado, enquanto a população de infestantes dicotiledóneas anuais decresceu.

Nas nossas condições edafo-climáticas e em culturas de cereais de outono-inverno em regime de sequeiro, são as infestantes anuais as mais problemáticas de controlar em pós-emergência, principalmente as monocotiledóneas devido às suas semelhanças fisiológicas e morfológicas com as próprias culturas, como já foi referido anteriormente. No entanto, nestas culturas e nestas condições, surge também geralmente uma grande diversidade de infestantes dicotiledóneas.

Em sistemas tradicionais de mobilização, devido à inversão das camadas do solo, as sementes das infestantes são enterradas, misturadas e retornam às camadas superficiais ficando em condições de germinarem e, como a percentagem de sementes duras é elevada em muitas espécies de infestantes, elas poderão germinar e emergir apenas ao fim de alguns anos de terem sido produzidas, sendo o distúrbio causado no solo pelas mobilizações, um importante fator de quebra de dormência e podendo explicar de certa forma, as densidades de infestantes inferiores em sementeira direta comparada com outros sistemas de mobilização do solo (Yenish et al., 1992). Também Streit et al., (2002) referem que em solo não mobilizado e com a superfície coberta por resíduos de plantas, as densidades das infestantes são reduzidas quando comparadas com outros sistemas de mobilização do solo.

A sementeira direta altera a distribuição das sementes das infestantes nas camadas do solo e a sua época de emergência, ou seja, haverá uma germinação menos escalonada dessas sementes ao longo do tempo (Barros et al., 2008). Em condições mediterrânicas, será de esperar uma germinação elevada das sementes das infestantes que se encontram à superfície ou perto da superfície do solo logo a seguir às primeiras chuvas de Outono, infestantes, que serão facilmente controladas quimicamente, reduzindo subsequentemente a sua pressão na cultura instalada. No entanto, muitas infestantes irão ainda emergir juntamente com a cultura, mas o não distúrbio do solo em sementeira direta, permitirá que a seguir a esta emergência seja de esperar uma reinfestação já muito reduzida. Assim, será possível controlar as infestantes em pós-emergência da cultura numa fase em que se encontram ainda jovens, ou seja, mais sensíveis aos herbicidas e portanto, necessitando de doses de herbicidas e volumes de calda mais reduzidos para se obter um controlo satisfatório (Boström, 1999). Por outro lado, a sementeira direta, ao facilitar a transitabilidade das máquinas agrícolas no solo, permite também um melhor “timing” de aplicação dos herbicidas, ou seja, utilizando esta técnica de instalação das culturas, o agricultor terá uma maior oportunidade de trabalho, facilitando o controlo das infestantes na sua fase de desenvolvimento mais adequada. Em condições mediterrânicas, onde predominam os solos mal drenados, em muito anos, não será possível a aplicação de herbicidas em fases mais precoces do desenvolvimento das infestantes com outros sistemas de mobilização do solo, que não

a sementeira direta e como foi referido anteriormente, as aplicações mais precoces, não só encontram as infestantes numa fase mais sensível aos herbicidas, necessitando por isso de doses menores destes produtos, mas também de volumes de calda mais reduzidos para haver um bom contato com as folhas das infestantes e consequentemente uma maior eficácia no seu controlo.

### **3. MATERIAL E MÉTODOS**

#### **3. 1. Descrição dos ensaios**

O presente trabalho consistiu na realização de quatro ensaios de campo na cultura da cevada dística (*Hordeum distichum* L.), em sementeira direta, tendo dois desses ensaios como objetivo, o estudo do efeito de dois herbicidas comerciais (Hussar e Hussar Plus) na eficácia do controlo de infestantes dicotiledóneas em pós-emergência (ensaios de eficácia). Os outros dois ensaios serviram para determinar a seletividade dos dois herbicidas na cultura (ensaios de seletividade). Em cada um dos ensaios foram aplicadas três doses de cada um dos herbicidas, sendo uma delas, inferior às recomendadas pelo fabricante destes produtos, em duas fases distintas do desenvolvimento das infestantes e da própria cultura (épocas de aplicação).

Estes ensaios foram realizados na Herdade Experimental da Almocreva (Beja), pertencente à Universidade de Évora, no ano agrícola de 2012/2013.

#### **3. 2. Caracterização edafo-climática**

##### **3.2.1 Caracterização climática**

Os ensaios de campo foram levados a cabo na região sul de Portugal, mais precisamente no Baixo Alentejo, região que segundo a classificação climática de Köppen se caracteriza por um clima temperado com inverno chuvoso e verão seco e quente (Csa). Deste modo, segundo a mesma classificação climática, o clima de tipo C é um clima temperado, em que as temperaturas do mês mais frio se encontram entre os 0 e os 18 °C. o S (Cs) caracteriza o clima como tendo uma estação seca, o verão, e A (Csa) caracteriza o clima como tendo um verão quente, em que a temperatura média do mês mais quente é superior a 22 °C.

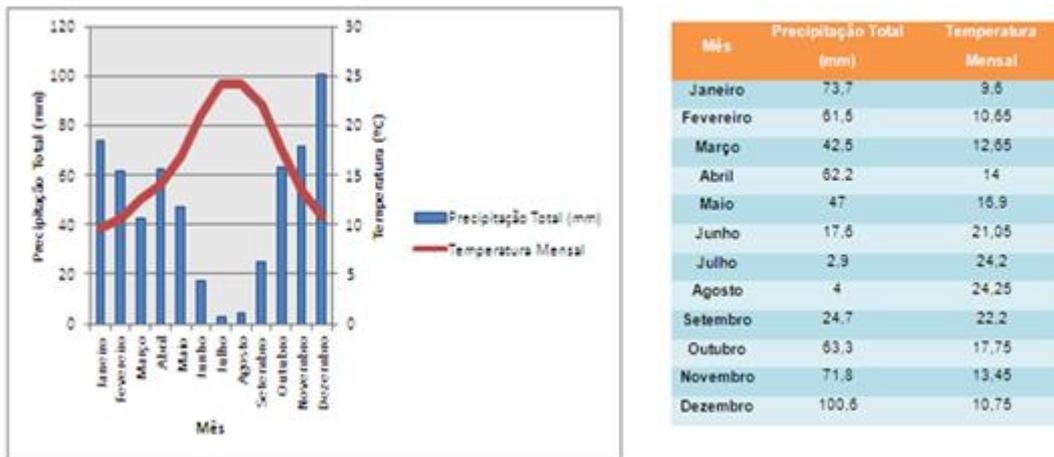


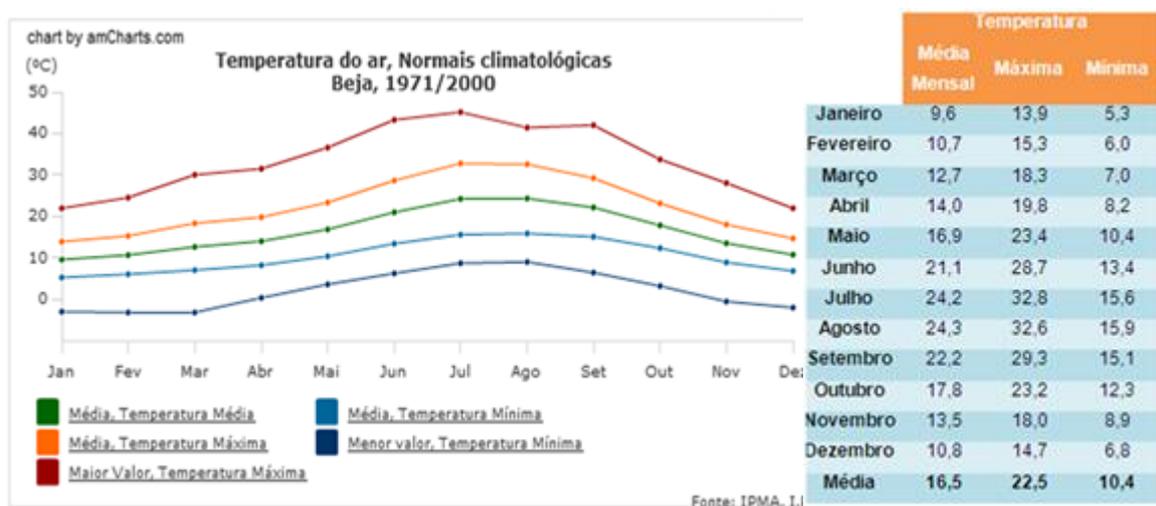
FIGURA 3 – a) Gráfico Termo pluviométrico, Estação Meteorológica de Beja, correspondente ao período de 1971 a 2000. b) Valores médios de precipitação total, temperatura média mensal da Estação Meteorológica de Beja, correspondente ao período de 1971 a 2000. (Fonte: [www.meteo.pt](http://www.meteo.pt)).

Como se pode observar pelo gráfico termopluiométrico (FIGURA 3), o clima da região de Beja apresenta uma distribuição bastante irregular da precipitação ao longo do ano sendo esta, concentrada maioritariamente nos meses mais frios, com os meses mais quentes (julho e agosto) a apresentarem uma precipitação quase nula. A concentração de grande parte da precipitação nos meses frios, em que a evapotranspiração também é mais reduzida, conduz a problemas de drenagem nos nossos solos, com consequências nefastas na produtividade das culturas instaladas, como os cereais de outono-inverno. Por sua vez, a redução da precipitação e o aumento da temperatura nos meses de primavera, principalmente abril, maio e parte de junho conduzem à deficiência hídrica nos solos e consequentemente ao deficiente enchimento do grão, sendo este um dos principais, senão o principal fator responsável pelas reduzidas produtividades dos cereais de outono-inverno no nosso país, relativamente a outros, como por exemplo a Dinamarca, a Holanda, a França, etc. Nos meses em que a precipitação é reduzida ou praticamente nula, temos temperaturas ótimas para algumas culturas, mas o fator limitante à produção é a água, havendo portanto necessidade de a fornecer artificialmente a essas culturas.

**Quadro 1** - Dados climáticos relativos ao ano agrícola de 2012-2013 (Estação Meteorológica da Quinta da Saúde – Beja) (Fonte: Centro operativo e de tecnologia do regadio [www.cotr.pt](http://www.cotr.pt))

Mês	Precipitação (mm)	Média das Temperaturas Máximas (°C)	Média das Temperaturas Mínimas (°C)	Média da Hum. Relativa Máxima (%)	Média da Hum. Relativa Mínima (%)	ETO (mm)
10-2012	74,3	24,0	12,0	96,6	47,8	78,5
11-2012	189,5	16,9	8,3	98,4	66,5	34,3
12-2012	51,3	15,3	6,5	99,7	69,3	25,0
1-2013	70,6	15,4	6,5	99,6	67,0	30,2
2-2013	42,0	14,6	3,9	98,6	55,8	42,6
3-2013	172,7	16,3	7,8	99,3	62,2	57,4
4-2013	17,2	20,7	7,8	97,3	46,9	106,7
5-2013	10,0	24,3	9,0	93,2	33,0	146,0
6-2013	5,2	30,0	13,1	85,2	30,3	180,4
7-2013	0,1	35,0	16,8	83,0	27,1	117,7

Se se compararem os valores da precipitação dos meses em que a cultura esteve no solo no ano agrícola de 2012-2013 (QUADRO 1) com os valores médios de 30 anos (FIGURA 4) verifica-se, que os meses de dezembro, fevereiro, abril e maio foram muito menos chuvosos no ano dos ensaios, enquanto apenas o mês de março se apresentou mais chuvoso que a média de 30 anos.



**FIGURA 4** – a) Normais climatológicas e temperatura do ar para a Estação Meteorológica de Beja correspondente ao período de 1971 a 2000. b) Normais climatológicas e temperatura do ar para a Estação Meteorológica de Beja correspondente ao período de 1971 a 2000. (Fonte: [www.meteo.pt](http://www.meteo.pt)).

A informação acima apresentada (FIGURA 4) permite constatar que as temperaturas médias das máximas e médias das mínimas apresentaram valores semelhantes, quando se comparam os meses em que a cultura permaneceu no solo, no ano agrícola de 2012-2013 e as médias de 30 anos.

### 3. 2. 2. Caracterização edáfica

Tal como foi referido anteriormente, o solo onde se realizaram os ensaios, está cartografado como Bvc (Barros Castanho-Avermelhados Calcários muito descarbonatados de dioritos ou gabros ou rochas cristalofílicas básicas) e do qual se apresenta o perfil padrão e algumas características físicas e químicas obtidas a partir de um perfil aberto no local dos ensaios (Barros, 2000).

**QUADRO 2** - Algumas características físicas e químicas do solo Bvc (Barros Castanho-Avermelhados Calcários).

Hor	Prof. (cm)	Ar. Gr. (%)	Ar. Fi. (%)	Limo (%)	Argila (%)	M.O (%)	pH (H <sub>2</sub> O)	pH (Cl <sub>2</sub> Ca)	dap	Text.
Ap	0-20	9,6	20,8	18,3	51,3	1,31	7,93	7,38	1,33	Argil.
B1	20-48	9,8	25,3	19,4	45,5	1,22	7,87	7,27	1,30	Argil.
BC	48-76	37,5	37,2	8,9	16,4	0,66	7,55	7,26	1,20	Fr-aren.
C	76-?	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Fonte: Barros (2000)

#### Descrição do Perfil

**Horizonte Ap – 20 a 40 cm;** castanho-avermelhado (tonalidades compreendidas entre 2,5 YR e 7,5 YR); argiloso; estrutura anisoforme angulosa média a grosseira forte composta de granulosa média moderada; firme e rijo ou extremamente rijo; fendilha quando seca; efervescência nula ao CIH; pH 6,5 a 7,5.

**Horizonte B – 10 a 60 cm;** idêntico ao anterior mas de estrutura prismática média ou grosseira forte e apresentando muitas vezes películas de argila nas faces dos agregados; com superfícies polidas (slickensides); pH 6,5 a 7,5.

Transição gradual para

**Horizonte B Cca – 10 a 15 cm;** mistura de material idêntico ao dos horizontes anteriores com calcário friável; argiloso; estrutura prismática média ou grosseira forte; a percentagem de carbonatos aumenta com a profundidade; pH 7,0 a 8,0.

Transição gradual para

**Horizontes C e Cca –** Material originário: mistura de calcário friável com dioritos ou gabros ou rochas cristalofílicas básicas muito meteorizadas.

### **3. 3. Técnicas culturais**

A cultura da cevada dística foi instalada em meados de dezembro do ano de 2012, utilizando-se a sementeira direta, como técnica de instalação. A variedade utilizada foi a Publican, com uma densidade de sementeira de  $190 \text{ kg ha}^{-1}$ . Esta variedade, como foi referido anteriormente, é de porte médio a semi-ereto e de baixa estatura, apresentando uma grande capacidade de afilamento, com um elevado potencial produtivo e excelente qualidade malteira. A folha da herdade onde se realizaram os ensaios está inserida na rotação de culturas Girassol → Trigo → Cevada. O controlo químico das infestantes em pré-sementeira foi realizado três dias antes da sementeira com um herbicida sistémico, total e não residual, no caso o comercialmente designado por Roundup GPS que doseia  $540 \text{ g L}^{-1}$  da substância ativa glifosato. Aplicaram-se 1,5 litros do produto em 100 litros de água e por hectare.

Devido ao fato do semeador de sementeira direta utilizado ter apenas uma tremonha para a semente, realizou-se imediatamente antes da sementeira da cultura, uma adubação à sementeira através de um distribuidor centrífugo de adubo. Nesta adubação, foram aplicados  $250 \text{ kg ha}^{-1}$  do adubo comercial rhizovit 10-12-6. Em finais de janeiro realizou-se a 1ª adubação de cobertura tendo sido aplicados  $140 \text{ kg ha}^{-1}$  do adubo comercial sulfammo 26-0-0, em que 9% é azoto amoniacal e 17 % azoto ureico e a que corresponderam cerca de 36 unidades de azoto por hectare. Dada a elevada precipitação ocorrida após a realização da 1ª adubação de cobertura, houve necessidade de em meados de março se efetuar uma 2ª, com o mesmo adubo e o mesmo número de unidades de azoto por unidade de área.

Nos ensaios onde o objetivo foi o de se estudar a seletividade dos dois herbicidas (Hussar e Hussar Plus), designados de ensaios de seletividade, pretendeu-se que a cultura se mantivesse livre de infestantes ao longo de todo o seu ciclo. Para isso, aplicou-se o herbicida comercial Trigonil (clortolurão + diflufenicão), quando a cultura se encontrava na fase de duas folhas, de maneira a manter os ensaios sempre livres de infestantes. Algumas infestantes que entretanto emergiram ao longo do ciclo da cultura foram mondadas manualmente. O Trigonil é um herbicida de contato e sistêmico para aplicação em pré-emergência do trigo duro, pré ou pós-emergência do trigo mole e pós-emergência da cevada. O clortolurão, que atua por via radicular e menos por via foliar, é ativo sobre gramíneas e algumas dicotiledóneas e o diflufenicão é absorvido pelos jovens colmos, folhas e raiz, atuando sobre dicotiledóneas anuais e algumas gramíneas. É um herbicida com uma excelente persistência na ação residual sobre a germinação das infestantes. Este herbicida foi aplicado com uma dose de 3 litros do produto para 300 litros de água e por hectare.

Para controlar a helmintosporiose e a rinosporiose, fizeram-se duas aplicações do fungicida comercial Prosaro, cuja formulação é um concentrado para emulsão com  $125 \text{ g L}^{-1}$  ou 12,7 % (p/p) de protioconazol e  $125 \text{ g L}^{-1}$  ou 12,7 % (p/p) de tebuconazol. A primeira aplicação efetuou-se quando a cultura se encontrava a meio do afilhamento e a segunda aplicação, quando a cevada se encontrava na fase de emborrachamento. Este fungicida foi aplicado com uma dose de  $1 \text{ L ha}^{-1}$  em 300 litros de água e por hectare. De salientar, que o Prosaro poderá também ser utilizado no controlo da *Septoria tritici* e *Erysiphe graminis*.

O herbicida Roundup GPS foi aplicado em pré-sementeira com um pulverizador de pressão de jato projetado com a capacidade do depósito de 600 litros e equipado com bicos de fenda (110°-10). O herbicida Trigonil foi aplicado em pós-emergência da cevada dística com um pulverizador próprio para ensaios, equipado com bicos de fenda (110°-12).

Para realizar a colheita da cultura foi utilizada uma ceifeira-debulhadora própria para ensaios, com uma largura de trabalho de 1,35 m. Apenas foi colhida a parte central dos talhões, cujo comprimento era de 10 metros, de modo a evitar-se o efeito

de bordadura e quaisquer possíveis falhas que possam ter ocorrido durante o tratamento, nas extremidades dos talhões.

Para determinar o índice de colheita e os componentes da produção, colheram-se amostras de cem espigas na parte central de cada um deles. O QUADRO 3 mostra o calendário das operações culturais levadas a cabo nos ensaios da cultura da cevada dística no ano agrícola de 2012/2013.

**QUADRO 3** - Calendário das operações culturais e contagem de infestantes efetuadas nos ensaios, ano agrícola de 2012/2013.

<b>Operações culturais</b>	<b>Data</b>
Controlo de infestantes em pré-sementeira	11 de Dezembro
Sementeira e adubação à sementeira	13 de Dezembro
Aplicação do Trigonil nos ensaios de selectividade	3 de Janeiro
1ª adubação de cobertura	28 de Janeiro
1ª contagem de infestantes da 1ª época de aplicação	26 de Fevereiro
1ª aplicação dos herbicidas (1ª época)	26 de Fevereiro
2ª adubação de cobertura	15 de Março
1ª aplicação do fungicida Prosaro	15 de Março
2ª contagem de infestantes da 1ª época de aplicação	8 de Abril
1ª contagem de infestantes da 2ª época de aplicação	8 de Abril
2ª aplicação dos herbicidas (2ª época de aplicação)	8 de Abril
2ª aplicação do fungicida Prosaro	12 de Abril
2ª contagem das infestantes da 2ª época de aplicação	8 de Maio
Colheita da cultura	4 de Julho

### **3. 4. Tratamentos e delineamento experimental**

Como se referiu anteriormente, foram realizados quatro ensaios, para se estudar o efeito dos herbicidas comerciais Hussar [(iodossulfurão-metilo-sódio (5%)+mefenepir-dietilo (15%)] e o Hussar Plus [(iodossulfurão-metilo-sódio (50 g L<sup>-1</sup>) + mesosulfurão-metilo (7,5 g L<sup>-1</sup>)+ mefenepir-dietilo (250 g L<sup>-1</sup>)], no controlo em pós-emergência de infestantes dicotiledóneas na cultura da cevada dística (*Hordeum distichum* L.). Para cada herbicida foram realizados dois ensaios, tendo um deles como objetivo estudar a eficácia no controlo das infestantes e o outro, a sua seletividade na cultura.

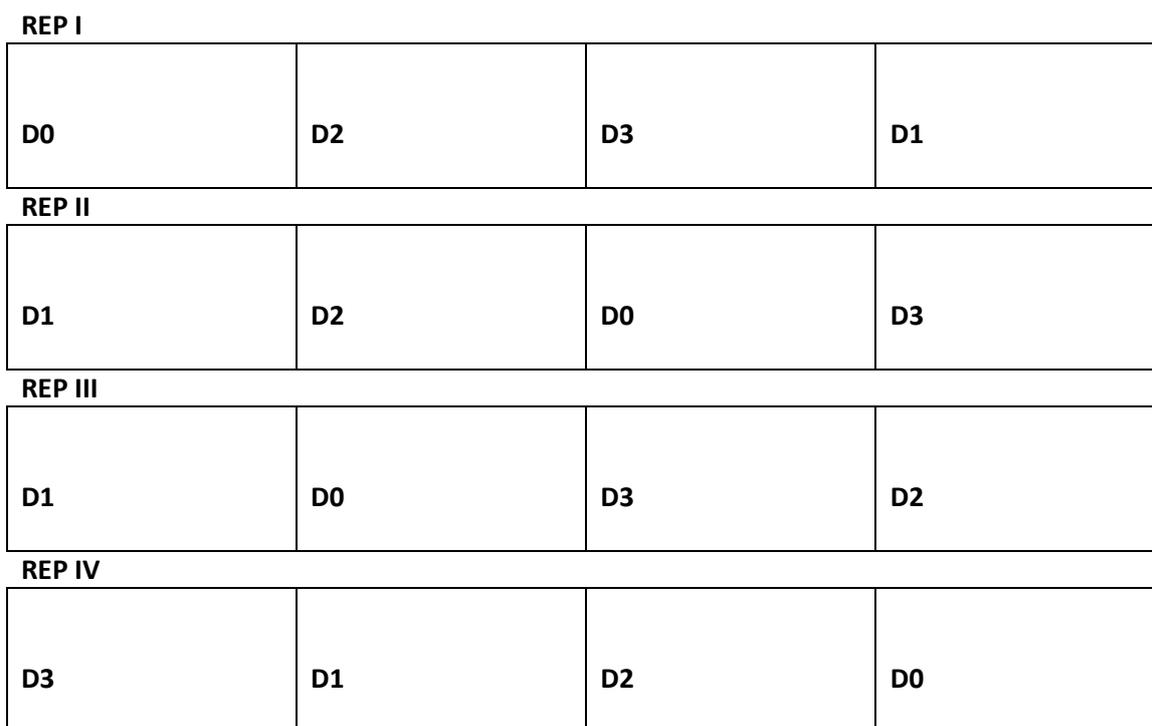
Em todos os ensaios, aplicaram-se três doses dos herbicidas e uma dose zero (testemunha), com um volume de calda de 200 L ha<sup>-1</sup>, em duas épocas de aplicação, sendo a 1ª época quando 90 % ou mais das infestantes se encontravam na fase de desenvolvimento de 3 a 4 pares de folhas e a cultura no início do afilhamento e a 2ª época, quando 90 % ou mais das infestantes se encontravam na fase de 6 a 7 pares de folhas e a cultura no final do afilhamento. Aos herbicidas adicionou-se uma solução concentrada com 283 g L<sup>-1</sup> ou 27 % (p/p) de laurel éter diglicol sulfato sódio (Genapol) com a concentração de 0,5 L ha<sup>-1</sup>. Esta substância é designada por molhante não iônico e o seu efeito traduz-se numa maior aderência da calda à parte aérea das plantas. No QUADRO 4, apresentam-se as diferentes doses dos herbicidas, aplicadas nos ensaios.

**QUADRO 4** - Doses dos herbicidas Hussar e Hussar Plus aplicadas nos ensaios.

Doses	Hussar	Hussar Plus
D0	Sem herbicida	Sem herbicida
D1	100 g ha <sup>-1</sup>	100 ml ha <sup>-1</sup>
D2	150 g ha <sup>-1</sup>	150 ml ha <sup>-1</sup>
D3	200 g ha <sup>-1</sup>	200 ml ha <sup>-1</sup>

De salientar, que em ambos os herbicidas a D1 é uma dose inferior às recomendadas (D2 e D3) pelos fabricantes dos produtos. De referir também, que a aplicação dos herbicidas Hussar e Hussar Plus, bem como do fungicida Prosaro foi levada a cabo por um pulverizador de pressão de jato projetado, próprio para ensaios e equipado com bicos de fenda 110° – 10.

Os ensaios foram delineados em blocos casualizados, estando os tratamentos em combinação fatorial e o número de repetições foi de quatro, tal como mostra o esquema dos ensaios (FIGURA 5), em que **D** corresponde à dose de herbicida aplicada.



**FIGURA 5** - Esquema dos ensaios

### **3. 5. Observações e determinações**

Tal como já foi referido, realizaram-se quatro ensaios com os herbicidas comerciais Hussar e Hussar Plus, tendo dois destes ensaios como objetivo estudar a eficácia destes herbicidas no controlo de infestantes e outros dois ensaios com o objetivo de testar a seletividade dos mesmos herbicidas na cultura da cevada dística. Assim, com exceção da determinação da eficácia dos herbicidas, todos os outros parâmetros (produção de grão e componentes da produção) foram comuns a todos os ensaios realizados.

#### ***Eficácia dos herbicidas***

A eficácia dos herbicidas foi determinada em duas épocas distintas a que corresponderam também duas fases de desenvolvimento das infestantes dicotiledóneas e da cultura diferentes. Na 1ª época de aplicação, as infestantes encontravam-se na fase de desenvolvimento de 3 a 4 pares de folhas e a cultura na

fase do início do afilhamento a que corresponderam os estádios 22-25 da escala de Zadoks (Zadoks et al., 1974). Na 2ª época de aplicação as infestantes encontravam-se na fase de 6 a 7 pares de folhas e a cultura no final do afilhamento a que corresponderam os estádios 31-32 da escala de Zadoks (Zadoks et al., 1974).

As infestantes presentes nos ensaios Hussar eficácia e Hussar Plus eficácia eram as seguintes: *Lactuca serriola* L. (alface-brava-menor); *Chrysanthemum segetum* L. (pampilho-das-searas); *Chenopodium album* L. (catassol); *Rumex conglomeratus* Murray (labaça-ordinária); *Polygonum aviculare* L. (sempre-noiva); *Galium aparine* L. (amor-de-hortelão); *Amaranthus retroflexus* L. (moncos-de-perú); *Picris echioides* L. (raspa-saias); *Anagallis arvensis* L. (morrião); *Silene gallica* L. (nariz-de-zorra); *Centaurea melitensis* L. (beija-mão); *Sonchus asper* L. (serralha áspera); *Chamaemelum mixtum* L. (margaça) e *Erygium campestre* L. (cardo-corredor).

As infestantes foram contadas duas vezes mas não foram removidas. A primeira contagem teve lugar imediatamente antes do tratamento em cada uma das épocas de aplicação e a segunda contagem cerca de dois meses após o tratamento, em caixilhos de madeira com 50 cm x 50 cm, colocados em todos os talhões e na parte central destes.

A eficácia dos diferentes tratamentos é expressa como a percentagem de infestantes controladas e pode ser calculada pela seguinte expressão:

$$1. \quad Ef = 100 - ((C2: d)/C1) \times 100$$

em que,

Ef – eficiência do tratamento (%)

C1- número de infestantes por m<sup>2</sup> contadas antes do tratamento

C2- número de infestantes por m<sup>2</sup> contadas depois do tratamento

d – diferença no número de infestantes por m<sup>2</sup> contadas nos talhões testemunha

O número médio de infestantes contabilizadas nos talhões dos ensaios de eficácia nas duas épocas antes da aplicação dos herbicidas bem como a reinfestação verificada, são apresentados no QUADRO 5.

**QUADRO 5** - Número médio de infestantes presentes e reinfestação verificada nos dois ensaios de eficácia.

Ensaio Eficácia	Nº de infestantes (m <sup>2</sup> )		Reinfestação (m <sup>2</sup> )	
	1ª época	2ª época	1ª época	2ª época
Hussar	71	88	10	0
Hussar Plus	61	63	10	0

### ***Produção e seus componentes***

Os talhões dos ensaios tinham uma área de 30 m<sup>2</sup> (10 m x 3 m) e dessa área, colheram-se 13,5 m<sup>2</sup>. A partir da área colhida determinou-se a produção de grão seco por unidade de área (g m<sup>-2</sup>) através da expressão:

$$2. \text{ Prod. grão seco (g/m}^2\text{)} = \text{Prod. grão (g/m}^2\text{)} \times \left(1 - \frac{\text{Teor de humidade (\%)}}{100}\right)$$

Sendo o teor de humidade determinado em estufa com uma temperatura de 65 °C até peso constante e determinando-se posteriormente o peso do grão para 8 % de humidade, multiplicado o valor da produção de grão seco por 1,087.

Para determinar o peso médio do grão, retirou-se de cada tratamento uma amostra do grão colhido na parte central dos talhões, fez-se a contagem em laboratório de mil grãos que foram colocados em estufa a 65 °C até peso constante. Esse peso foi dividido por mil para determinar o peso médio do grão.

O número de grãos por unidade de área foi determinado através da relação entre a produção de grão por metro quadrado e o peso médio do grão, através da expressão:

$$3. \text{ N.}^\circ\text{Grãos/m}^2 = \text{Prod. grão (g/m}^2\text{)} \times \frac{1000}{\text{Peso de mil Grãos secos (g)}}$$

Para se determinar o índice de colheita, a produção de matéria seca total (grão + palha), o número de espigas por unidade de área e o número de grãos por espiga, colheram-se 100 espigas na parte central de cada talhão, sendo:

. O índice de colheita obtido através da relação entre o peso do grão e o peso da biomassa (grão + palha).

$$4. IC = \frac{Prod.Grão\ seco\ (g/m^2)}{Prod.Grão\ (g/m^2) + Prod.Palha\ (g/m^2)}$$

. A matéria seca total por unidade de área, obtida através do somatório da produção de palha seca palha e da produção de grão seco.

. O número de grãos por espiga, obtido a partir da razão entre o peso seco do grão e o peso médio do grão (mg).

. O número de espigas por unidade de área ( $m^2$ ), calculado através da relação entre o número de grãos por metro quadrado e o número de grãos por espiga.

### 3. 6. Tratamento estatístico

O tratamento estatístico dos ensaios consistiu na análise de variância e no estabelecimento de equações de regressão.

As análises de variância (ANOVA) foram efetuadas para todos os dados a fim de se determinarem as diferenças entre médias de cada parâmetro dependente do tratamento em estudo, sendo realizadas de acordo com o delineamento experimental e foi utilizado o programa MSTAT-C (Michigan State University), versão 1.42.

As diferenças entre tratamentos foram determinadas utilizando o teste múltiplo de separação de médias (Duncan Multiple Range Test) para um nível de probabilidade de 1%, 5 % e 10% (intervalo de confiança de 90%, 95 % e 99%).

Em relação às equações de regressão, estas foram determinadas utilizando o programa Excel, versão 2007. Tentaram-se vários modelos de modo a poder obter-se o melhor ajustamento possível, mas em todos os casos, qualquer um dos modelos

testados não melhorou significativamente o coeficiente de determinação das equações, relativamente ao modelo linear.

## **4. ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS**

### **4. 1. Ensaio Hussar**

#### **4. 1. 1. Ensaio Hussar Eficácia**

##### **4. 1. 1. 1. Eficácia do herbicida**

Pelos resultados apresentados no QUADRO 6, output ANEXO I, verifica-se existir uma interação significativa entre doses, épocas de aplicação e na interação doses x épocas, no que respeita à eficácia do herbicida Hussar (iodossulfurão-metilo-sódio) no controlo das infestantes dicotiledóneas. A época de aplicação mais precoce (1ª época), quando as infestantes se encontravam numa fase de desenvolvimento mais sensível ao herbicida (3 a 4 pares de folhas) obteve para todas as doses, uma maior eficácia, não obstante a dose mais alta (D3 - 200 g ha<sup>-1</sup>) não ter sido significativamente maior nesta época, relativamente à época de aplicação mais tardia (6 a 7 pares de folhas). Em ambas as épocas, a dose de herbicida D1 (100 g ha<sup>-1</sup>), que é inferior às doses recomendadas para a cultura da cevada dística (D2-150 g ha<sup>-1</sup> e D3-200 g ha<sup>-1</sup>) obteve uma menor eficácia no controlo das infestantes, apesar de a diferença não ter sido significativa relativamente à D2, na 1ª época de aplicação. No entanto, há a realçar a muito menor e significativa eficácia da D1, na época de aplicação mais tardia. De salientar ainda, o fato de em ambas as épocas, não ter havido diferenças significativas na eficácia entre as duas doses de herbicida mais altas (D2 e D3). Para a média épocas de aplicação, foi a dose menor (D1) de herbicida a que obteve uma menor e significativa eficácia relativamente às doses mais altas (D2 e D3) e na média das doses, a época de aplicação mais precoce foi significativamente mais eficaz que a época mais tardia.

**QUADRO 6** - Eficácia (%) dos tratamentos no controlo das infestantes no Ensaio Hussar  
Eficácia.

<b>Doses</b> <b>Épocas</b>	<b>D1</b>	<b>D2</b>	<b>D3</b>	<b>Média</b>
<b>1</b>	89.2 bc	94.3 ab	96.8 a	93.4 <b>A</b>
<b>2</b>	71.0 d	86.4 c	90.6 ac	82.7 <b>B</b>
<b>Média</b>	80.1 <b>B</b>	90.4 <b>A</b>	93.6 <b>A</b>	

*Épocas*- Os valores seguidos pela mesma letra ou letras não são significativamente diferentes para um nível de 1 %

*Doses* - Os valores seguidos pela mesma letra ou letras não são significativamente diferentes para um nível de 1 %

*Doses x Épocas* -Os valores seguidos pela mesma letra ou letras não são significativamente diferentes para um nível de 5 %

Os resultados obtidos relativamente à eficácia do herbicida Hussar estão de acordo com Barros et al., (2005, 2007 e 2008) em trigo e Barros (2010) em cevada dística, os quais referem uma maior eficácia de diferentes doses de herbicidas, mesmo quando estas são inferiores às recomendadas, desde que a aplicação seja efetuada numa fase mais precoce do desenvolvimento das infestantes. Também Mu et al., (2007) referem uma maior eficácia no controlo de infestantes em pós-emergência, quando estas se encontram na fase de desenvolvimento de 1 a 5 folhas. A menor eficácia da dose de herbicida inferior às recomendadas (D1), sobretudo na época de aplicação mais tardia, poderá estar de acordo com o referido por Qasem (2011) e segundo o qual, as infestantes dicotiledóneas em condições de aridez e semiaridez poderão ser difíceis de controlar, aumentando essa dificuldade com a aplicação de doses de herbicida inferiores às recomendadas. Também Zand et al., (2007) referem uma redução significativa da eficácia de diversos herbicidas no controlo de infestantes dicotiledóneas, quando as doses de aplicação são inferiores às recomendadas. No entanto, os resultados obtidos parecem estar também de acordo com os obtidos por Zhang et al., (2000) os quais referem, em cereais, uma eficácia no controlo das infestantes, superior a 70% com doses de herbicida entre 30 a 60% da dose recomendada.

#### 4. 1. 1. 2. Produção de grão

Pela análise do QUADRO 7 constata-se que a produção de grão por unidade de área da cultura da cevada dística foi significativamente menor para todas as doses de herbicida, quando a aplicação se realizou na fase de desenvolvimento mais precoce das infestantes (1ª época). Nesta época, a D0 (testemunha) obteve uma produção de grão não significativamente diferente em relação às três doses do herbicida, mas na época de aplicação mais tardia (2ª época) produziu significativamente menos que a D3 (200 g ha<sup>-1</sup>) e que a D1 (100 g ha<sup>-1</sup>), sendo esta a mais produtiva, embora não significativamente, em relação às doses mais altas. Para a média das doses, a 2ª época produziu significativamente mais grão que a 1ª época e na média das épocas foi a dose menor de herbicida (D1) que significativamente mais grão produziu.

Se se compararem os resultados obtidos relativamente à eficácia do herbicida (QUADRO 6) com os resultados obtidos pelos diferentes tratamentos no que respeita à produção de grão por unidade de área (QUADRO 7) constata-se, que à maior eficácia no controlo das infestantes para todas as doses do herbicida da 1ª época de aplicação, não correspondeu um aumento na produção de grão na cultura, mas sim uma redução significativa em relação à época mais tardia (2ª época), sendo de salientar que foi o tratamento com menor eficácia (D1E2) aquele que obteve uma maior produção de grão por unidade de área. Também para à média das doses, foi a 2ª época a que menor e significativa eficácia obteve, mas que maior e significativa produção de grão conseguiu.

**QUADRO 7** - Produção de grão (g m<sup>-2</sup>) para os diferentes tratamentos no Ensaio Hussar Eficácia.

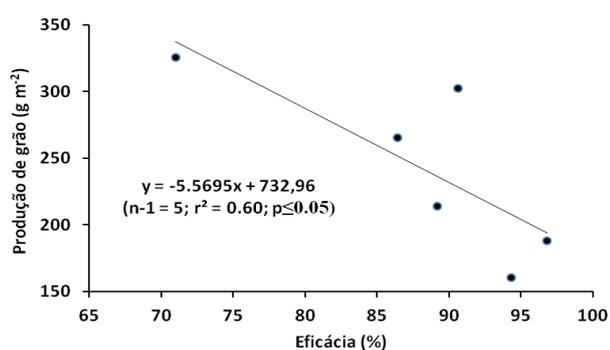
<b>Doses</b> <b>Épocas</b>	<b>D0</b>	<b>D1</b>	<b>D2</b>	<b>D3</b>	<b>Média</b>
<b>1</b>	205.1 bc	213.9 bc	160.3 c	188.1 bc	191.8 <b>B</b>
<b>2</b>	203.7 bc	325.4 a	265.5 ab	302.2 a	274.2 <b>A</b>
<b>Média</b>	204.4 <b>B</b>	269.6 <b>A</b>	212.9 <b>B</b>	245.2 <b>AB</b>	

**Épocas** - Os valores seguidos pela mesma letra ou letras não são significativamente diferentes para um nível de 5 %

**Doses** - Os valores seguidos pela mesma letra ou letras não são significativamente diferentes para um nível de 10 %

**Épocas x doses** - Os valores seguidos pela mesma letra ou letras não são significativamente diferentes para um nível de 10 %

Se se correlacionar a eficácia do herbicida e a produção de grão por unidade de área da cultura da cevada dística (FIGURA 6) constata-se, que essa correlação é negativa e significativa para todas as doses e épocas de aplicação, ou seja, a uma maior eficácia no controlo das infestantes correspondeu uma redução na produção de grão da cultura por unidade de área.



**FIGURA 6** - Relação entre a eficácia do herbicida e a produção de grão por unidade de área para os diferentes tratamentos (doses e épocas)

Estes resultados contrariam os obtidos por Barros et al., (2007 e 2009) em trigo, em que aplicando o herbicida comercialmente designado por Atlantis (mesossulfurão-metilo + iodossulfurão-metilo-sódio), obtiveram maiores produções de grão com a antecipação da aplicação desses herbicidas para épocas mais precoces do desenvolvimento das infestantes, consequência também de uma maior eficácia, mesmo com doses e volumes de calda inferiores aos recomendados. No entanto, os resultados agora obtidos parecem estar de acordo com os obtidos por Barros (2010), o qual refere, que aplicando o herbicida Hussar (iodossulfurão-metilo-sódio) em pós-emergência da cultura da cevada dística, constatou que a antecipação da aplicação deste herbicida para uma fase mais sensível do desenvolvimento das infestantes e da própria cultura, conduziu a uma maior eficácia do herbicida para todas as doses utilizadas, mas isso não se refletiu numa maior produção de grão, mas sim numa redução, embora não significativa, relativamente à época de aplicação mais tardia. Assim, o fato do tratamento D0 (testemunha) ter conseguido uma produção de grão

não significativamente diferente de todos os outros tratamentos e até ter obtido uma produção maior, embora não significativa, relativamente às doses mais altas do herbicida (D2 – 150 g ha<sup>-1</sup> e D3 - 200 ha<sup>-1</sup>) na 1ª época de aplicação, parece sugerir que o iodossulfurão-metilo-sódio ao ser aplicado numa fase mais precoce do desenvolvimento da cevada dística, possa ter causado fitotoxicidade na própria cultura, conduzindo à redução da produção de grão relativamente à época mais tardia, o que estará de acordo com Vargas e Roman (2005), os quais constataram que de entre diversos cereais (trigo, triticale, centeio e cevada) foi a cevada que manifestou maior sensibilidade ao iodossulfurão-metilo-sódio apresentando sintomas de fitotoxicidade quando a aplicação teve lugar na fase de desenvolvimento da cultura, de 3 a 5 folhas.

O fato destes resultados contrariarem os obtidos por Barros et al., (2007 e 2009) estará de acordo com Felix et al., (2007), Kong et al., (2009) e Jin et al., (2010), os quais constataram que dentro da mesma família ou dentro da mesma espécie poderá haver cultivares cuja resposta poderá ser diferente ao mesmo herbicida, podendo este ser seletivo para algumas e causar danos em outras.

#### **4. 1. 1. 3. Matéria seca total, índice de colheita e componentes da produção**

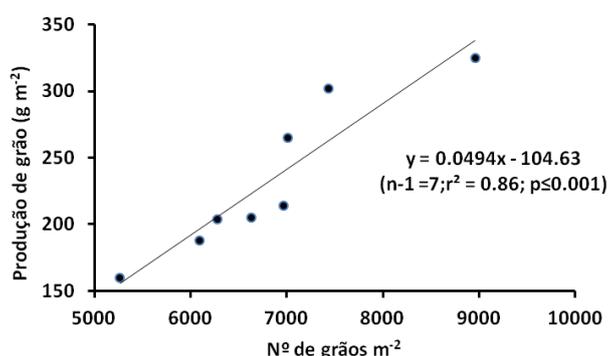
Pelo QUADRO 8, output ANEXO II, pode verificar-se, que de todos os parâmetros estudados, apenas a produção de matéria seca total por unidade de área e o peso médio do grão apresentaram diferenças significativas para os diferentes tratamentos. Para a média dos tratamentos, a época de aplicação mais tardia obteve em todos os parâmetros, um valor superior à época de aplicação mais precoce.

**QUADRO 8** - Efeito dos diferentes tratamentos na produção de matéria seca total, no índice de colheita e nos componentes da produção.

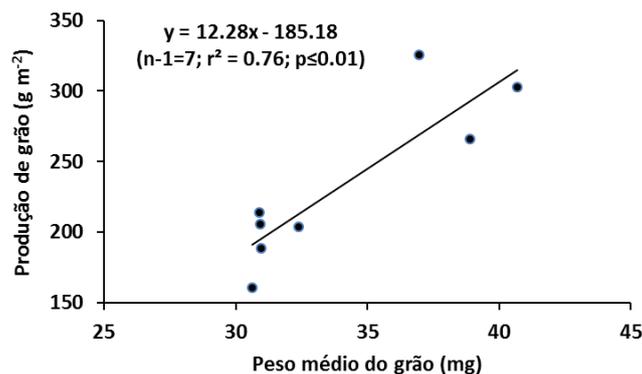
Parâmetros Trat.	M.S total (g m <sup>-2</sup> )	Índice de Colheita	Peso médio do grão (mg)	Nº grãos m <sup>-2</sup>	Nº de espigas m <sup>-2</sup>	Nº de grãos/ espiga
D0E1	465.9 bd	0.442	30.9 c	6632	411	17
D1E1	434.7 bd	0.490	30.9 c	6966	394	18
D2E1	349.6 d	0.470	30.6 c	5265	328	17
D3E1	371.5 cd	0.515	30.9 c	6091	275	22
<b>Média</b>	<b>405.4 B</b>	<b>0.479</b>	<b>30.8 B</b>	<b>6238</b>	<b>352</b>	<b>18</b>
D0E2	390.8 cd	0.520	32.4 c	6277	321	20
D1E2	662.5 a	0.500	36.9 b	8960	452	20
D2E2	584.1 ab	0.475	38.9 ab	7010	401	18
D3E2	525.4 ac	0.579	40.7 a	7431	373	20
<b>Média</b>	<b>540.7 A</b>	<b>0.518</b>	<b>37.2 A</b>	<b>7420</b>	<b>387</b>	<b>20</b>

Os valores seguidos pela mesma letra ou letras não são significativamente diferentes para um nível de 5%

Os resultados apresentados demonstram com clareza que à maior eficácia no controlo das infestantes dicotiledóneas de todas as doses do herbicida iodossulfurão-metilo-sódio (Hussar) aplicadas na época mais precoce do desenvolvimento dessas infestantes (1ª época), não correspondeu um acréscimo na produção de matéria seca total, nem no índice de colheita, mas pelo contrário, houve não só um decréscimo destes dois parâmetros, mas também de todos os componentes da produção, com a antecipação da aplicação do herbicida.

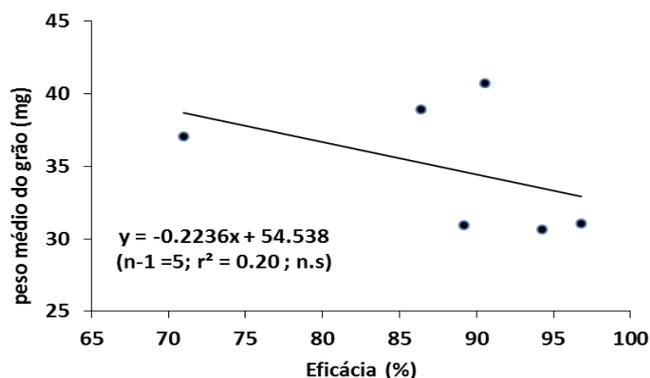


**FIGURA 7** - Relação entre o número de grão por unidade de área e a produção de grão por unidade de área para a média dos tratamentos (doses e épocas)



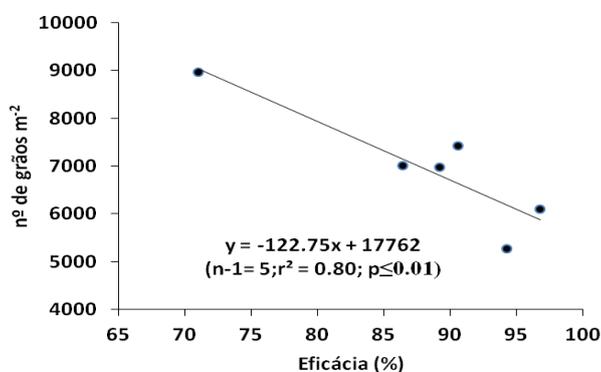
**FIGURA 8** - Relação entre peso médio do grão e a produção de grão por unidade de área para a média dos tratamentos (doses e épocas)

Quando se correlaciona a produção de grão por unidade de área com o número de grãos por unidade de área (FIGURA 7) e com o peso médio do grão (FIGURA 8), constata-se que essa relação é altamente significativa, ou seja, ambos os componentes apresentam uma forte relação com a produção de grão na cultura da cevada dística. A relação altamente significativa entre o número de grãos por unidade de área e a produção de grão por unidade de área parece estar de acordo com o referido por vários autores para a cultura do trigo (Carvalho et al., 1991, Fischer, 2001, Calado 2005 e Almeida, 2010), os quais referem que em condições mediterrânicas é fundamental que a cultura apresente um número de grãos elevado para que haja uma boa produção, independentemente do peso do grão, mas na cultura da cevada dística não só o número de grãos por unidade de área, mas também o peso do grão parece ser importante na definição da produção de grão na cultura.



**FIGURA 9** - Relação entre a eficácia do herbicida e o peso médio do grão para a média dos tratamentos ( doses e épocas)

A FIGURA 9, mostra uma correlação negativa embora não significativa, entre a eficácia do herbicida e o peso médio do grão, ou seja, a um acréscimo da eficácia do herbicida no controlo das infestantes dicotiledóneas correspondeu um decréscimo não significativo no peso médio do grão, o que poderá significar que apesar de ter havido uma menor competição das infestantes com a cultura, isso não se refletiu numa maior translocação de assimilatos para o grão.



**FIGURA 10** - Relação entre a eficácia do herbicida e o número de grãos por unidade de área para a média dos tratamentos (doses e épocas)

Quando se correlacionam a eficácia e o número de grãos por unidade de área (FIGURA 10) verifica-se, que a uma maior eficácia do herbicida correspondeu uma diminuição significativa no número de grãos por unidade de área. Estes resultados contradizem o referido por Iqbal e Wright (1999), segundo os quais o componente da produção número de grãos, é um dos componentes prejudicado pela flora infestante e

com Walling (1998) o qual constatou, que o acréscimo da infestação provoca uma quebra na produção das culturas de cereais. Também Almeida (2010) concluiu para a cultura do trigo, que a maior eficácia no controlo das infestantes é traduzida num maior número de grãos por unidade de área com o conseqüente acréscimo da produtividade da cultura. Deste modo, a contradição dos resultados obtidos relativamente ao referido pela bibliografia terá a ver com o fato do herbicida iodossulfurão-metilo-sódio, ao ser aplicado numa fase mais precoce do desenvolvimento das infestantes, mas também da própria cultura, ter causado fitotoxicidade nesta e, apesar da maior eficácia no controlo das infestantes isso não se refletiu no acréscimo do número de grãos por unidade de área nem no peso médio do grão, mas sim em um decréscimo destes dois componentes da produção com conseqüência na redução da produção de grão por unidade de área na cultura da cevada dística, o que está de acordo com Vargas e Roman (2005) e Barros (2010).

#### **4. 1. 2. Ensaio Hussar Seletividade**

##### **4. 1. 2. 1. Produção de grão**

Pelo QUADRO 12 pode constatar-se que a tendência na produção de grão na cultura da cevada dística foi semelhante à obtida no ensaio Hussar Eficácia, ou seja, apesar das diferenças neste ensaio não terem sido significativas, houve um decréscimo na produção de grão na cultura com a antecipação da aplicação (1ª época) para todas as doses de herbicida aplicadas e inclusive, nesta época, o tratamento D0 (testemunha) produziu mais que qualquer um dos outros tratamentos, embora não significativamente. Quando a aplicação foi atrasada para uma fase mais tardia do desenvolvimento das infestantes (2ª época), apenas a dose menor de herbicida (D1-100 g ha<sup>-1</sup>) produziu ligeiramente mais que a D0. Para a média das doses, a época mais tardia produziu mais grão, embora não significativamente em relação à data mais precoce. Assim, estes resultados parecem confirmar os resultados obtidos no ensaio Hussar Eficácia e os quais estão de acordo com Vargas e Roman (2005) e Barros (2010).

**QUADRO 9** - Produção de grão ( $\text{g m}^{-2}$ ) dos diferentes tratamentos no ensaio Hussar Seletividade.

<b>Doses Épocas</b>	<b>D0</b>	<b>D1</b>	<b>D2</b>	<b>D3</b>	<b>Média</b>
<b>1</b>	306.8	250.9	259.2	264.9	270.4
<b>2</b>	309.4	313.7	293.2	293.5	302.4
<b>Média</b>	308.1	282.3	276.2	279.2	

*Épocas – não significativo*

*Doses – não significativo*

*Doses x épocas – não significativo*

#### **4. 1. 2. 2. Matéria seca total, índice de colheita e componentes da produção**

Dos parâmetros estudados, apenas o índice de colheita (ic) apresentou diferenças significativas, com a média das doses a ser significativamente diferente entre épocas de aplicação. Quer a produção de matéria seca total, quer os componentes da produção não apresentaram qualquer diferença significativa como é visível no QUADRO 10, output ANEXO III. No entanto, tanto o número de grãos por unidade de área como o peso médio do grão obtiveram valores mais elevados para a data de aplicação mais tardia do herbicida, tal como se verificou no ensaio Hussar Eficácia (QUADRO 8), não obstante no ensaio Hussar Seletividade e como foi referido anteriormente, as diferenças não terem sido significativas.

**QUADRO 10** - Efeito dos diferentes tratamentos na produção de matéria seca total, no índice de colheita e nos componentes da produção, no ensaio Hussar selectividade.

Parâmetros Trat.	M.S total (g m <sup>-2</sup> )	Índice de Colheita	Peso médio do grão (mg)	Nº grãos m <sup>-2</sup>	Nº de espigas m <sup>-2</sup>	Nº de grãos/ espiga
E1D0	601.5	0.515	33.4	9303	431	22
E1D1	502.0	0.497	31.8	7723	387	20
E1D2	517.2	0.502	33.0	7905	398	20
E1D3	519.4	0.513	32.1	8339	383	22
<b>Média</b>	<b>535.0</b>	<b>0.507 A</b>	<b>32.9</b>	<b>8317</b>	<b>400</b>	<b>21</b>
E2D0	653.0	0.473	32.4	9588	461	21
E2D1	643.1	0.488	33.0	9899	531	19
E2D2	645.2	0.455	33.2	8836	467	19
E2D3	591.2	0.495	33.3	8852	393	23
<b>Média</b>	<b>633.1</b>	<b>0.478 B</b>	<b>32.7</b>	<b>9294</b>	<b>463</b>	<b>20</b>

*Os valores seguidos pela mesma letra ou letras não são significativamente diferentes para um nível de 1 %*

Os resultados obtidos no ensaio Hussar Seletividade confirmam de algum modo, os obtidos no ensaio Hussar Eficácia, ou seja, que a aplicação do iodossulfurão-metilo-sódio conduziu a uma redução dos componentes da produção e consequentemente da produção de grão por unidade de área na cultura da cevada dística, quando a aplicação do herbicida se efetuou numa fase mais precoce do desenvolvimento das infestantes e da própria cultura. Assim, terá sido a fitotoxicidade provocada na cultura pela substância ativa iodossulfurão-metilo-sódio quando aquela se encontrava numa fase mais sensível ao herbicida, que terá provocado uma redução da produção de grão para todas as doses aplicadas, o que confirma o referido por Vargas e Roman (2005) e Barros (2010).

## **4. 2. Ensaio Hussar Plus**

### **4. 2. 1. Ensaio Hussar Plus Eficácia**

#### **4. 2. 1. 1. Eficácia do herbicida**

Contrariamente ao verificado no ensaio Hussar Eficácia (QUADRO 6), no ensaio Hussar Plus Eficácia como é possível verificar no QUADRO 11, output ANEXO I, apenas as doses de herbicida apresentaram diferenças significativas relativamente à eficácia

no controlo das infestantes dicotiledóneas, não havendo diferenças significativas na interação doses x épocas, nem entre épocas de aplicação. No entanto, também neste ensaio, a eficácia de todas as doses do herbicida (mesossulfurão-metilo + iodossulfurão-metilo-sódio) foi superior quando a aplicação foi realizada na época mais precoce do desenvolvimento das infestantes (1ª época). É de salientar a diferença não significativa da dose menor de herbicida (D1-100 ml ha<sup>-1</sup>) relativamente às doses recomendadas (D2-150 ml ha<sup>-1</sup> e D3 – 200 ml ha<sup>-1</sup>) em ambas as épocas de aplicação, não obstante a menor e significativa eficácia desta dose na média das épocas. A eficácia no controlo das infestantes próxima dos 90 % obtida pela dose menor do herbicida (D1 – 100 ml ha<sup>-1</sup>) em ambas as épocas de aplicação poderá ser considerada já uma alta eficácia (Zand et al., 2007) e que está de acordo com Qasem (2011), o qual refere que as sulfonilureias podem ter altos níveis de atividade, mesmo com baixas doses de aplicação.

**QUADRO 11** - Eficácia (%) dos tratamentos no controlo das infestantes no ensaio Hussar Plus Eficácia,

<b>Doses</b> <b>Épocas</b>	<b>D1</b>	<b>D2</b>	<b>D3</b>	<b>Média</b>
<b>1</b>	89.8	95.5	97.5	94.3
<b>2</b>	86.4	93.8	94.8	91.7
<b>Média</b>	88.1 <b>B</b>	94.7 <b>A</b>	96.1 <b>A</b>	

*Épocas – não significativo*

*Doses - Os valores seguidos pela mesma letra ou letras não são significativamente diferentes para um nível de 5 %*

*Doses x épocas – não significativo*

#### **4. 2. 1. 2. Produção de grão**

No que respeita à produção de grão (QUADRO 11), constata-se não ter havido uma interação significativa doses x épocas, não obstante as produções de grão terem sido maiores para todas as doses de herbicida, na 2ª época de aplicação. Na 1ª época, a D0 (testemunha), obteve uma produção de grão superior embora não significativamente, em relação a qualquer um dos outros tratamentos e, na 2ª época

de aplicação verificou-se o inverso, com todas as doses do herbicida a produzirem mais que a D0, apesar das diferenças não terem sido também significativas. Apenas entre épocas de aplicação se verificou uma diferença significativa, com a 2ª época a produzir significativamente mais que a 1ª época.

**QUADRO 12** - Produção de grão ( $\text{g m}^{-2}$ ) dos diferentes tratamentos no ensaio Hussar Plus Eficácia.

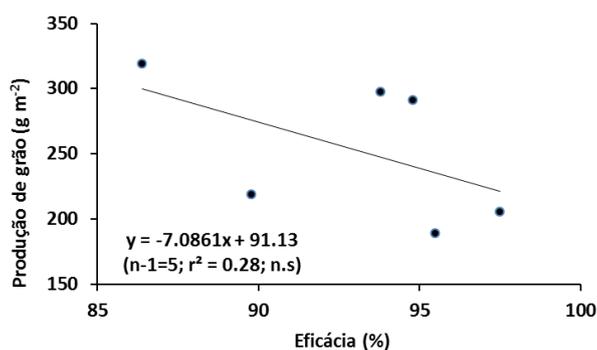
Doses \ Épocas	D0	D1	D2	D3	Média
1	238.0	218.7	189.0	205.1	212.7 B
2	247.1	318.9	297.3	291.2	288.6 A
Média	242.6	268.8	243.1	248.1	

*Épocas* – Os valores seguidos pela mesma letra ou letras não são significativamente diferentes para um nível de 5 %

*Doses* – não significativo

*Doses x épocas* – não significativo

Quando se correlaciona a eficácia das diferentes doses de herbicida com a produção de grão na cultura (FIGURA 11), verifica-se existir uma relação negativa, mas não significativa entre os dois parâmetros, contrariamente ao sucedido no ensaio Hussar Eficácia, onde esta relação foi significativa.



**FIGURA 11** - Relação entre a eficácia do herbicida e a produção de grão na cultura para a média dos tratamentos (doses e épocas)

#### 4. 2. 1. 3. Matéria seca total, índice de colheita e componentes da produção

Dos parâmetros estudados, matéria seca total foi o que apresentou diferenças mais significativas para os diferentes tratamentos, com a 2ª época a obter valores significativamente maiores para todas as doses de herbicidas aplicadas, como é possível comprovar no QUADRO 13, output ANEXO IV. Os componentes da produção (número de grãos por unidade de área e peso médio do grão) obtiveram valores mais elevados para todas as doses de herbicida na 2ª época de aplicação, mas as diferenças não foram significativas relativamente à 1ª época. Também não houve diferenças significativas no número de espigas por unidade de área e no número de grãos por espiga.

**QUADRO 13** - Efeito dos diferentes tratamentos na produção de matéria seca total, no índice de colheita e nos componentes da produção, no ensaio Hussar Plus Eficácia.

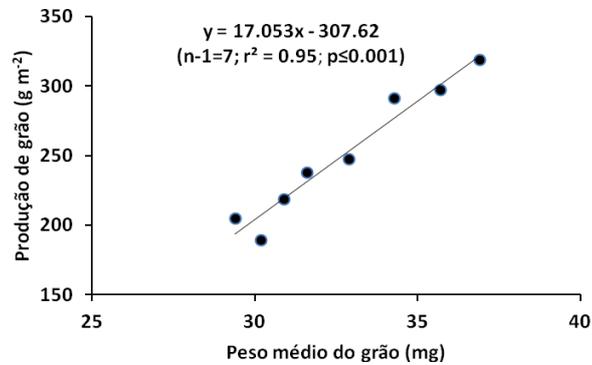
Parâmetros Trat.	M.S total (g m <sup>-2</sup> )	Índice de Colheita	Peso médio do grão (mg)	Nº grãos m <sup>-2</sup>	Nº de espigas m <sup>-2</sup>	Nº de grãos/ espiga
E1D0	531.2 ac	0.450	31.6	7500	435	17
E1D1	487.1 ac	0.448	30.9	7048	448	18
E1D2	398.1 c	0.470	30.2	6272	387	17
E1D3	411.7 bc	0.500	29.4	6998	331	22
<b>Média</b>	<b>457.0 B</b>	<b>0.467 B</b>	<b>30.5 B</b>	<b>6955 B</b>	<b>400</b>	<b>18</b>
E2D0	452.7 ac	0.545	32.9	7508	370	21
E2D1	601.4 a	0.530	36.9	8587	416	21
E2D2	580.4 a	0.512	35.7	8292	470	18
E2D3	554.2 ab	0.530	34.3	8430	414	21
<b>Média</b>	<b>547.2 A</b>	<b>0.529 A</b>	<b>34.9 A</b>	<b>8304 A</b>	<b>417</b>	<b>20</b>

Os valores seguidos pela mesma letra ou letras não são significativamente diferentes para um nível de 5 %

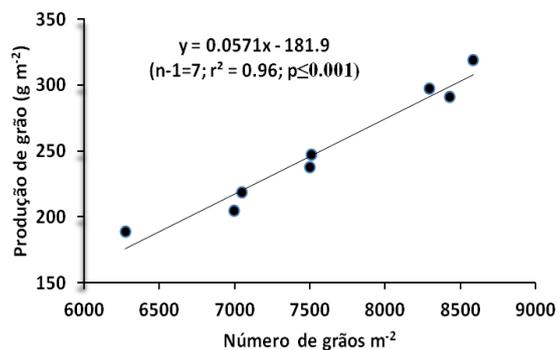
**Índice de colheita (ic):** Os valores seguidos pela mesma letra ou letras não são significativamente diferentes para um nível de 1 %

Quando se correlacionam os componentes da produção com a produção de grão na cultura por unidade de área, verifica-se que tanto o peso médio do grão

(FIGURA 12) como o número de grãos por unidade de área (FIGURA 13) estiveram fortemente correlacionados com aquele parâmetro.

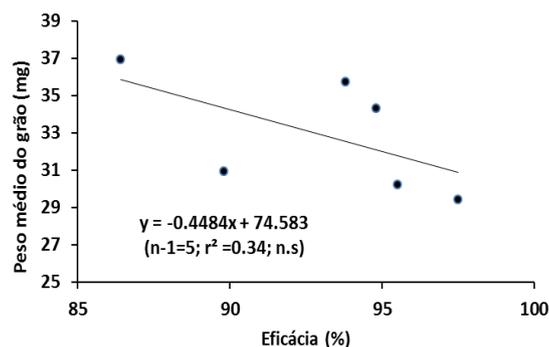


**FIGURA 12** - Relação entre o peso médio do grão e a produção de grão por unidade de área para a média dos tratamentos (doses e épocas)

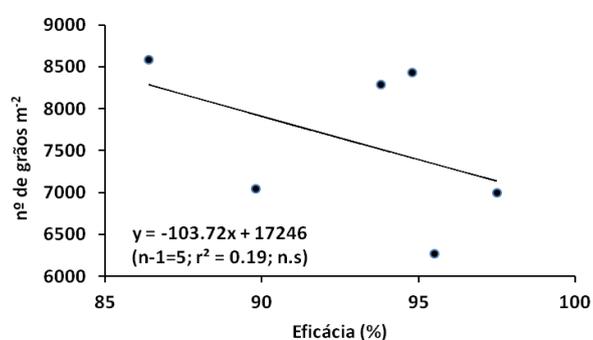


**FIGURA 13** - Relação entre o número de grãos por unidade de área e a produção de grão por unidade de área para a média dos tratamentos (doses e épocas)

Tal como se verificou no ensaio Hussar Eficácia, a correlação entre a eficácia do herbicida e o peso médio do grão é negativa, mas não significativa (FIGURA 14) mas, contrariamente ao obtido no referido ensaio, no qual a eficácia esteve altamente correlacionada com o número de grãos por unidade de área, neste ensaio essa correlação é negativa, mas não significativa (FIGURA 15).



**FIGURA 14** - Relação entre a eficácia do herbicida e o peso médio do grão para a média dos tratamentos (doses e épocas)



**FIGURA 15** - Relação entre a eficácia do herbicida e o número de grãos por unidade de área para a média dos tratamentos (doses e épocas)

Tal como se verificou no ensaio Hussar Eficácia, a uma maior eficácia do herbicida Hussar Plus no controlo das infestantes dicotiledóneas para todas as doses com a antecipação da aplicação para uma fase mais precoce do desenvolvimento das infestantes (3 a 4 pares de folhas) não correspondeu um aumento na produtividade da cultura, havendo sim um decréscimo dessa produtividade, embora neste caso, não significativa (QUADRO 11 e QUADRO 12). Neste ensaio, constata-se que na 1ª época de aplicação o tratamento D0 (testemunha) produziu mais que qualquer dose de herbicida aplicada, embora não significativamente, tendo-se verificado o inverso na 2ª época e, nesta época, tal como no ensaio Hussar Eficácia, foi a dose menor de herbicida (D1-100 ml ha<sup>-1</sup>) a que menor eficácia obteve, mas a que mais grão produziu. Também neste ensaio, a correlação entre a produção de grão e os diferentes

tratamentos (doses e épocas) foi negativa, mas contrariamente ao ensaio Hussar Eficácia, não foi significativa.

Uma menor produção de grão para todas as doses de herbicida na 1ª época de aplicação, quando a eficácia foi superior para todas elas relativamente à época mais tardia (2ª época), o fato de na 1ª época o tratamento D0 (testemunha) ter produzido mais que qualquer uma das doses de herbicida aplicadas e, mesmo na época de aplicação mais tardia ter sido a dose menor de herbicida a obter a maior produção de grão apesar da sua menor eficácia no controlo das infestantes, são resultados que levam a crer, à semelhança do herbicida Hussar, que também o Hussar Plus tenha causado toxicidade na cultura da cevada dística, principalmente quando aplicado numa fase mais sensível do seu desenvolvimento.

Não tendo sido até agora o mesossulfurão-metilo, uma substância aplicada na cultura da cevada dística, não há por isso, quaisquer relatos sobre a seletividade desta substância na cultura. Deste modo, apenas se poderá sugerir que a fitotoxicidade causada na cultura por este herbicida tenha advindo do iodossulfurão, o que continua a estar de acordo com os resultados obtidos por Vargas e Roman (2005) e Barros (2010).

#### **4. 2. 2. Ensaio Hussar Plus Seletividade**

##### **4. 2. 2. 1. Produção de grão**

Contrariamente ao verificado no ensaio Hussar Plus Eficácia (QUADRO 12), no ensaio Hussar Plus Seletividade, verificou-se uma interação significativa doses x épocas (QUADRO 14), mantendo-se a tendência de uma maior produção de grão na cultura para todas as doses de herbicida com o atraso na época de aplicação. De salientar que na 1ª época de aplicação o tratamento D0 (testemunha) produziu mais que qualquer um dos outros tratamentos, enquanto na época mais tardia, este tratamento produziu menos grão que qualquer um dos outros, mas não significativamente, o que confirma ter havido fitotoxicidade do herbicida, apenas quando foi aplicado numa fase mais precoce do desenvolvimento da cultura (início do afilhamento). De constatar também,

que para a média das doses, a 2ª época produziu significativamente mais grão que a 1ª época.

**QUADRO 14** - Produção de grão ( $\text{g m}^{-2}$ ) dos diferentes tratamentos no ensaio Hussar Plus Seletividade.

<b>Doses</b> <b>Épocas</b>	<b>D0</b>	<b>D1</b>	<b>D2</b>	<b>D3</b>	<b>Média</b>
<b>1</b>	312.9 ab	259.6 bc	194.2 c	251.9 bc	254.6 <b>B</b>
<b>2</b>	321.0 ab	323.6 ab	355.6 a	322.4 ab	330.6 <b>A</b>
<b>Média</b>	316.9	291.6	274.9	287.1	

*Épocas* - Os valores seguidos pela mesma letra ou letras não são significativamente diferentes para um nível de 5 %

*Doses* – não significativo

*Doses x Épocas* - Os valores seguidos pela mesma letra ou letras não são significativamente diferentes para um nível de 5 %

#### **4. 2. 2. 2. Matéria seca total, índice de colheita e componentes da produção**

Dos parâmetros estudados e representados no QUADRO 15, output ANEXO V, a matéria seca total por unidade de área, bem como os componentes da produção (número de grãos por unidade de área e peso médio do grão) apresentaram diferenças significativas, havendo um acréscimo nos seus valores para todas as doses de herbicida, com o atraso da aplicação (2ª época).

**QUADRO 15** - Efeito dos diferentes tratamentos na produção de matéria seca total, no índice de colheita e nos componentes da produção, no ensaio Hussar Plus Seletividade.

Parâmetros Trat.	M.S total (g m <sup>-2</sup> )	Índice de Colheita	Peso médio do grão (mg)	Nº grãos m <sup>-2</sup>	Nº de espigas m <sup>-2</sup>	Nº de grãos/ espiga
E1D0	663.7 a	0.473	31.8 bc	9964 ab	527	19
E1D1	532.3 ac	0.495	32.8 ab	7794 bc	434	20
E1D2	385.5 c	0.502	31.0 bc	6359 c	344	18
E1D3	483.6 bc	0.520	30.0 c	8389 ac	354	24
<b>Média</b>	<b>516.2 B</b>	<b>0.497</b>	<b>31.5 B</b>	<b>8126</b>	<b>414</b>	<b>20</b>
E2D0	618.1 ab	0.517	34.8 a	9188 ab	482	20
E2D1	658.8 a	0.495	33.1 ab	9909 ab	498	20
E2D2	668.3 a	0.530	34.6 a	10295 a	500	21
E2D3	638.9 a	0.507	33.4 ab	9685 ab	468	21
<b>Média</b>	<b>646.0 A</b>	<b>0.512</b>	<b>33.9 A</b>	<b>9769</b>	<b>487</b>	<b>21</b>

**Matéria seca total:** épocas- Os valores seguidos pela mesma letra ou letras não são significativamente diferentes para um nível de 10 %

**Matéria seca total:** doses x épocas- Os valores seguidos pela mesma letra ou letras não são significativamente diferentes para um nível de 5%

**Peso médio do grão:** épocas- Os valores seguidos pela mesma letra ou letras não são significativamente diferentes para um nível de 5%

**Peso médio do grão:** Os valores seguidos pela mesma letra ou letras não são significativamente diferentes para um nível de 10 %

**Número de grãos m<sup>-2</sup>:** doses x épocas - Os valores seguidos pela mesma letra ou letras não são significativamente diferentes para um nível de 5%

Parece claro, que o ensaio Hussar Plus Seletividade confirma os resultados obtidos no ensaio Hussar Plus Eficácia, ou seja, que aplicação em pós-emergência deste herbicida numa fase mais precoce do desenvolvimento das infestantes, mas também da própria cultura e portanto quando ambas se encontram mais sensíveis ao herbicida, conduz a uma maior eficácia no controlo dessas infestantes, mas poderá causar fitotoxicidade na própria cultura, conduzindo, apesar da maior eficácia, a uma redução dos componentes da produção e consequentemente da produção de grão por unidade de área da cevada dística.

## CONCLUSÕES

No ano agrícola em que decorreram os dois ensaios (2012/2013) apenas foi possível estudar o efeito dos dois herbicidas de pós-emergência (Hussar e Hussar Plus) em infestantes dicotiledóneas, não obstante estes herbicidas estarem indicados para controlar também algumas infestantes monocotiledóneas como por exemplo o *Lolium rigidum* G. (erva-febra) e a *Avena sterilis* L. (balanco-maior) em trigo e cevada.

Relativamente ao estudo do herbicida Hussar (iodossulfurão-metilo-sódio), verificou-se que para todas as doses aplicadas, a eficácia foi significativamente maior quando a aplicação se efetuou numa fase mais precoce do desenvolvimento das infestantes (3 a 4 pares de folhas) a que correspondeu o início do afilhamento na cultura da cevada dística, relativamente à fase mais tardia (6 a 7 pares de folhas das infestantes e afilhamento completo da cultura). No entanto, uma maior eficácia no controlo das infestantes não correspondeu, como seria de esperar, a uma maior produção de grão na cultura, mas contrariamente verificou-se uma redução significativa da mesma, para todas as doses de herbicida aplicadas e inclusive, foi a dose inferior de herbicida (D1-100 g ha<sup>-1</sup>) na época mais tardia (2ª época) que obtendo uma menor e significativa eficácia no controlo das infestantes, atingindo a cultura uma maior produção de grão por unidade de área, embora não significativamente em relação às doses mais altas (D2 – 150 g ha<sup>-1</sup> e D3 – 200 g ha<sup>-1</sup>). Verificou-se também, que na época de aplicação mais precoce (1ª época) a cultura com o tratamento D0 (testemunha) obteve uma produção de grão não significativamente diferente de todos os outros tratamentos, o que sugere ter havido alguma fitotoxicidade provocada pelo herbicida na cultura, nesta fase de maior sensibilidade da mesma, a este produto químico. Os resultados obtidos no ensaio onde se estudou a seletividade do herbicida Hussar estão em consonância com os obtidos no ensaio de eficácia, ou seja, constatou-se que o atraso da aplicação deste herbicida para uma época mais tardia conduziu a um acréscimo da produção de grão por unidade de área, em todas as doses de herbicida aplicadas na cultura, o tratamento D1 (100 g ha<sup>-1</sup>) na 2ª época de aplicação de herbicida foi onde a cultura obteve uma maior, embora não significativa produção,

relativamente aos outros tratamentos aplicados na cultura. Também neste ensaio a cultura obteve uma maior, embora não significativa, produção de grão por unidade de área, com o tratamento D0 (testemunha) relativamente a todos os outros tratamentos aplicados na cultura, quando a aplicação se efetuou na 1ª época.

Os resultados obtidos nos dois ensaios (eficácia e seletividade) não só estão de acordo com Vargas e Roman (2005), os quais referem uma grande sensibilidade da cevada dística ao iodossulfurão, como confirmam os resultados obtidos por Barros (2010), o qual verificou que a aplicação do herbicida Hussar numa fase precoce (início do afilhamento) poderá causar fitotoxicidade na cultura da cevada dística, levando à redução da produção de grão por unidade de área, não obstante a maior eficácia no controlo das infestantes.

Deste modo, e tendo em conta não só os resultados obtidos neste ano agrícola de 2012/2013, mas também os obtidos por Barros (2010) no ano agrícola de 2009/2010, é pertinente e importante deixar algumas recomendações ao público-alvo (Agricultores e Técnicos Agrícolas). Assim, poder-se-á afirmar que nas condições em que se realizaram estes ensaios, o herbicida Hussar [(iodossulfurão-metilo-sódio (5%)+mefenepir-dietilo (15%)] é bastante eficaz no controlo de infestantes dicotiledóneas em pós-emergência da cultura da cevada dística. No entanto, mesmo que o agricultor opte por instalar a cultura utilizando a técnica da sementeira direta, o que permitirá controlar as infestantes numa fase mais precoce do seu desenvolvimento e conseguindo por isso uma maior eficácia no seu controlo, deverá optar por controlar essas infestantes numa fase mais tardia do seu desenvolvimento (6 a 7 pares de folhas) e da própria cultura (final do afilhamento) pois, o iodossulfurão-metilo-sódio poderá causar fitotoxicidade na cevada dística quando aplicado numa fase precoce do seu desenvolvimento (início do afilhamento) conduzindo à redução da produção de grão, não obstante a sua maior eficácia no controlo das infestantes. Quando a flora infestante for constituída apenas por dicotiledóneas (folha larga), parece que a dose de herbicida inferior às recomendadas ( $D1-100 \text{ g ha}^{-1}$ ) será suficiente para se obter uma produtividade satisfatória. No entanto, esta dose de aplicação (D1) dada a sua baixa eficácia, terá o inconveniente de muitas infestantes sobreviverem e poderem reproduzir-se e desse modo, favorecer o banco de sementes

com consequência de maiores infestações futuras, pelo que a dose intermédia (D2 – 150 g ha<sup>-1</sup>) poderá ser uma boa opção.

Os resultados obtidos nos ensaios de eficácia e de seletividade com o herbicida Hussar Plus [(iodossulfurão-metilo-sódio (50 g L<sup>-1</sup>) + mesossulfurão-metilo (7,5 g L<sup>-1</sup>)+ mefenepir-dietilo (250 g L<sup>-1</sup>)] são muito semelhantes aos obtidos nos ensaios com o herbicida Hussar, ou seja, a uma maior eficácia no controlo das infestantes com a antecipação da aplicação para uma fase mais precoce do desenvolvimento das infestantes (3 a 4 pares de folhas) e da própria cultura (início do afilamento) correspondeu uma redução na produção de grão da cultura para todas as doses de herbicida aplicadas, sendo no ensaio de seletividade a interação doses x épocas, significativa. Parece assim claro, que também o herbicida Hussar Plus causou fitotoxicidade na cultura da cevada dística quando aplicado numa fase precoce do seu desenvolvimento. No entanto, verificou-se para este herbicida, que a dose mais reduzida (D1-100 ml ha<sup>-1</sup>) obteve uma maior eficácia do que a dose mais reduzida do Hussar (D1-100 g ha<sup>-1</sup>) quando aplicada na época mais tardia. Sendo na dose D1, nesta época, onde a cultura atingiu uma maior embora não significativa produção de grão e obteve no ensaio de eficácia uma produção de grão não significativamente diferente relativamente às doses recomendadas (D1-150 ml ha<sup>-1</sup> e D2 – 200 ml ha<sup>-1</sup>), no ensaio de seletividade. Apesar de não ter sido encontrado qualquer relato no que concerne ao efeito do mesossulfurão-metilo na cultura da cevada dística, parece-nos que a fitotoxicidade do herbicida Hussar Plus provirá da substância ativa iodossulfurão – metilo – sódio.

Pelo fato de apenas se ter realizado um ano de ensaios com este herbicida (2012/2013) não seria muito credível fazerem-se recomendações relativamente ao mesmo, tal como foi feito relativamente ao herbicida Hussar. Assim, será necessário continuar a investigar-se a aplicação do herbicida Hussar Plus na cultura da cevada dística, pelo menos durante mais um ano.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABIT, M.J.M., AL-KHATIB, K., REGEHR, D.L., TUINSTRA, M.R., (2009) - Differential response of grain sorghum hybrids to foliar applied mesotrione. *Weed Technology*, Vol. 23, No.1, p.28-33.

ALMEIDA, M.R., (2010) - Controlo de infestantes monocotiledóneas com diferentes doses de herbicidas em pós-emergência de trigo mole (*triticum aestivum* L.) de sementeira directa. Dissertação de Mestrado. Universidade de Évora.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE CEVADA DÍSTICA (2013) - Sector Cervejeiro Absorve toda a Cevada Dística produzida em Portugal. *Voz do campo*, p.28-29.

BAGHESTANI, M.A., ZAND, E., SOUFIZADEH, S., BAGHERIN, N., DEIHIMFARD, R., (2007) - Weed control and wheat (*Triticum aestivum*L.) yield under application of 2,4 – D plus carfentrazoneethyl and florasulam plus flumetsulam: evaluation of the efficacy. *Crop Protection*, Vol.26, No.12, p.1759-1764.

BASTIAANS, L. KROPFF, M.J., GOUDRIAAN, J., VAN LAAR, H.H., (2000) - Herbicide poses new challenges and prerequisites for modeling crop-weed interactions. *Field Crops Research* Vol.67, p.161-179.

BARROS, J.F.C, (2000) – Factores limitante à produtividade do Girassol em condições de sequeiro e efeitos de diferentes aspectos da técnica cultural. Dissertação de Doutoramento. Universidade de Évora, p.82-90.

BARROS, J.F.C., BASCH, G., CARVALHO, M., (2005) - Effect of reduced doses of a post-emergence graminicide mixture to control *Lolium rigidum* G. in winter wheat under direct drilling in Mediterranean environment. *Crop Protection*, Vol.24, No.10, p.880-887.

BARROS, J.F.C., BASCH, G., CARVALHO, M., (2007) - Effect of reduced doses of a post-emergence herbicide to control grass and broadleaf weeds in no-till wheat under Mediterranean conditions. *Crop Protection*, Vol.26, No.10, p.1538-1545.

BARROS, J.F.C., BASCH, G., CARVALHO, M., (2008) - Effect of reduced doses of a post-emergence graminicide to control *Avena sterilis* L. and *Lolium rigidum* G. in no-till wheat under Mediterranean environment. *Crop Protection* Vol.27, No.6, p.1031–1037.

BARROS, J. F. C., BASCH, G., FREIXIAL, R., CARVALHO, M., (2009) - Effect of reduced doses of mesosulfuron + iodosulfuron to control weeds in no-till wheat under Mediterranean conditions. *Spanish Journal of Agricultural Research*, Vol.7, No.4, p. 905-912.

BARROS, J.C., (2010) - Controlo de infestantes em pós-emergência na cultura da cevada em sementeira direta. Ensaios: Dopler x Sekator & Hussar. Relatório Científico, Bayer CropScience.

BARRADAS, M., (1969) - Notas sobre algumas experiências de indução artificial de mutação com vista ao melhoramento da cevada para malte. An. Estac. Exp. Aula Dei 9 (2/4) p.154-173

BASCH, G., CARVALHO, M., MARQUES, F., (1997) - Economical considerations on no-tillage crop production in Portugal. In: Tebrügge, F. and Böhrnsen, A. (eds) Proceedings of the EC-Workshop IV: Experience With the Applicability of No-Tillage Crop Production in the West-European Countries. Boigneville, Wissenschaftlicher Fachverlag Giessen, Germany, p. 17–24.

BASCH, G., CARVALHO, M., (1998) - Effect of soil tillage on runoff and erosion under dryland and irrigated conditions on Mediterranean soils. Geoökodynamik Vol.XIX, No.3–4, p.257–268.

BASCH, G., CALADO, J., BARROS, J., CARVALHO, M., (2012) - Impact of soil tillage and land use on soil organic carbon decline under Mediterranean conditions. In: ISTRO (ed.) Proceedings of the 19th ISTRO Conference, Montevideo, Uruguay, de [http://iworx5.webxtra.net/~istroorg/p\\_publications\\_frame.htm](http://iworx5.webxtra.net/~istroorg/p_publications_frame.htm) (acesso em 15 de Agosto de 2014).

BELLES, D.S., THILL, D.C., SHAFI, B., (2000) - PP-604 rate and Avena fatua density effects on seed production and viability in Hordeum vulgare. Weed Science, Vol.48, No.3, p.378-384.

BEYER, JR., E., DUFFY, M., HAY, J., SCHLUETER, D., (1988) - Sulfonylureas. In: Kearney, P.C. & Kaufman, D. D (Eds.), Herbicides chemistry, degradation and mode of action. New York, EUA: Marcel Dekker, p.117-189.

BOSTRÖM, U., (1999) – Type and time of autumn tillage and without herbicides at reduced rates in southern Sweden I. Yields and weed quantity. Soil & Tillage Research, Vol.50, p.271-281.

BOSTRÖM, U., FOGELFORS, H., (2002) - Response of weeds and crop yield to herbicide dose decision-support guidelines. Weed Science, Vol.50, No.2, p.186-185.

BOUTSALIS, P., KAROTAM, J., POWLES, S., (1999) - Molecular basis of resistance to acetolactate synthase-inhibiting herbicides. In *Sisymbrium orientale* and *Brassica tournefortii*. Pest. Sci., Vol. 55, No. 5, p.507-516.

CALADO, J., (2005) – Estratégias para o Controlo de Infestantes em Sistemas de Baixo Custo nos Cereais e Outono-Inverno – O caso do Trigo Mole (*Triticum aestivum* L.) Dissertação de Doutoramento. Universidade de Évora, p.334.

CALHA, L. M., MOREIRA I., ROCHA F., (2007) - Resistências cruzadas em biótipos de alisma plantago-aquatica resistentes ao Bensulfurão-Metilo e suas consequências. Revista de ciências Agrárias, p.174-193.

CARTER, A. H., HANSEN, J., KOEHLER, T., THILL, D. C., ZEMETRA, R. S., (2007) - The effect of imazamox application timing and rate on imazamox resistant wheat cultivars in the Pacific Northwest. Weed Technology, Vol.21, No.4, p.895-899.

CARVALHO, M., AZEVEDO, A.L., BASCH, G., (1991) – Definição de algumas características orientadoras na selecção de variedades de trigo (T. aestivum) para elevadas produções no Alentejo. I – Componentes de Produção. Melhoramento, Vol.31, p. 90-101.

CARVALHO, M., (2003) - Contribuição da sementeira directa para o aumento da sustentabilidade dos sistemas de culturas arvenses. In: Barros, V.C. and Ramos, J.B. (eds) Agricultura Sustentável: Ciclo de Seminários. INIAP-EAN, Oeiras, Portugal, p.59–73.

CATÁLOGO CEREAIS LUSOSEM, (2013). De [http://www.lusosem.pt/mediaRep/lusosem/files/Cereais/Publican\\_2013.pdf](http://www.lusosem.pt/mediaRep/lusosem/files/Cereais/Publican_2013.pdf). (Acesso em 20 de Outubro de 2013).

CENTRO OPERATIVO E DE TECNOLOGIA DE REGADIO (2013). De <http://www.cotr.pt/cotr/sagra.asp> (Acesso em 13 de Abril de 2013).

COETZER E., AL-KHATIB K., LOUGHIN T. M., (2001) - Glufosinate efficacy, absorption and translocation in amaranth as affected by relative humidity and temperature. Weed Science, Vol.49, No.1, p.8-13.

COUPLAND, D., (1987) - Influence of environmental factors on the performance of sethoxydim against Elymus repens (L.) - Weed Research, Vol.27, No.5, p.329-336.

CHRISTOFFOLETI, P.J., GALLI A.J., CARVALHO S.J., MOREIRA M.S., NICOLAI M., FOLONI L.L., MARTINS B.A., RIBEIRO D.N., (2008) - Glyphosate sustainability in South American cropping systems. Pest Management Science, Vol.64, No.4, p.422-427.

DUKE, S.O., (2012) - Why have no new herbicide modes of action appeared in recent years? Pest Management Science, Vol.68, p.505–512.

DURNER, J., GAILUS, V., BÖGER, P., (1991) - New aspects on inhibition of plant acetolactate synthase depend on flavin adenine dinucleotide. Plant Physiology, Vol.95, p.1144-1149.

FAUSEY, J.C., RENNER, K.A., (2001) - Environmental effects on CGA-248757 and flumiclorac efficacy and soybean tolerance. Weed Science, Vol.49, No.5, p.668-674.

FELIX, J., DOOHAN, D.J., BRUINS, D. (2007) - Differential vegetable crop responses to mesotrione soil residues a year after application. *Crop Protection*, Vol.26, No.9, p.1395-140.

FERNANDEZ-QUINTANILLA, C., BARROSO, J., RECASENS, J., SANS, X., TORNER, C., SÁNCHEZ DEL ARCO, M.J. (1998) - Demography of *Lolium rigidum* in winter barley crops: analysis of recruitment, survival and reproduction. *Weed Research*, Vol.40, p.281-291.

FISCHER, R.A., (2001) – Selection traits for improving yield potencial. In: Application of physiology in wheat breeding. Reynold, M.P., Ortiz-Monasterio, J.I., McNab, A., (eds.) México, CIMMYT, p.148-159.

FORLANI N, MARTEGANI, E., ALBERGHINA, L., (1991) - Posttranscriptional regulation of the expression of MET2 gene of *Saccharomyces cerevisiae*. *Biochimica et Biophysica Acta* Vol.1089 No.1, p.47-53.

FREDERICKSON, D.R., SHEA, P.J., (1986) - Effect of soil pH on degradation, movement, and plant uptake of chlorsulfuron. *Weed Science*, Vol.34, p.328-332.

GRESSEL, J., (2002) - Molecular biology of weed control. New York. Taylor & Francis, p.504.

GRIME, J.P. (1986) - Plant Strategies and Vegetation Processes. John Wiley and Sons, Chichester, England.

GWYNNE, D.C., MURRAY, R.B., (1985) - Weed Biology and Control in Agriculture and Horticulture. Batsford Academic and Educational. London.

HAMIL, A.S., WEAVER, S.E., SIKKEMA, P.H., SWANTON, C.J., TARDIF, F.J. E FERGUNSON, M. (2004) – Benefits and risks of economics vs. efficacious approaches to weed management in corn and soybean. *Weed Technology*, Vol.18, p.723-732.

HEAP, I. (2006) - International Survey of Herbicide Resistant Weeds. De <http://www.weedscience.com> (acesso em 23 de Setembro de 2014).

HINZ, J.R.R., OWEN, M.D.K., (1997) - A cetolactate synthase resistance in a common waterhemp (*Amaranthus rudis*) population. *Weed Technology*, Vol.11, p.13-18.

HULL R., MARSHALL R., TATNELL L., MOSS S.R., (2008) - Herbicide-resistance to mesosulfuron+iodosulfuron in *Alopecurus myosuroides* (Black-Grass). *Communications in Agricultural and Applied Biological Sciences*, University of Gent, Vol.73, No.4.

IQBAL, J. AND D. WRIGHT. (1999) - Effects of weed competition on flag leaf photosynthesis and grain yield of spring wheat. *Journal of Agricultural Science*, Vol.132, p.23-30

INSTITUTO PORTUGUÊS DE METEOROLOGIA (2013). De <https://www.meteo.pt/pt/oclima/normais.clima/> (acesso em 13 de Abril de 2013)

INSTITUTO NACIONAL DE ESTATÍSTICAS, (2013) - Estatísticas Agrícolas - 2013. Estatísticas oficiais. De [http://www.ine.pt/xportal/xmain?xpid=INE&xpgid=ine\\_main](http://www.ine.pt/xportal/xmain?xpid=INE&xpgid=ine_main) (Acesso em 20 de Dezembro de 2013).

JIN, Z.L., ZHANG, F., AHMED, Z.I., RASHEED, M., NAEEM, M.S., YE, Q.F., ZHOU, W.J., (2010) -Differential morphological and physiological responses of two oilseed Brassicaspecies to a new herbicide ZJ0273 used in rapeseed fields. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, Vol.98, No.1, p.1-8.

JOHNSON B.C., YOUNG B.G., (2002) - Influence of temperature and relative humidity on the foliar activity of mesotrione. *Weed Science*, Vol.50, No.2, p.157-161.

JORDAN D.L., BURNS A.B., BARNES C.J., BARNETT W., HERRICK J.K., (1997) - Influence of adjuvants and formulation on barn-yardgrass (*Echinochloa crus-galli*) control with propanil in rice (*Oryza sativa*) - *Weed Technology*, Vol.11, p.762-766.

JOSHI, M.M., BROWN, H.M. & ROMESSER, J.A., (1985) - Degradation of Chlorsulfuron by soil microorganisms. *Weed Science*, Vol.33, p.888-893.

KERLEN D., BRINK A., (2006) OD – Die neue innovative, Formulierung technologie für Sulfonylharnstoffe, dargestellt am Beispiel von ATLANTISR OD. *J. Plant Diseases Protect*, Sonderheft XX, p.1033-1037.

KIELOCH R., DOMARADZKI K., (2009) - The effectiveness of two formulations of the mixture iodosulfuron methyl sodium + metsulfuron methyl in *Apera spica-venti* L. and *Alopecurus myosuroides* Huds. control depending on air temperature and humidity. *AFPP Annales*, p.387-392.

KIELOCH, R., KUCHARSKY, M., (2012 a) - Weed species response to two formulations of iodosulfuron methyl sodium and amidosulfuron mixture applied at various environmental conditions. *Polish Journal of Agronomy*. Vol.8, p.15-19.

KIELOCH, R AND KUCHARSKI, M., (2012 b) – Weed species response to iodosulfuron methyl sodium and amidosulfuron mixture *Progr. Plant Protect./Post. Ochr. Rośl.*, Vol.46, No.2, p.98-101.

KIELY, T., DONALDSON, D., GRUBE, A., (2004) - Pesticides Industry Sales and Usage: 2000 and 2001 Market Estimates. EPA's Biological and Economic Analysis Division,

Office of Pesticide Programs, and Office of Prevention, Pesticides, and Toxic Substances. De <http://www.epa.gov/pesticides> (Acesso em 03 de Maio de 2013).

KONG, L., SI, J., FENG, B., LI, S., WANG, F., SAYRE, K., (2009) - Differential responses of two types of winter wheat (*Triticum aestivum* L.) to autumn- and spring-applied mesosulfuron-methyl. *Crop Protection*, Vol.28, No.5, p.387-392

KUDSK P., KRISTENSEN J.L., (1992) - Effect of environmental factors on herbicide performance. *Proceedings of the First International Weed Control Congress*, 17-21 February 1992, Melbourne, Australia, p.173-185.

KUDSK P., (2001) - How to investigate the influence of environmental factors on herbicide performance. *Brighton Crop Protection Council Conference – Weeds*, 12-15 November 2001, Brighton, UK, Vol.2, p.945-504.

MALTIBERICA, (2009) - MANUAL DE BOAS PRÁTICAS AGRÍCOLAS cultura de cevada dística para malte. De [http://www.agrogestao.com/ficheiros/Maltiberica\\_Manual\\_Boas\\_Praticas\\_Agricolas\\_web.pdf](http://www.agrogestao.com/ficheiros/Maltiberica_Manual_Boas_Praticas_Agricolas_web.pdf) (Acesso em 04 de Junho de 2013).

MÁRQUEZ, F., GIRÁLDEZ, J.V., REPULLO, M., ORDÓÑEZ, R., ESPEJO, A.J., RODRÍGUEZ, A. (2008) - Eficiencia de las cubiertas vegetales como método de conservación de suelo y agua en olivar. In: Instituto Geológico y Minero de España (eds) *Simposio del Agua en Andalucía*. IGME, Madrid, Spain, p.631–641.

MARQUES, F., (2009) - Avaliação técnica e económica de sistemas de mobilização do solo. *Dissertação de Doutoramento*. Universidade de Évora, p.309.

MARSHALL, R., HANLEY, S. J., HULL, R., MOSS S. R., (2012) - The presence of two different target-site resistance mechanisms in individual plants of *Alopecurus myosuroides* Huds., identified using a quick molecular test for the characterization of six ALS and seven ACCase SNPs, *Pest Management Science* 2013, Vol.69, p.727-737.

MATTESON, P.C., (1995) - The 50% pesticide cuts in Europe: a glimpse of our future? *Am. Entomol*, Vol.41, p.210-220.

MOSS S.R., (2005) - Herbicide resistance, integrated weed management and Atlantis use in the UK. *Pflanzenschutz-Nachrichten Bayer*, Vol.58, No.2, p.271-282.

MOSS S.R., HULL R., MARSHAL, R., (2009) - Control of *Alopecurus myosuroides* (black-grass) resistant to mesosulfuron+iodosulfuron. *Communications in Agricultural and Applied Biological Sciences*, University of Gent p.74.

MU, J., LI, P., DE-PING, L., (2007) - Studies on herbicide application by stage to control barnyard grass in paddy field of cold region. *Beifang Shuidao*, Vol.6, p.40-42.

NAVARRETE, L., SÁNCHEZ DEL ARCO, M.J., GONZÁLEZ PONCE, R., TABERNER, A., TIEVAS, M.A., (2000) - Curvas de dosis respuesta para avena loca Y vallico en cultivos de cebada de invierno. In: Reunión Anual del Grupo de Trabajo Malas Hierbas y Herbicidas, 19., 2000, Oviedo. Actas. Oviedo: Consejería de Agricultura y Pesca del Principado de Asturias, p.50-53.

NORDBLOM, T.L., JONES, R.L., MEDD, R.W., (2003) - Economics of factor adjusted herbicide doses: a simulation analysis of best efficacy targeting strategies (BETS). *Agricultural Systems*, Vol.76, No.3, p.863–882.

PARADOWSKI A., JAKUBIAK S., (2006) - Weed control efficacy of Atlantis OD applied as a mixture with other herbicides in winter wheat. *Progr. Plant Protect./Post. Ochr. Rośl.*, Vol.46, No.2, p.196-199.

PETERSEN J., HURLE K., (2001) - Influence of climatic conditions and plant physiology on glufosinate-ammonium efficacy. *Weed Research*, Vol.41, No.1, p. 31-39.

POWELS, S., PRESTON, BRYAN, A. JUTSUM, R., (1997) - Herbicide resistance: Impact and management. *Advances in Agronomy*, Vol.58, p.57-93.

RYAN, G.F., (1970) - Resistance of common groundsel to simazine and atrazine. *Weed Science*, Vol.18, p.614-616.

QASEM, J.R., (1992) - Suggested strategy for weed control. The First Arab Symposium for Weed Control in Orchards and Vegetable Fields. Federation of the Arab Scientific Research Councils. 11-13 October, 1992. Amman- Jordan.

QASEM, J.R., (2011) - Herbicides Applications: Problems and Considerations, *Herbicides and Environment*, Dr. ortekamp (Ed.), ISBN: 978-953-307-476-4, de <http://www.intechopen.com/books/herbicides-and-environment/herbicides-applications-problems-andconsiderations>. (Acesso em 20 de Março de 2013).

RIETHMULLER-HAAGE I., BASTIAANS L., KEMPENAAR C., SMUTNY V., KROPFF M.J., (2007) - Are pre-spraying growing conditions a major determinant of herbicide efficacy? *Weed Research*, Vol.47, No.5, p.415-424.

ROSS, M.A., LEMBI, C.A. (1999) - *Applied Weed Science*. 2nd Edition. Prentice-Hall Inc. New Jersey 07458.

SAARI, L.L., COTTERMAN, J.C., THILL, D.C., (1994) - Resistance to acetolactate synthase inhibiting herbicides. In S. B. Powles and J. A. M. Holtum, eds. *Herbicide Resistance in Plants: Biology and Biochemistry*. Boca Raton, FL: Lewis Publishers, p.83-140.

SAYD, R.M., (2011) - Estimação de parâmetros genéticos de características malteiras de cevada (*Hordeum Vulgare* L.) irrigada no Cerrado. Brasília: Universidade de Brasília, Faculdade de Agronomia e Medicina veterinária.

SCHLOSS, J.V., (1990) - Acetolactate synthase, mechanism of action and its herbicide binding site. *Pest. Sci.*, Vol.29, p.283-292.

SCHNOOR, J.L., (1992) - Fate of Pesticides and Chemicals in the Environment. John Wiley- Interscience, New York.

SINGH, H.P., BATISH, D.R., KOHLI, R.K., (eds.) - (2006) - Weed Management Handbook. The Haworth Press, USA. P.892.

SOANE, B.D., BALL, B.C., ARVIDSSON, J., BASCH, G., MORENO, F. , ROGER-ESTRADE, J., (2012) - No-till in northern western and south-western Europe: a review of problems and opportunities for crop production and the environment. *Soil and Tillage Research*, Vol.118, p.66–87.

SPANDL, E.B., DURGAN R., MILLER D.W., (1997) - Wild oat (*Avena fatua*) control in spring wheat (*Triticum aestivum*) and barley (*Hordeum vulgare*) with reduced rates of postemergence herbicides. *Weed Technology*, Vol.11, p.591-597.

STREIT B., RIEGER S.B., STAMP P., RICHNER W., (2002) - The effect of tillage intensity and time of herbicide application on weed communities and populations in maize in central Europe. *Agriculture Ecosystem Environment*, Vol.92, p.211-224.

THILL, D.C., (1994) - Sulfonylureas and triazolo pyrimidines. In: Purdue University, (Ed.), *Herbicide Action Course*. West Lafayette, EUA, Purdue University, p.317-343.

TRANEL, P.J., WRIGHT, T.R., (2002) - Resistance of weeds to ALS-inhibiting herbicides: what have we learned? *Weed Science*, Vol.50, p.700–712.

TUESCA D., PURICELLI E., PAPA J.C., (2001) - A long-term study of weed flora shifts in different tillage systems. *Weed Research*, Vol.41, p.369-382.

VARGAS, L., ROMAN, E.S., (2005) - Selectividade e eficiência de herbicidas em cereais de Inverno. *Revista Brasileira de Herberbicidas*, Vol.3, p.1-10.

VENCILL, W.K., NICHOLS, R.L., WEBSTER, T.M., SOTERES, J.K., MALLORAY-SMITH, C., BURGOS, N.R., JOHNSON, W.G., MCCLELLAND, M.R., (2012) - Herbicide Resistance: Toward an Understanding of Resistance Development and the Impact of Herbicide-Resistant Crops. *Weed Science*, Vol. 60, p.2-30.

WALKER, S.R., MEDD, R.W., ROBINSON, G.R., CULLIS, B.R. (2002) – Improved management of *Avena Ludoviciana* and *Phalaris paradoxa* with more densely sown wheat and less herbicide. *Weed Research*, Vol.42, p.257-270.

WANG, C.J. & LIU, Z.Q. (2007) - Foliar uptake of pesticides—Present status and future challenge. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, Vol.87, No.1, p.1-8.

WALLINGA, J., (1998) – Analysis of the rational long-term herbicide use: Evidence for herbicide efficacy and critical weed kill rate as key factors. In: Elsevier science, *Agricultural Systems*, Vol. 56, No.3, p.323-340.

WRUCKE M.A., ARNOLD W.E., (1985) - Weed species distribution as influenced by tillage and herbicides. *Weed Science*, Vol.33, p.853-856.

YENISH J.P., DOLL J.D., BUHLER D.D., (1992) - Effects of tillage on vertical distribution and viability of weed seed in soil. *Weed Science*, Vol.40, p.429-433.

ZADOKS, J.C., CHANG, T.T., KONZAK, C.F., (1974) - A decimal code for the growth stages of cereals. *Weed Research*, Vol.14, No.6, p.415-421.

ZAND, E., MOHAMMAD, A.B., SAEID, S., REZA, P.A., MOZHGAN, V., NASER, B., ALIREZA, B., MOHAMMAD, M.K., NOOSHIN, N., (2007) - Broadleaved weed control in winter wheat (*Triticum aestivum* L.) with post-emergence herbicides in Iran. *Crop Protection*, Vol.26, No.5, p.746-752.

ZHANG, J., WEAVER, S.E., HAMILL, A.S. (2000) - Risks and reliability of using herbicides at below- labeled doses. *Weed Technology*, Vol.14, No.1, p.106-115.

ZIMDAHL, R. (1980) - Weed Crop Competition, a Review. International Plant Protection Center. Oregon State University. Corvallis.

## ANEXOS

### ANEXO I

Valores dos quadrados médios, probabilidade, erro e coeficiente de variação dos parâmetros da eficácia dos herbicidas Hussar e Hussar Plus:

	Origem da variação					Coeficiente de Variação (%)
	Épocas	Erro	Doses	Doses x Épocas	Erro	
<b>GL</b>	1	6	2	2	12	
<b>Eficácia Hussar</b>	694.451 0.0004 (***)	13.405	401.558 0.0001 (***)	85.590 0.0337 (**)	18.789	4.92
<b>Eficácia Hussar Plus</b>	40.560 0.1710 (n.s)	16.776	145.803 0.0425 (**)	1.329 (n.s)	35.086	6.37

\* corresponde a diferenças significativas para  $p \leq 0.1$

\*\* corresponde a diferenças significativas para  $p \leq 0.05$

\*\*\* corresponde a diferenças significativas para  $p \leq 0.01$

n.s – não significativo

### ANEXO II

Valores dos quadrados médios, probabilidade, erro e coeficiente de variação dos parâmetros da produção de grão, matéria seca total e componentes da produção no ensaio Hussar Eficácia:

	Origem da variação					Coeficiente de Variação (%)
	Épocas	Erro	Doses	Doses x Épocas	Erro	
<b>GL</b>	1	6	3	3	18	
<b>Produção de grão</b>	54268.648 0.0167 (**)	5021.954	7236.286 0.0624 (*)	6257.331 0.0903 (*)	2480.758	21.38
<b>Peso médio grão</b>	324.488 0.0129 (**)	26.534	24.713 0.0142 (**)	25.897 0.0119 (**)	5.325	6.78
<b>Índice de Colheita</b>	0.012 0.1622 (n.s)	0.005	0.009 0.1282 (n.s)	0.003 (n.s)	0.004	12.73
<b>Matéria Seca Total</b>	146435.19 0 0.0826 (*)	33821.36	22242.194 0.1355 (n.s)	41965.666 0.0247 (**)	10574.225	21.74
<b>Nºgrãos m<sup>-2</sup></b>	11160450.	5711489.	5095240.5	2241186.208	2583056.2	

	2 0.2116 (n.s)	3	42 0.1542 (n.s)	(n.s)	0	23.53
<b>Nº de espigas</b>	9695.281 (n.s)	20820.07 3	13287.365 0.2089 (n.s)	14290.615 0.2089 (n.s)	8556.490	25.05
<b>Nº grãos/espiga</b>	11.281 0.2497 (n.s)	6.948	18.698 0.2299 (n.s)	9.365 (n.s)	11.865	18.22

\* corresponde a diferenças significativas para  $p \leq 0.1$

\*\* corresponde a diferenças significativas para  $p \leq 0.05$

\*\*\* corresponde a diferenças significativas para  $p \leq 0.01$

n.s – não significativo

### ANEXO III

Valores dos quadrados médios, probabilidade, erro e coeficiente de variação dos parâmetros da produção de grão, matéria seca total e componentes da produção no ensaio Hussar Seletividade:

	Origem da variação					Coeficiente de Variação (%)
	Épocas	Erro	Doses	Doses x Épocas	Erro	
<b>GL</b>	1	6	3	3	18	
<b>Produção de grão</b>	8195.200 0.2351 (n.s)	4707.721	1716.329 0.3976 (n.s)	1220.067 (n.s)	1645.821	14.16
<b>Peso médio grão</b>	0.340 (n.s)	17.381	0.705 (n.s)	2.508 (n.s)	4.092	6.17
<b>Índice de Colheita</b>	0.007 0.0212 (**)	0.001	0.001 0.4084 (n.s)	0.001 (n.s)	0.001	5.86
<b>Matéria Seca Total</b>	77018.312 0.1093 (n.s)	21814.13 6	7553.983 0.2822 (n.s)	3730.978 (n.s)	5491.402	12.69
<b>Nº graos m<sup>-2</sup></b>	7623536.2 8 (n.s)	7647484. 9	1713404.1 15 0.3942 (n.s)	1420720.865 (n.s)	1630222.0 7	14.50
<b>Nº de espigas</b>	32004.500 0.1504 (n.s)	11780.58 3	7625.750 0.3212 (n.s)	6951.083 0.360 (n.s)	6102.083	18.11
<b>Nº grãos/espiga</b>	3.781 (n.s)	5.573	20.615 0.0451 (**)	1.865 (n.s)	6.295	12.22

\* corresponde a diferenças significativas para  $p \leq 0.1$

\*\* corresponde a diferenças significativas para  $p \leq 0.05$

\*\*\* corresponde a diferenças significativas para  $p \leq 0.01$

n.s – não significativo

#### ANEXO IV

Valores dos quadrados médios, probabilidade, erro e coeficiente de variação dos parâmetros da produção de grão, matéria seca total e componentes da produção no ensaio Hussar Plus Eficácia:

	Origem da variação					Coeficiente de Variação (%)
	Épocas	Erro	Doses	Doses x Épocas	Erro	
GL	1	6	3	3	18	
Produção de grão	46132.032 0.0113 (**)	3554.05	1216.256 (n.s)	4140.047 0.1259 (n.s)	1900.393	17.39
Peso médio grão	157.088 0.0261 (**)	18.245	6.518 0.2609 (n.s)	9.077 0.1468 (n.s)	4.489	6.47
Índice de Colheita	0.031 0.0070 (***)	0.002	0.001 0.3718 (n.s)	0.002 0.1627 (n.s)	0.001	6.39
Matéria Seca Total	65052.247 0.0437 (**)	10028.0	6429.706 (n.s)	8043.976 0.0427 (**)	8043.976	17.86
Nºgrãos m <sup>-2</sup>	12486253.7 8 0.0149 (**)	1094803	450358.03 1 (n.s)	1501063.615 0.2873 (n.s)	1105197.3 7	13.87
Nº de espigas	2432.531 (n.s)	8547.99 0	6080.865 (n.s)	11869.281 0.3445 (n.s)	10044.017	24.52
Nº grãos/espiga	19.531 0.3020 (n.s)	15.323	17.865 0.2848 (n.s)	7.281 (n.s)	13.073	18.87

\* corresponde a diferenças significativas para  $p \leq 0.1$

\*\* corresponde a diferenças significativas para  $p \leq 0.05$

\*\*\* corresponde a diferenças significativas para  $p \leq 0.01$

n.s – não significativo

#### ANEXO V

Valores dos quadrados médios, probabilidade, erro e coeficiente de variação dos parâmetros da produção de grão, matéria seca total e componentes da produção no ensaio Hussar Plus Seletividade:

	Origem da variação					Coeficiente de Variação (%)
	Épocas	Erro	Doses	Doses x Épocas	Erro	
<b>GL</b>	1	6	3	3	18	
<b>Produção de grão</b>	46230.803 0.0484 (**)	7571.01 9	2494.969 0.3241 (n.s)	8045.788 0.0240 (**)	2010.454	15.32
<b>Peso médio grão</b>	47.288 0.0223 (**)	5.056	3.859 0.2683 (n.s)	7.114 0.0818 (*)	2.709	5.04
<b>Índice de Colheita</b>	0.002 (n.s)	0.003	0.001 0.2215 (n.s)	0.001 0.1446 (n.s)	0.001	5.11
<b>Matéria Seca Total</b>	134745.379 0.0948 (*)	34311.1 9	18983.962 0.1415 (n.s)	36572.905 0.0247 (**)	9216.477	16.52
<b>Nºgrãos m<sup>-2</sup></b>	21593949.0 3 0.1760 (n.s)	9181644	2124297.4 48 0.3253 (n.s)	1716894.601 0.0166 (**)	1716894.6 9	14.64
<b>Nº de espigas</b>	41977.531 0.2485 (n.s)	25700.3 2	14858.698 0.2920 (n.s)	15034.615 0.2873 (n.s)	11069.434	23.35
<b>Nº grãos/espiga</b>	1.531 (n.s)	8.406	16.781 0.2871 (n.s)	8.865 (n.s)	12.351	17.27

\* corresponde a diferenças significativas para  $p \leq 0.1$

\*\* corresponde a diferenças significativas para  $p \leq 0.05$

\*\*\* corresponde a diferenças significativas para  $p \leq 0.01$

n.s – não significativo