

**UNIVERSIDADE JOSE DO ROSARIO VELLANO - UNIFENAS**

**LEANDRO VILELA PORTUGAL**

**FITOTOXICIDADE DE HERBICIDAS PÓS-EMERGENTES  
EM HÍBRIDOS DE MILHO**

**Alfenas – MG**

**2013**

**LEANDRO VILELA PORTUGAL**

**FITOTOXICIDADE DE HERBICIDAS PÓS-EMERGENTES  
EM HÍBRIDOS DE MILHO**

Dissertação apresentada à Universidade José do Rosário Vellano, como parte das exigências para a conclusão do Curso de Mestrado Profissional em Sistemas de Produção na Agropecuária.

Orientador: Prof. Dr. Adriano Bortolotti da Silva

**Alfenas – MG**

**2013**

Portugal, Leandro Vilela

Fitotoxicidade de herbicidas pós-emergentes em híbridos de milho.— Leandro Vilela Portugal.— Alfenas, 2013.

51 f.

Orientador : Prof. Dr Adriano Bortolotti da Silva  
Dissertação (Mestrado em Sistemas de Produção na Agropecuária) –Universidade José do Rosário Vellano.

1. *Zea Mays* 2. Produtividade 3. Milho RR

I. Título

CDU : 633.15(043)



## Certificado de Aprovação

**TÍTULO:** "FITOTOXICIDADE DE HERBICIDAS PÓS-EMERGENTES EM HÍBRIDOS DE MILHO"

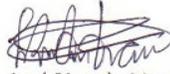
**AUTOR:** LEANDRO VILELA PORTUGAL

**ORIENTADOR:** Prof. Dr. Adriano Bortolotti da Silva

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de **Mestre Profissional em Sistemas de Produção na Agropecuária** pela Comissão Examinadora.

  
Prof. Dr. Adriano Bortolotti da Silva

  
Profa. Dra. Patrícia de Oliveira Alvim Veiga

  
Prof. Dr. José Ricardo Mantovani

Alfenas, 05 de fevereiro de 2013.

  
Prof. Dr. José Messias Miranda  
Coordenador do Mestrado Profissional  
Sistemas de Produção na Agropecuária

---

A todos que de algum modo me incentivaram, me auxiliaram e me acompanharam durante a realização deste trabalho, não me deixando desistir nunca, mesmo em alguns momentos difíceis. Obrigado.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, que iluminou meu caminho em toda minha vida e também durante todo o período deste trabalho.

A minha mãe Leila, ao meu pai Vânis, que sempre me apoiaram e me proporcionaram uma vida de exemplos a serem seguidos; ao meu irmão André pela atenção, apoio e ajuda sempre que necessário.

A todos os meus familiares, amigos e primos que me deram incentivo e torceram por mim, nunca me deixando desistir; aos colegas do curso de mestrado e companheiros de república.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG), pela ajuda financeira para conseguir elaborar e desenvolver este trabalho, com a bolsa concedida.

Ao meu orientador Prof. Dr. Adriano Bortolotti da Silva (UNIFENAS), pela amizade, atenção, disponibilidade, dedicação e orientação no desenvolvimento deste trabalho de mestrado. A todos os professores do curso de mestrado da área Sistemas de Produção na Agropecuária da UNIFENAS, pelos ensinamentos.

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas, IFSULDEMINAS, Campus Machado, pela ajuda, confiança e disponibilidade.

A Prof. Dra. Patrícia de Oliveira Alvim Veiga (IFSULDEMINAS), que me orientou durante o começo deste trabalho, sempre dando força para continuar e estando disponível para me auxiliar.

Agradeço ainda, a todos aqueles que me auxiliaram, e que por um lapso de memória, possa ter ficado fora desta citação.

## RESUMO

PORTUGAL, Leandro Vilela. Fitotoxicidade de herbicidas pós-emergentes em híbridos de milho. Orientador, Dr.: Adriano Bortolotti da Silva. Alfenas: UNIFENAS, 2013. Dissertação. (Mestrado Profissional em Sistemas de Produção na Agropecuária).

Na cultura do milho a utilização de herbicidas pós-emergentes tem sido muito utilizado, devido sua eficácia, conveniência e viabilidade de custos. Objetivou-se com o presente trabalho avaliar a fitotoxicidade de herbicidas usados em pós-emergência, bem como a sua interferência na produtividade em híbridos de milho. O experimento foi conduzido no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia – IFSULDEMINAS, campus Machado. Foi utilizado o delineamento de blocos ao acaso (DBC), com 6 tratamentos e 4 repetições, totalizando 24 parcelas. Para tanto, foram utilizados dois híbridos de porte e características similares: Híbrido 1 VT PRO 1 e híbrido 2 VT PRO 2. O híbrido 1 apresenta o evento de transgenia de resistência a lagarta do cartucho (*Spodoptera frugiperda*) e o híbrido 2 apresenta o mesmo evento de transgenia de resistência a lagarta do cartucho (*Spodoptera frugiperda*) e também ao roundup, denominado Roundup Ready (RR). Foram utilizados seis tratamentos diferentes nos híbridos, sendo que no híbrido VT PRO 1, com resistência a lagarta do cartucho foram aplicados os herbicidas, atrazine + tembotrione (triazinas + benzoilciclohexanodiona); atrazine + nicosulfuron (triazinas + sulfoniluréias); atrazine + mesotrione (triazinas + tricetonas) e tratamento testemunha em que não foi aplicado nenhum herbicida. Para o híbrido VT PRO 2, com resistência a lagarta do cartucho e ao roundup foi aplicado o herbicida atrazine + glyphosate (triazinas + glicina substituída) e o outro tratamento que foi a testemunha sem aplicação de herbicidas. Os tratamentos foram capinados manualmente durante toda condução do experimento. Houve incidência de fitotoxicidade denominada leve, com lesões foliares abaixo de 7%, as quais reduziram até os 28 DAA. A combinação de atrazine com tembotrione ou nicosulfuron reduziu a produtividade do milho em 1.066 e 1.122 Kg ha<sup>-1</sup> respectivamente. A aplicação da combinação atrazine + mesotrione no híbrido VT PRO 1, bem como o glyphosate no híbrido VT PRO 2, perante suas testemunhas não afetaram a produção. Porém, a produtividade no híbrido VT PRO 1 foi maior do que o híbrido VT PRO 2, resultado este que não era esperado, para híbridos iguais com eventos diferentes. Foi observado em todos os tratamentos produtividade acima de 10 toneladas ha<sup>-1</sup>. A combinação dos herbicidas testados leva ao surgimento de lesões leves de fitotoxicidade; Atrazine em combinação com tembotrione ou nicosulfuron reduz a produtividade do milho.

**Palavras-chave:** *Zea mays*, produtividade, milho RR.

## ABSTRACT

PORTUGAL, Leandro Vilela. Phytotoxicity of postemergence herbicides in corn hybrids. Adviser, Dr.: Adriano Bortolotti da Silva. Alfenas: UNIFENAS, 2013. Dissertation. (Professional Master in Production Systems in Agriculture).

In corn crop, postemergence herbicides have been widely used because of its efficacy, convenience and cost feasibility. The objective of this study was to evaluate the phytotoxicity of herbicides used in post-emergence, and their interference in the productivity of corn hybrids. The experiment was conducted at the Federal Institute of Education, Science and Technology – IFSULDEMINAS, campus Machado. Was used a randomized block experimental design (RBD) with 6 treatments and 4 repetitions, totaling 24 plots. For this, were used two hybrids with similar size and characteristics: Hybrid 1 VT PRO 1 and hybrid 2 VT PRO 2. The hybrid 1 presents the transgenic event of resistance to fall armyworm (*Spodoptera frugiperda*) and the hybrid 2 shows the same transgenic event of resistance to fall armyworm (*Spodoptera frugiperda*) and to roundup, called Roundup Ready (RR). Were used six different treatments in hybrids, in the hybrid VT PRO 1 with resistance to fall armyworm were applied herbicides, atrazine + tembotrione (triazines + benzoilciclohexanodiona); nicosulfuron + atrazine (triazines + sulfonilurea); mesotrione + atrazine (triazines + tricetonas) and control treatment where no herbicide was applied. For the hybrid VT PRO 2 with resistance to fall armyworm and the roundup was applied herbicide atrazine + glyphosate (triazines + substituted glycine) and control treatment without herbicide application. Treatments were weeded manually during all the experiment conduction. There was incidence of lightweight phytotoxicity with leaf lesions below 7%, which reduced up to 28 DAA. The combination of atrazine with tembotrione or nicosulfuron reduced corn productivity in 1.066 and 1.122 kg ha<sup>-1</sup> respectively. The application of atrazine + mesotrione in hybrid VT PRO 1 and glyphosate in hybrid VT PRO 2, compare to their control treatments, did not affect production. However, the productivity in the hybrid VT PRO 1 was greater than the hybrid VT PRO 2, a result which was not expected to equal hybrids with different events. It was observed in all treatments productivity above 10 tonnes ha<sup>-1</sup>. The combination of herbicides leads to the emergence of phytotoxicity minor injuries; Atrazine in combination with tembotrione or nicosulfuron reduces corn productivity.

Keywords: *Zea mays*, productivity, corn RR.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

<b>Figura 1:</b> Morte da planta após a aplicação com glyphosate, sem produção de aminoácidos.....	
.....	28
<b>Figura 2:</b> Planta com tolerância ao glyphosate, há produção de aminoácidos.....	28

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1.</b> Características químicas do solo avaliadas na camada de 0 a 0,20 m. ....	29
<b>Tabela 2.</b> Dados meteorológicos do período de outubro 2011 a abril 2012.....	30
<b>Tabela 3.</b> Características dos produtos utilizados no experimento.....	31
<b>Tabela 4.</b> Descrição dos valores conceituais aplicados para avaliações visuais de sintomas de fitotoxicidade na escala da Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas, Londrina/PR, 1995.....	33
<b>Tabela 5.</b> Fitotoxicidade na cultura do milho aos 7, 14, 21 e 28 dias após a aplicação (DAA) dos tratamentos com herbicidas.....	36
<b>Tabela 6.</b> Altura da Inflorescência (AI), Altura da Espiga (AE), Número de Fileiras de Grãos por Espiga (NF), Número de Grãos por Fileira (NGF), Número de Grãos por Espiga (NGE), após a aplicação dos diferentes tratamentos.....	38
<b>Tabela 7.</b> Peso de 100 Grãos (P 100 G), Comprimento das Espigas (CE), Número de Espigas (NE), Peso das Espigas (PE), Produtividade (P) após a aplicação dos diferentes tratamentos. ....	39

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	12
<b>2 REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	14
<b>2.1 A cultura do milho</b> .....	14
<b>2.2 Controle de plantas daninhas e período crítico de interferência</b> .....	15
<b>2.3 Mecanismos de ação dos herbicidas</b> .....	16
2.3.1 Herbicidas inibidores da enzima ALS .....	16
2.3.2 Herbicidas inibidores do fotossistema II .....	19
2.3.3 Herbicidas inibidores da síntese de carotenóides.....	20
2.3.4 Herbicidas inibidores da EPSPs .....	21
<b>2.4 Seletividade dos herbicidas pós-emergentes na cultura do milho</b> .....	22
2.4.1 Seletividade de herbicidas aplicados em pós-emergência .....	24
<b>2.5 Utilização de Organismos Geneticamente Modificados (OGM)</b> .....	24
2.5.1 Milho <i>Bt</i> .....	25
2.5.2 Milho RR .....	26
<b>3 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	29
<b>3.1 Local e condições gerais do experimento</b> .....	29
<b>3.2 Delineamento experimental e tratamentos</b> .....	31
<b>3.3 Metodologia de aplicação</b> .....	32
<b>3.4 Colheita e avaliações realizadas</b> .....	32
<b>3.5 Análise estatística</b> .....	34
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	35
<b>5 CONCLUSÃO</b> .....	42
<b>6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	43

## 1 INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays* L.) é uma das culturas de maior importância econômica e mais estudada, devido ao valor nutricional de seus grãos, dada sua grande importância nas alimentações humana e animal e de sua matéria-prima para a indústria.

A cultura do milho vem crescendo a cada ano no mundo e também no Brasil, devido sua grande utilização. Na safra de 2011/2012, houve uma produção de 868,06 milhões de toneladas em todo mundo, sendo que os Estados Unidos é o maior produtor deste cereal, com uma produção de cerca de 313,92 milhões de toneladas. O Brasil está em terceiro lugar no ranking de produção, com uma produtividade de 70 milhões de toneladas, representado quase 10% de toda produção mundial. Com isso, o estado do Paraná representa o maior produtor deste cereal.

Com o desenvolvimento das técnicas de engenharia genética viabilizando, inclusive, a transformação do milho, aumentou drasticamente o conjunto de genes disponíveis para serem utilizados como fonte de resistência, sendo possível desenvolver plantas expressando o gene *Bt*, clonado da bactéria *Bacillus thuringiensis* (*Bt*), que codifica uma proteína tóxica. Essa bactéria produz a Beta-exotoxina e a Delta-endotoxina, ambas com ação tóxica sobre um grande número de espécies de insetos-praga, entre elas a lagarta do cartucho. As toxinas do *Bt* são altamente específicas na sua atividade e, portanto, quando utilizadas, não apresentam riscos para outros organismos.

Os ganhos dos cultivos de Organismos Geneticamente Modificados (OGM) são derivados da redução do uso de defensivos e da diminuição da perda de produtividade causada pelas pragas (FERNANDEZ-CORTEJO; MCBRIDE, 2000, MARRA et al., 1998).

A utilização de cultivares de milho transgênico com resistência ao glyphosate, que é o princípio ativo de alguns herbicidas, é uma técnica empregada para o controle destas plantas invasoras, não danificando assim, a cultura de interesse. Esta tecnologia ganhou o nome de Roundup Ready®, muito utilizada na produção da cultura da soja nas lavouras brasileiras, mas que foi liberada para a cultura do milho a cerca de quatro anos no Brasil. A tecnologia RR (Roundup Ready®) e já vem sendo utilizadas por países como, por exemplo, Estados Unidos, Argentina, dentre outros, há mais de dez anos. O milho RR tem por objetivo controlar de forma mais eficaz as plantas daninhas que competem com a cultura do milho. Dessa forma, os herbicidas à base de glyphosate terão efeito somente sobre as plantas daninhas, sem afetar o desenvolvimento da lavoura de milho.

Um fator que devemos levar em consideração, é a infestação de plantas daninhas, que vem crescendo a cada ano nas lavouras brasileiras, apresentando competitividade com a cultura de interesse, diminuindo assim o potencial produtivo, devido à disputa por água, luz e nutrientes.

Com o desenvolvimento do método químico de controle de plantas daninhas, a aplicação de herbicidas tornou-se frequente, sobretudo em consequência de sua eficácia, conveniência e viabilidade de custos (ABDIN et al., 2000; JAKELAITIS et al., 2005). O herbicida a ser empregado deve ser preferencialmente seletivo para a cultura não causando injúrias às plantas de milho, tanto à parte aérea quanto ao sistema radicular, visto que inúmeras condições de uso podem causar distintos efeitos fitotóxicos e redução da produtividade final. Por essa razão, é fundamental a avaliação, em condições de campo, da influência dos principais herbicidas aplicados em pré e pós-emergência sobre o desempenho da cultura de milho (NICOLAI, 2004).

O uso do glyphosate, em plantas com o gene RR, e de herbicidas seletivos em pós-emergência podem contribuir para o controle de plantas daninhas de maneira eficiente, reduzindo os danos causados pela competição.

Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar a fitotoxicidade de herbicidas usados em pós-emergência, bem como a sua interferência na produtividade em híbridos de milho.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 A cultura do milho

A cultura do milho está em grande expansão no mundo e também no Brasil. Hoje os Estados Unidos é o maior produtor deste cereal, produzindo de cerca de 313,92 milhões de toneladas, seguido pela China. O Brasil é o terceiro maior produtor do mundo, com uma produção de aproximadamente 67,8 milhões de toneladas nas duas safras. A área semeada com milho primeira safra no período 2011/12, foi de 7,94 milhões de hectares, com uma produtividade de 4.397 kg/ha, 3,1% menor que a safra anterior. Esta produção deverá alcançar cerca de 34,895 milhões de toneladas. A área cultivada com o milho segunda safra está estimada em 7,188 milhões de hectares, 22% superior à área da safra passada, com uma produtividade de 4.577 kg/ha, 25,5% superior à obtida na safra passada. Com os dados disponíveis é possível prever uma produção de 32,898 milhões de toneladas para o milho segunda safra, ou 53,1% superior aos 21,481 milhões obtidos na temporada passada. (CONAB, 2012).

O milho (*Zea mays* L.) é uma planta da família Poaceae, originária da América Central, sendo cultivado em praticamente todas as regiões do mundo, nos hemisférios norte e sul, em climas úmidos e regiões secas. Trata-se de um alimento rico em carboidratos, considerado como energético; é também fonte de óleo, fibras, vitaminas E, B1, B2 e ácido pantotênico, além de alguns minerais, como o fósforo e o potássio (MATOS et al., 2006).

Em função de seu potencial produtivo, composição química e valor nutritivo, o milho constitui-se em um dos mais importantes cereais cultivados e consumidos no mundo. Devido à sua multiplicidade de aplicações, quer na alimentação humana quer na alimentação animal, assume relevante papel socioeconômico, além de constituir-se em indispensável matéria-prima, impulsionadora de diversificados complexos agroindustriais (FANCELLI; DOURADO NETO, 2000).

A cultura do milho representa importante papel socioeconômico, encontra-se em posições de destaque no que se refere ao valor da produção agropecuária, área plantada e volume produzido, em especial nas regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste do Brasil. Entretanto, apesar da evolução gradativa ocorrida nas quantidades produzidas nos últimos anos, a

produção de grãos por unidade de área ainda não expressa o potencial genético dos materiais (ANDRADE, 2000; FANCELLI; DOURADO NETO, 2000, 2001).

Segundo Rajcan e Swanton (2001) as plantas de milho apresentam elevada capacidade em absorver e utilizar água e nutrientes, além de possuírem elevada capacidade de utilização de radiação solar. Todavia, a presença de plantas daninhas desde a fase inicial de desenvolvimento da cultura pode acarretar perdas.

## **2.2 Controle de plantas daninhas e período crítico de interferência**

Um dos principais problemas da cultura do milho é a competição com as plantas daninhas por água, luz e nutrientes. Podem dificultar a operação de colheita e afetar a qualidade do produto final, também podem ser hospedeiros intermediários de patógenos, insetos e nematóides e em consequência ocorre redução de produtividade de grãos (BALBINOT JUNIOR; FLECK, 2005; RAJCAN; SWANTON, 2001).

Estima-se que a redução causada pelas plantas daninhas na produção das culturas no Brasil seja da ordem de 20 a 30%, podendo chegar até 90% em casos extremos. Para minimizar essas perdas, na maioria dos casos, tem sido usado o controle químico (BIANCHI, 1998). A redução do rendimento de produção na cultura de milho, devido à competição estabelecida com as plantas daninhas, pode alcançar até 70% da produtividade potencial, variando em função da espécie e do grau de infestação das plantas daninhas, do tipo de solo, das condições climáticas reinantes no período, bem como do espaçamento, variedade e do estágio fenológico da cultura em relação a convivência das plantas daninhas (FANCELLI; DOURADO NETO, 2000). Portanto, o controle de plantas daninhas é uma necessidade de ordem econômica.

Após a semeadura da cultura são empregados herbicidas pré-emergentes e/ou pós-emergentes para o controle de plantas daninhas na cultura de milho. Os critérios principais para escolha dos herbicidas dependem de sua seletividade e eficácia (NICOLAI, 2004).

De todos os fatores que influenciam o grau de interferência, o mais importante é o período em que a comunidade infestante e as plantas cultivadas estão disputando os recursos do meio, denominado período crítico de prevenção da interferência (PCPI) (PITELLI, 1985). Para Fancelli et al. (1998), a partir da emissão da quinta folha definitiva, a presença de plantas daninhas poderá acarretar perdas significativas de produção, sendo que, quando o início do

controle de plantas daninhas, ocorreu apenas a partir da emissão da quinta folha do milho, evidenciou-se a redução do comprimento médio da espiga, do número médio de grãos por fileira e do rendimento médio de grãos. Para Roman (2001), o PCPI inicia quando a cultura apresenta quatro folhas definitivas e finaliza na décima folha definitiva. Em experimento conduzido por (KOZLOWSKI, 2002), o PCPI ocorreu entre os estádios fenológicos de duas a sete folhas definitivas, e a interferência das plantas daninhas reduziu em média 87% o rendimento de grãos da testemunha sem controle de plantas daninhas.

## **2.3 Mecanismos de ação dos herbicidas**

### **2.3.1 Herbicidas inibidores da enzima ALS**

Segundo Christoffoleti (1997), os herbicidas inibidores da acetolactato sintase (ALS) ou acetohidroxiácido sintase (AHAS) pertencem a diversos grupos químicos, dentre eles as sulfoniluréias, imidazolinonas, triazolopirimidinas e pirimidiloxitiobenzoatos, apresentando algumas moléculas como: nicosulfuron, halosulfuron, imazamox, dentre outras. Estes herbicidas apresentam como mecanismo de ação a inibição da síntese dos aminoácidos alifáticos de cadeia lateral: valina, leucina e isoleucina (TREZZI; VIDAL, 2001). A via biossintética desses três aminoácidos apresenta em comum o uso de uma enzima chamada ALS, que participa na fase inicial do processo metabólico, catalizando uma reação de condensação (CHRISTOFFOLETI et al., 2001). Os herbicidas inibidores da ALS impedem que esta reação de condensação aconteça, provocando, como consequência, o bloqueio da produção dos aminoácidos alifáticos de cadeia lateral. Quando o herbicida encontra-se presente dentro da célula de uma planta susceptível, ocorre uma inibição não competitiva pelo herbicida com o substrato, de tal maneira que não ocorre à formação do acetolactato, indispensável para que as demais reações prossigam resultando na formação dos aminoácidos. A paralização na síntese dos aminoácidos leva a uma interrupção na divisão celular e paralização do crescimento. A morte das plantas daninhas ocorre dentro de 7 a 21 dias, dependendo do estágio de desenvolvimento na época da aplicação (TREZZI; VIDAL, 2001).

Com a entrada do nicosulfuron no mercado brasileiro, pertencente ao grupo das sulfoniluréias, foi facilitado o controle de plantas daninhas em pós-emergência da cultura do

milho, especialmente as do grupo das folhas estreitas (FRANCO, 2003). Esse grupo de herbicidas permite maior flexibilidade e eficácia no controle de plantas daninhas em doses relativamente baixas, possui baixa toxicidade para mamíferos e boa seletividade para culturas de importância econômica (OLIVEIRA JÚNIOR, 2001a). Estes compostos são rapidamente absorvidos pelas folhas e translocados via apoplasto e simplasto para a raiz e pontos de crescimento, principalmente para as áreas meristemáticas. São efetivos em plantas daninhas anuais de crescimento rápido.

Para a melhor utilização deste grupo de herbicidas, certos ajustes devem ser efetuados para corrigir algumas falhas que os mesmos têm apresentado como: i) consultar lista de híbridos e variedades recomendadas para tratamento com o herbicida; ii) dose para cada híbrido ou variedade; iii) aplicação entre 2 a 6 folhas; iv) não deve ser misturado com inseticidas organo-fosforados; v) observar intervalo de 7 dias entre as adubações de cobertura nitrogenada e a aplicação do herbicida (LÓPEZ-OVEJERO et al., 2003).

Misturas de herbicidas são utilizadas frequentemente pelos agricultores que cultivam milho, com o objetivo de aumentar o espectro de controle de plantas daninhas. Isso ocorre porque essas plantas apresentam-se, quase sempre, distribuídas de maneira heterogênea no campo, em populações mistas, que incluem, na maioria das vezes, várias espécies em pequenas áreas. Apesar da mistura em tanque ser proibida por lei, a mistura de nicosulfuron com atrazine é bastante utilizada na cultura do milho (OLIVEIRA JÚNIOR, 2001b).

A seletividade da cultura do milho ao nicosulfuron deve-se à capacidade do milho em metabolizar o produto em compostos não ativos, denominado de metabolismo diferencial. Cultivares tolerantes parecem metabolizar herbicidas sulfonilurías mais rapidamente. A partir da existência de tolerância diferencial de híbridos de milho ao nicosulfuron, a sua utilização deve ser restrita a determinados cultivares que toleram o produto (RIZZARDI et al., 2004).

Segundo Peixoto e Ramos (2002), os híbridos de milho apresentam de maneira simples três diferentes níveis de sensibilidade ao nicosulfuron: i) híbridos letais; ii) híbridos intermediários e iii) híbridos tolerantes. Os primeiros são provenientes de parentais sensíveis, sendo o resultado um híbrido suscetível ao herbicida. Os híbridos intermediários são aqueles tolerantes que, dependendo da dose e de alguns fatores ambientais e de manejo, podem apresentar ou não fitotoxicidade. Os híbridos tolerantes não apresentam fitotoxicidade nas doses recomendadas e ambos os parentais são tolerantes. Sendo assim, o efeito do herbicida na redução do número médio de espigas de milho produzidas é reflexo da diminuição do estande final causado pelo herbicida. Essa diferença tem indicado restrições na recomendação

desse herbicida em alguns casos, já que a fitotoxicidade pode ser observada no milho (DAMIÃO FILHO et al., 1996).

Híbridos de milho considerados tolerantes ao nicosulfuron podem apresentar sensibilidade diferencial, dependendo do estágio de desenvolvimento da planta, do ambiente e da dose utilizada (MORTON; HARVEY, 1992; GUBBIGA et al., 1995). Para a maioria dos híbridos, a tolerância é mais acentuada nos estádios iniciais de desenvolvimento. Com duas a três folhas expandidas (estádios fenológicos de desenvolvimento V2 e V3), o milho foi mais tolerante ao nicosulfuron do que nos estádios V6 a V8 (MCMULLAN; BLACKSHAW, 1995).

A aplicação de nicosulfuron de 70 a 210 g ha<sup>-1</sup> na cultura do milho, após duas semanas da semeadura, diminuiu o índice de área foliar, o rendimento dos grãos e interferiram no conteúdo de proteínas (LUM et al., 2005).

Apesar do nicosulfuron ser recomendado para a cultura do milho, em alguns genótipos ele pode ocasionar fitointoxicação em níveis inaceitáveis, dependendo do estágio de desenvolvimento da planta, do ambiente e da dose utilizada (PARRELA, 2004). Por isso, antes da utilização do herbicida num determinado híbrido ou cultivar, é preciso que sejam feitos testes de seletividade, visando determinar se há sensibilidade ou não ao herbicida. Contudo, mesmo para os genótipos recomendados, o nicosulfuron deve ser evitado quando as plantas de milho estiverem fora do estágio recomendado de aplicação, em condições de estresse por deficiência hídrica ou nutricional e quando houver danos causados por ataque de pragas, doenças ou nematóides (PARRELA, 2004).

Em experimentos conduzidos na ESALQ/USP, foram observadas sensíveis reduções de rendimento provocadas por grande parte dos herbicidas recomendados para a cultura. Entre eles o nicosulfuron (0,5; 1,0 e 1,3 L ha<sup>-1</sup>) isolado ou em mistura com atrazine, principalmente quando os mesmos foram aplicados após a emissão da sexta ou sétima folha do referido cereal, provocaram a alteração do número de fileiras por espiga, número de grãos por fileira, e massa de mil grãos (FANCELLI et al., 1998; LÓPEZ-OVEJERO, 2000).

Diversos experimentos foram conduzidos nas últimas safras, em diferentes regiões do país (Ponta Grossa; Marechal Cândido Rondon; Maringá; Londrina; Bandeirantes - PR; Selvíria, Campo Grande-MS; Paranapanema, Paulínia-SP; Santa Maria - RS; Uberlândia-MG), com o objetivo de avaliar a eficácia e a seletividade dos herbicidas inibidores da ALS na pós-emergência da cultura de milho. Os herbicidas estudados foram nicosulfuron (40; 50 ou 60 g i.a. ha<sup>-1</sup>) e/ou foramsulfuron + Iodosulfurom methyl sodium (36 + 2,4 e 45 + 3 g i.a. ha<sup>-1</sup>) isolados ou mistura com atrazina, aplicados entre 2 a 5 folhas totalmente expandidas,

em diferentes híbridos. Nenhum produto provocou qualquer injúria ao milho que compromettesse a produção. Os mesmos foram seletivos a uma série de híbridos de milho ou causaram dano a cultura, porém, não afetaram a produtividade. Os tratamentos avaliados não afetaram o número de espigas, estande da cultura na pré-colheita, altura e rendimento. Todos os tratamentos promoveram temporariamente sinais leves de fitotoxicidade, porém não interferiram no seu rendimento, os quais foram estatisticamente semelhantes a testemunha mantida no limpo (CONTEIRO; LOPES, 2002; PEREIRA et al., 2002; ADORYAN et al., 2002; FAGLIARI et al., 2002; CARVALHO et al., 2002; ALVES et al., 2002; ALMEIDA et al., 2002; OSIPE et al., 2002; DORNELLES et al., 2002; PASINATTO et al., 2002; FRANCO, 2002; PINTO et al., 2002).

### 2.3.2 Herbicidas inibidores do fotossistema II

Os herbicidas atualmente em uso e que apresentam mecanismo de ação de inibição da fotossíntese são pertencentes aos grupos químicos: triazinas e triazinonas, uréias substituídas, amidas e benzotiadiazoles. O sítio de ação destes herbicidas é na membrana do cloroplasto, onde ocorre a fase luminosa da fotossíntese, mais especificamente no transporte de elétrons. Uma planta é susceptível aos herbicidas inibidores da fotossíntese se o herbicida acoplar-se ao composto QB componente do sistema fotossintético e, assim, impossibilitar a ocorrência do transporte do elétron até a plastoquinona. Dessa forma não existe a produção de ATP, pois a produção de elétrons é interrompida, bem como a produção de NADPH (CHRISTOFFOLETI, 1997).

A morte das plantas sensíveis ocorre devido ao rompimento das membranas causadas pela peroxidação dos lipídios da mesma. A clorose foliar é o resultado do rompimento das membranas (RIZZARDI et al., 2004).

Na cultura do milho, as triazinas simétricas como atrazine, são amplamente utilizadas na pós-emergência do milho. As mesmas são degradadas nas plantas de milho pelo metabolismo do herbicida (desativação fisiológica), especialmente pelo processo de conjugação com glutatona nas folhas, o que faz que ele nunca chegue ao cloroplasto para causar injúrias. Essa molécula, nas doses recomendadas, é totalmente seletiva ao milho, sem restrição a qualquer híbrido (LÓPEZ-OVEJERO et al., 2003).

A seletividade desses herbicidas é proporcionada por metabolismo, absorção, translocação diferencial e por posição (RIZZARDI et al., 2004).

De maneira geral, atrazine é o herbicida mais utilizado em milho safrinha. No entanto, na presença de capim-carrapicho e capim-colchão, faz-se necessária a utilização de herbicidas específicos, como nicosulfuron ou mesotrione (KARAM, 2004; AGROFIT, 2008; TIMOSSI, 2009), nas aplicações em pós-emergência (AGROFIT, 2008), puros ou em mistura com atrazine, sem causar injúrias significativas ao milho, quando aplicados até o estágio de quatro folhas (LÓPEZ-OVEJERO et al., 2003).

Atualmente, um dos herbicidas que tem ganhado destaque na cultura do milho é o atrazine. Possui mecanismo de ação que inibe o fotossistema II e que apresenta boa seletividade tanto na pré quanto na pós-emergência das culturas do milho e sorgo (SILVA; SILVA, 2007), podendo ser usado tanto de forma isolada (FORNAROLLI et al., 1999; MACIEL et al., 2002), quanto em associações com outros herbicidas, como mesotrione (TIMOSSI, 2009) e nicosulfuron (LÓPEZ-OVEJERO et al., 2003; RIZZARDI et al., 2008) para o controle de plantas daninhas na cultura do milho.

### 2.3.3 Herbicidas inibidores da síntese de carotenóides

A aplicação dos herbicidas pertencentes a este mecanismo de ação resulta na perda de praticamente todos os pigmentos das plantas suscetíveis, resultando numa aparência “albina”. O primeiro composto identificado deste grupo e usado na agricultura foi o clomazone, usado pela primeira vez nos EUA (OLIVEIRA JÚNIOR, 2001a).

Os herbicidas inibidores de pigmentos agem na rota de biossíntese de carotenóides, resultando no acúmulo de fitoeno e fitoflueno, com predomínio de fitoeno, que são dois precursores, sem cor, do caroteno. A produção dos novos tecidos albinos, pelas plantas tratadas, não implica em que estes herbicidas inibam diretamente síntese de clorofila. A perda da clorofila é resultado da oxidação pela luz (foto-oxidação) devido à falta de carotenóides que a protegem da foto-oxidação (RIZZARDI et al., 2004).

O herbicida mesotrione e tembotrione pertencem ao grupo químico das tricetonas e benzoilciclohexanodiona, respectivamente e atuam sobre as plantas daninhas inibindo a biossíntese de carotenóides através da interferência na atividade da HPPD (4-hidroxifenil-piruvato-dioxigenase) nos cloroplastos, com posterior geração de estresse oxidativo, que

destrói as membranas das células, levando assim as plantas à morte. O caroteno é um pigmento das plantas responsável, dentre outras funções, pela proteção da clorofila da foto-oxidação; portanto, as plantas suscetíveis têm como sintomatologia o albinismo ("branqueamento") dos tecidos fotossintéticos. O herbicida apresenta absorção pelas folhas e raízes e translocação apo-simplástica (KRUSE, 2001).

O milho é tolerante ao mesotrione devido a sua capacidade de metabolizar rapidamente o herbicida, produzindo metabólitos sem atividade, o que não ocorre nas plantas daninhas (BACHIEGA; SOARES, 2002). A seletividade às culturas se dá pela translocação reduzida e a destoxificação das moléculas herbicida (RIZZARDI et al., 2004).

A combinação de mesotrione com atrazine apresenta efeito sinérgico bastante interessante, com a possibilidade de uso de doses menores de ambos os produtos, para o controle em pós-emergência das principais espécies de plantas daninhas, gramíneas e folhas largas (BACHIEGA; SOARES, 2002).

#### 2.3.4 Herbicidas inibidores da EPSPs

Os herbicidas inibidores da enzima 5-enolpiruvilshikimate-3-fosfato sintase (EPSPs) agem inibindo esta enzima na rota de síntese dos aminoácidos aromáticos essenciais fenilalanina, tirosina e triptofano, que são precursores de outros produtos, como a lignina, alcaloides, flavonoides e ácidos benzoicos. Essas moléculas inibem a EPSPs por competição com o substrato PEP (fosfoenolpiruvato), impedindo a transformação do shikimate em corismato (RIZZARDI et al., 2004)

Os herbicidas inibidores da EPSPs apresentam amplo espectro de controle, praticamente não há seletividade, com exceção das culturas modificadas geneticamente ou com tolerância ao produto. Os inibidores da EPSPs são aplicados em pós-emergência, por não apresentarem atividade no solo, devido à adsorção aos colóides do solo e degradação microbiana. São translocados via simplástica (RIZZARDI et al., 2004).

Estes herbicidas são usados principalmente de forma não-seletiva; no entanto, com o advento das plantas transgênicas, eles passarão a ser opção para o controle seletivo das plantas daninhas na culturas transformadas geneticamente para este fim (RIZZARDI et al., 2004).

Pertencem a este grupo a molécula glyphosate, por apresentar limitado metabolismo pelas plantas e baixo residual, esse herbicida é considerado um produto com baixa probabilidade de selecionar espécies resistentes (RIZZARDI et al., 2004).

#### **2.4 Seletividade dos herbicidas pós-emergentes na cultura do milho**

A seletividade do herbicida é a base para o sucesso do controle químico de plantas daninhas na produção agrícola. Para Anderson (1993), a seletividade de um herbicida é a capacidade agrônômica de matar ou inibir o crescimento de algumas plantas sem injuriar outras. A seletividade também pode ser definida como o uso de um herbicida ou uma mistura deles, para um controle satisfatório de determinadas plantas daninhas sem danificar a cultura (OLIVEIRA, 2001; VELINI et al., 2000).

A seletividade dos herbicidas ocorre devido aos seguintes fatores: posicionamento do herbicida no tempo e no espaço; dosagem e formulação; metabolismo diferencial entre cultura e planta daninha; diferenças anatômicas entre cultura e plantas daninhas; resistência no local de ação; uso de protetores de culturas; fatores internos da planta que não metabólicos, diferenças entre as plantas daninhas e culturas nos diferentes estádios fenológicos, aplicação de substâncias adsorventes, cultivar, tamanho da semente e engenharia genética (VIDAL, 1997; OLIVEIRA, 2001).

A seletividade está relacionada à tolerância diferencial, sendo um fator relativo e particularmente característico para uma determinada interação herbicida-planta daninha-cultura-condições edafoclimáticas. Portanto, talvez o mais correto fosse julgar se determinado tratamento, e não um herbicida especificamente é seletivo para determinada cultura. Por tratamento seletivo entende-se aquele que controla plantas daninhas sem afetar seriamente aquelas que são de interesse (culturas) (OLIVEIRA JÚNIOR, 2001a).

Dentre os fatores que determinam a seletividade encontram-se: i) fatores relacionados às características do herbicida ou ao método de aplicação como dose, formulação, localização espacial ou temporal do herbicida em relação à planta; ii) fatores relacionados às características das plantas como seletividade associada à retenção e à absorção diferencial (idade das plantas, cultivar, tamanho da semente ou estrutura de propagação vegetativa); seletividade associada a translocação diferencial e seletividade associada ao metabolismo diferencial (detoxificação); iii) antídotos (OLIVEIRA JÚNIOR, 2001b; NICOLAI, 2004).

Assim, o herbicida a ser empregado deve ser preferencialmente seletivo para a cultura não causando injúrias às plantas de milho, tanto à parte aérea quanto ao sistema radicular, visto que inúmeras condições de uso podem causar distintos efeitos fitotóxicos. Por essa razão, é fundamental a avaliação, em condições de campo, da influência dos principais herbicidas aplicados em pré e pós-emergência sobre o desempenho da cultura de milho, independente da sua eficácia no controle de plantas daninhas. Para isso, é de fundamental importância conhecer a fenologia da cultura e os momentos de definição do potencial de produção (NICOLAI, 2004).

Sendo assim, para a cultura do milho o rendimento de grãos depende da população, prolificidade, número médio de fileiras de grãos por espiga, número médio de grãos por fileira e da massa média por unidade de grão (ou semente). A população e prolificidade devem ser otimizadas considerando-se a arquitetura da planta, condições edafoclimáticas e tecnologia empregada. Por ocasião da plena expansão da quarta a sexta folha, o meristema apical finaliza sua fase vegetativa e inicia seu processo de diferenciação floral, o qual origina os primórdios da(s) espiga(s) e da panícula, culminando na definição do potencial de produção da planta (FANCELLI; DOURADO NETO, 1997). Após o início da diferenciação da panícula, quando a planta se encontra com sete a nove folhas definitivas e plenamente expandidas, começa o processo de diferenciação floral da gema que dará origem à espiga; sendo que, logo após esta diferenciação, rapidamente (8 e 12 folhas), a planta determina o número de fileiras por espiga e o número de grãos por fileira que comporão a futura espiga (ANDRADE et al., 1996). O número médio de grãos por fileira é afetado pelo tamanho da espiga, a qual é definida a partir das 12 folhas até o florescimento da planta. A massa média por unidade de grão ou semente é marcadamente afetada a partir do estágio fenológico 6 (grãos leitosos), principalmente pela disponibilidade de água (FANCELLI; DOURADO NETO, 1997).

Sendo assim, o número de grãos por unidade de área constitui-se num dos mais importantes componentes determinantes do rendimento, o qual é influenciado por eventos ocorridos entre a emissão da 4ª e 10ª folha definitiva da planta, além daqueles evidenciados no florescimento (fecundação) (FANCELLI; DOURADO NETO, 1997). Esses conhecimentos são muito importantes, principalmente quando o controle de plantas daninhas vai ser realizado com herbicidas aplicados na pós-emergência.

Alguns autores observaram sensíveis reduções de rendimento em lavouras de milho provocadas por grande parte dos herbicidas recomendados para a cultura, principalmente quando os mesmos foram aplicados após a emissão da sexta ou sétima folha do referido cereal (LÓPEZ-OVEJERO et al., 2003).

#### 2.4.1 Seletividade de herbicidas aplicados em pós-emergência

Até 1995 só existiam herbicidas recomendados em pré-plantio incorporado e de pré-emergência para o controle de plantas daninhas na cultura de milho, limitando de certa forma a adoção do plantio direto pelo agricultor (SILVA; MELHORANÇA, 1991; FRANCO, 2003). Para a solução desse problema surgiu a necessidade do desenvolvimento de novos herbicidas recomendados em pós-emergência, sendo que, com a entrada das sulfoniluréias no mercado brasileiro, foi facilitado o controle de plantas daninhas na cultura, especialmente as da classe das folhas estreitas (FRANCO, 2003). Para Christoffoleti e Mendonça (2001), os programas de manejo de plantas daninhas na cultura de milho que utilizam herbicidas pós-emergentes tem aumentado bastante nos últimos anos. No entanto, o aumento de áreas aplicadas com herbicidas pós-emergentes tem alguns questionamentos importantes, sendo o primeiro relativo à seletividade e época de aplicação do herbicida em relação ao estágio fenológico da cultura, pois, se o momento de aplicação for inadequado, a produção da cultura pode ser reduzida pela injúria causada pelo herbicida na cultura; e o segundo refere-se ao estágio de desenvolvimento da planta daninha, o qual deve ser aplicado com as plantas daninhas em estágio de maior suscetibilidade aos herbicidas.

Entre as estratégias utilizadas para contemplar as novas necessidades de manejo de plantas daninhas está a aplicação de misturas de glyphosate em combinação com outros herbicidas, em pós-emergência. Combinações de herbicidas são benéficas porque requerem menor tempo para aplicação e custam menos, comparados à aplicação de cada herbicida individualmente, e porque elas podem ampliar o espectro de plantas daninhas controladas (NORRIS et al., 2001).

### 2.5 Utilização de Organismos Geneticamente Modificados (OGM)

Dos 21,2 milhões de hectares plantados com milho geneticamente modificado (GM) no mundo em 2006, 11,3 milhões de hectares (53,3%) era constituído por milho resistente a insetos (*Bt*), 6,5 milhões (30,7%) por milho *Bt* e tolerante a herbicidas (HT) e 3,4 (16%) por milho HT. Todavia, cada uma dessas características pode conter eventos diferentes com o intuito de atender às peculiaridades regionais (PAVÃO, 2008).

O cultivo de milho requer alguns cuidados especiais que devem ser compreendidos para melhor entender quais os benefícios associados à adoção de espécies GM. O milho convencional está exposto a dois grandes riscos: plantas daninhas e pragas (PEREIRA et al., 2007).

Os benefícios obtidos com a utilização de milho resistente a insetos são proporcionais à incidência de pragas na região. De forma geral, nas regiões com alta infestação de pragas, admite-se que o milho resistente a insetos possa proporcionar aumento na qualidade e na produtividade, reduzindo os riscos de perda da produção e diminuindo os custos com defensivos químicos, sendo menos prejudicial ao meio ambiente e à saúde dos trabalhadores envolvidos na produção (PAVÃO, 2008).

As plantas OGM (Organismos Geneticamente Modificados), com o evento *Bt*, e em alguns casos eliminam a necessidade de uso de agroquímicos, reduzindo a quantidade de práticas culturais normais nas plantas não OGM (Organismos Geneticamente Modificados). A mudança nas práticas culturais e a redução do uso de agroquímicos podem reduzir os custos e diminuir os riscos de perdas na produção da cultura, possibilitando o aumento da renda do agricultor (DUARTE et al., 2005).

O uso de milho *Bt* resultou em uma modesta redução dos custos de aplicação de inseticidas, porém, os retornos do aumento da produtividade do milho *Bt* foram maiores que o prêmio pago pela semente transgênica e a taxa de tecnologia cobrada por esta semente (MARRA et al., 1998; DUARTE et al., 2005).

### 2.5.1 Milho *Bt*

O controle de insetos nas lavouras também pode ser resolvido com a biotecnologia. Ao inserir no genoma da planta um gene proveniente da bactéria *Bacillus thuringiensis* (*Bt*), como no caso do milho *Bt*, esta codifica a proteína tóxica, derivada de *Bacillus thuringiensis* (*Bt*) (SYNGENTA, 2007), que atua no sistema digestivo dos insetos pertencentes à ordem Lepidóptera, Coleóptera e Díptera (CEPEA, 2008), causando a morte. O aumento da produtividade observado com o uso de sementes resistentes a insetos corresponde à parte que não foi atacada pelas pragas.

Para que uma planta transgênica seja considerada efetivamente uma tecnologia e possa integrar-se aos sistemas produtivos, há necessidade de que ela não represente riscos à saúde e

ao ambiente, condição essencial para que a comercialização seja realizada sem restrições (FONTES; MELO, 1999). Portanto, existe uma grande preocupação com relação ao impacto das plantas transgênicas no meio ambiente, uma vez que o resultado das interações entre os organismos geneticamente modificados e o meio ambiente não pode ser sempre previsto.

Apesar dos vários estudos visando avaliar o efeito das plantas geneticamente modificadas sobre os organismos não-alvo, poucos trabalhos têm avaliado o efeito sobre a biodiversidade ou sobre a comunidade de insetos (DICKSON; WHITHAM, 1996; LOZZIA, 1999). Visto que a conservação da biodiversidade e mais especificamente dos agentes de controle biológico é uma importante estratégia no manejo integrado de pragas, especial atenção deve ser dada a esse contexto, bem como aos fatores que podem afetar essa biodiversidade.

## 2.5.2 Milho RR

### 2.5.2.1 O desenvolvimento de milho tolerante a herbicida

Com o aumento da área plantada em milho no Brasil e a adoção das tecnologias disponíveis, a utilização de herbicida em pós-emergência na cultura do milho tem se tornado cada vez mais frequente (SILVA et al., 1998). No entanto, esses herbicidas utilizados não totalmente seletivos podem causar injúrias às plantas de milho. Como esses agentes químicos são basicamente bloqueadores de processos metabólicos, entre os quais a fotossíntese, a questão que surge é relacionada aos efeitos dessas injúrias na produtividade. A área foliar verde do milho é tida como a principal fonte de fotoassimilados para a planta (MAGALHÃES et al., 1995; MAGALHÃES; JONES, 1990) e, segundo (FANCELLI, 1998), uma perda nessa fonte poderá refletir no desenvolvimento da planta e na produção de grãos.

Nas suas primeiras fases de desenvolvimento (3-12 folhas) o milho é muito sensível à concorrência das ervas daninhas pela luz, água e nutrientes. O controle de infestantes em agricultura convencional ocorre geralmente antes ou pouco depois da emergência da cultura, para eliminar as ervas em seu estágio inicial. Para isso, é frequente o uso de misturas de herbicidas ativos através do solo, com outros de absorção foliar (MONSANTO, 2004).

As culturas tolerantes a herbicidas estão sendo desenvolvidas desde 1980, respondendo à procura dos agricultores, que buscam sistemas mais simples e eficazes, que permitam uma agricultura mais compatível com o meio ambiente. As características de tolerância a herbicidas permitem maior flexibilidade no controle de infestantes, usando um menor número de substâncias ativas (MONSANTO, 2004).

Atualmente, as principais variedades de milho geneticamente modificadas tolerantes a herbicidas (GMHT) disponíveis no mercado, oferecem tolerância aos herbicidas glifosato ou glufosinato de amônio (conhecidas como variedades Roundup Ready® ou Liberty Link®, respectivamente). Outras variedades de milho, tolerantes a herbicidas do grupo das imidazolinonas ou ciclohexanona, obtidas por métodos diferentes da modificação genética, têm sido também comercializadas (MONSANTO, 2004).

#### 2.5.2.2 Milho Roundup Ready 2®

A chegada da tecnologia Roundup Ready® para a cultura do milho, representa mais um passo nas possibilidades de controle das plantas daninhas que competem com o mesmo.

Os novos híbridos Roundup Ready 2® (evento NK 603) toleram aplicações pós-emergentes do herbicida registrado para este uso, que contenha como ingrediente ativo o glyphosate, sem nenhuma redução no rendimento potencial do híbrido (PIONEER, 2010).

A tecnologia Roundup Ready 2® no milho, assim como na soja, permite que a cultura continue seu desenvolvimento devido à ação contínua da enzima CP4 EPSPS, mesmo após a aplicação do herbicida registrado para aplicação em pós-emergência no milho, que possui como ingrediente ativo o glyphosate (PIONEER, 2010; KRUSE et al., 2000).

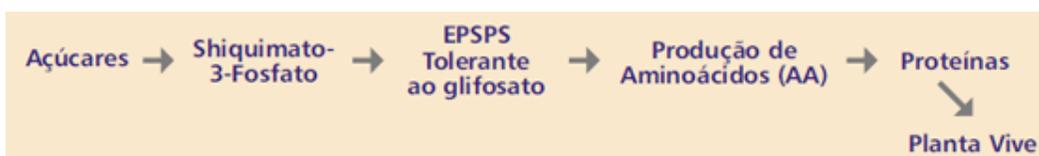
O glyphosate é um herbicida não seletivo, que controla folhas largas e gramíneas através da inibição da enzima EPSPS. Esta enzima catalisa (acelera) um passo fundamental na rota do ácido schiquímico, na biossíntese de aminoácidos aromáticos, em plantas e microorganismos. A inibição desta enzima pelo glyphosate causa uma deficiência no crescimento das plantas, causando a sua morte, conforme a figura 1 abaixo (PIONEER, 2010).

**Figura 1:** Morte da planta após a aplicação com glyphosate, sem produção de aminoácidos.



A proteína CP4 EPSPS (proveniente de *Agrobacterium sp.*, cepa CP4) tem baixa afinidade pelo glyphosate em comparação com outras enzimas EPSPS. Assim, quando se trata as plantas de milho Roundup Ready 2® com herbicidas à base de glyphosate, estas continuam crescendo graças à ação contínua da enzima CP4 EPSPS tolerante, que proporciona à planta os aminoácidos aromáticos necessários para continuar o seu desenvolvimento, conforme a figura 2 (PIONEER, 2010).

**Figura 2:** Planta com tolerância ao glyphosate, há produção de aminoácidos.



Os animais não apresentam esta biossíntese de aminoácidos aromáticos, o que explica a ação seletiva do glyphosate sobre as plantas e sua baixa toxicidade para mamíferos (PIONEER, 2010).

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Local e condições gerais do experimento

A área experimental onde foi realizado o trabalho, pertence ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia – IFSULDEMINAS, campus Machado e situa-se na rodovia Machado - Paraguaçu Km 3, Machado – MG, (Latitude -21° 40' 29" S; Longitude -45° 55' 11" O). A altitude situa - se em torno de 873 m, pluviosidade de 1592,7 mm anuais e temperatura média de 19,6 °C. A vegetação nativa é a dominante na área e apresenta-se uma topografia plana e regular e o tipo de solo do local foi classificado como Latossolo Vermelho Eutrófico, segundo (EMBRAPA, 1999). O experimento foi conduzido em uma área que já era estabelecida pelo plantio de milho, no sistema convencional, há cinco anos consecutivos.

A semeadura do milho, do tipo “safra”, ocorreu em área sem irrigação, com preparo de solo convencional, através de aração e gradagem, apresentando a seguinte análise química, conforme a tabela 1, segundo a metodologia descrita por (SILVA, 1999).

**Tabela 1.** Características químicas do solo avaliadas na camada de 0 a 0,20 m.

Ph	P	K	Ca	Mg	Al	H+Al
H <sub>2</sub> O	—mg dm <sup>-3</sup> —		—cmol dm <sup>-3</sup> —			
6,0	23	124	2,4	0,7	0	1,9
SB	T	T	V	m	M.O.	P-rem
—mg dm <sup>-3</sup> —		—%—		dag Kg <sup>-1</sup>		mg L <sup>-1</sup>
3,4	3,4	5,3	65	0	1,8	15

Com base nesses resultados, verificou-se que não havia necessidade de efetuar calagem na área, pois o índice de saturação por bases iniciais do solo (V%) na profundidade de (0 - 0,20 m) foi 65%, ou seja, acima do exigido pela cultura (60%), segundo (RIBEIRO, 1999).

Foram utilizados dois híbridos de porte e características similares: Híbrido 1 VT PRO 1 e híbrido 2 VT PRO 2. O híbrido 1 apresenta o evento de transgenia de resistência a lagarta do cartucho (*Spodoptera frugiperda*) e o híbrido 2 apresenta o mesmo evento de transgenia de resistência a lagarta do cartucho (*Spodoptera frugiperda*) e também ao roundup, denominado Roundup Ready (RR).

Estes híbridos são: híbridos simples, semi-precoce, com grãos semi-duro, de cor amarelo-alaranjado. A semeadura foi realizada em 26 de outubro de 2011, sendo o plantio realizado mecanicamente. A emergência das plantas ocorreu sete dias após a semeadura, de maneira uniforme, onde não houve a necessidade de se fazer o desbaste das plantas. A densidade de plantio utilizada foi de 5 sementes por metro linear, com espaçamento de 0,75 m entre linhas, totalizando uma população de 66666 plantas por hectare. A adubação de semeadura foi baseada na análise de solos e constou com: 43 Kg ha<sup>-1</sup> de N; 130 Kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>; 43 Kg ha<sup>-1</sup> K<sub>2</sub>O, por meio da aplicação de 430 Kg ha<sup>-1</sup> do adubo formulado 10-30-10. Foi realizada uma adubação de cobertura, também baseada na análise de solos, quando as plantas estavam no estágio fenológico de cinco a seis folhas verdadeiras, em 29 de novembro de 2011, e constou com: 105 Kg ha<sup>-1</sup> de N; 35 Kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O por meio da aplicação de 350 Kg ha<sup>-1</sup> do adubo formulado 30-00-10.

Durante a realização do experimento foram registradas as temperaturas máximas, mínimas e médias diárias, bem como a umidade relativa do ar e a ocorrência de precipitações, através da estação meteorológica de Machado - MG, encontrado pelo BDMEP – INMET (2012). Na tabela 2 estão as medidas e os totais mensais.

**Tabela 2.** Dados meteorológicos do período de outubro 2011 a abril 2012.

MÊS	T MAX <sup>1</sup> (°C)	T MIN <sup>2</sup> (°C)	T MED <sup>3</sup> (°C)	UR MED <sup>4</sup> (%)	PRECIPITAÇÃO (mm)
Outubro	22,7	14,4	17,5	89,0	203,8
Novembro	27,4	15,9	21,6	66,8	115,8
Dezembro	26,7	18,0	22,3	76,3	264,3
Janeiro	27,7	17,6	22,6	76,5	313,2
Fevereiro	30,1	18,9	24,5	69,3	90,1
Março	28,5	17,4	22,9	71,5	113,0
Abril	29,3	17,0	23,1	74,0	27,3
Total	-	-	-	-	1127,5

<sup>1</sup> – Temperatura máxima do mês; <sup>2</sup> – Temperatura mínima do mês; <sup>3</sup> – Temperatura média do mês; <sup>4</sup> – Umidade relativa do ar do mês. (INMET, 2012).

### 3.2 Delineamento experimental e tratamentos

Foi empregado o delineamento experimental em blocos ao acaso (DBC), utilizando 6 tratamentos e 4 repetições, totalizando 24 parcelas. Cada parcela constava de 4,5 m de largura (seis linhas da cultura) por 6 metros de comprimento e espaçamento de 0,75 m, totalizando 27 m<sup>2</sup> de área total. O rendimento foi obtido através da colheita das espigas da terceira e quarta linhas da parcela, em seus 3 metros centrais, totalizando-se uma área útil de 4,5 m<sup>2</sup>.

Foram utilizados seis tratamentos diferentes nos híbridos, sendo que no híbrido VT PRO 1, com resistência a lagarta do cartucho foram aplicados os herbicidas, atrazine + tembotrione (triazinas + benzoilciclohexanodiona); atrazine + nicosulfuron (triazinas + sulfoniluréias); atrazine + mesotrione (triazinas + tricetonas) e tratamento testemunha em que não foi aplicado nenhum herbicida. Para o híbrido VT PRO 2, com resistência a lagarta do cartucho e ao roundup foi aplicado o herbicida atrazine + glyphosate (triazinas + glicina substituída) e o outro tratamento que foi a testemunha sem aplicação de herbicidas. Todos os tratamentos foram capinados manualmente durante todo o experimento, não havendo competição com plantas daninhas. A descrição detalhada dos herbicidas utilizados no experimento está apresentada na tabela 3.

**Tabela 3.** Características dos produtos utilizados no experimento

Herbicidas		Mecanismo de Ação <sup>5</sup>	Formulação <sup>4</sup>	Dose	
Princípio Ativo	Nome Comercia I			I.A. <sup>2</sup> (g ha <sup>-1</sup> )	P.C. <sup>3</sup> (mL ha <sup>-1</sup> )
Atrazine + Glyphosate <sup>1</sup>	Atrazina Nortox 500 + Roundup	PS II + EPSPs	SC + CS	1500 + 1200	3000 + 2500
Atrazine + Tembotrione 1	Atrazina Nortox 500 + Soberan	PS II + PDS	SC + SC	1500 + 100,8	3000 + 240
Atrazine + Nicosulfuron 1	Atrazina Nortox 500 + Sanson	PS II + ALS	SC + SC	1500 + 50	3000 + 1250
Atrazine + Mesotrione <sup>1</sup>	Atrazina Nortox 500 +	PS II + PDS	SC + SC	1500 + 120	3000 + 300

<sup>1</sup> Adição de Assist a 0,5%; <sup>2</sup> Ingrediente Ativo; <sup>3</sup> Produto Comercial; <sup>4</sup> Formulação: SC - Suspensão Concentrada e CS - Concentrado Solúvel. <sup>5</sup> Inibidores de crescimento: Inibidores do fotossistema II (PS II); Inibidores da EPSPs (EPSPs); Inibidores da biossíntese de caroteno (PDS); Inibidores da ALS (ALS).

### 3.3 Metodologia de aplicação

O equipamento usado para a aplicação dos herbicidas pós-emergentes foi um pulverizador costal convencional da Jacto®, com capacidade para 20 litros. A barra de aplicação contava com um bico do tipo leque, modelo Teejet XL 11002 VS. O volume de calda aplicado foi de 200 L ha<sup>-1</sup> e o estágio de desenvolvimento do milho, na ocasião da aplicação, era de quatro a cinco folhas verdadeiras. A aplicação dos tratamentos herbicidas, ocorreu no dia 21 de novembro de 2011, entre as 08:00h e as 11:00h. Não houve necessidade de aplicação de inseticidas, já que as pragas não chegaram a causar dano econômico.

### 3.4 Colheita e avaliações realizadas

A colheita das espigas da área útil foi realizada no dia 18 de abril de 2012, 175 dias após a semeadura, de forma manual. Nesta fase o milho apresentava-se com 16,3% de umidade.

As variáveis avaliadas foram: fitotoxicidade, altura das plantas de milho do solo até a inflorescência, altura das plantas de milho do solo até a espiga, número de espigas, peso de espigas (palha, sabugo e grãos), número de fileiras de grãos por espiga, número de grãos por fileira, número de grãos por espiga, peso de cem grãos, tamanho de espigas e rendimento (Kg ha<sup>-1</sup>).

A fitotoxicidade em todas as plantas da área útil foi avaliada aos 7, 14, 21 e 28 Dias Após a Aplicação (DAA) através da porcentagem de danos causados à morfologia das plantas de milho, quanto a lesões necróticas, deformadoras e cloróticas, bem como quanto à redução de crescimento. Foram realizadas observações visuais, sendo que se administrou a nota 0 para plantas normais, iguais à testemunha e 100 para plantas mortas, seguindo a metodologia descrita por (SBCPD, 1995), conforme apresentado na tabela 4. Esta porcentagem de

fitotoxicidade foi realizada por três avaliadores, em todas as épocas de avaliação (7, 14, 21 e 28 DAA), a qual se retirou a média de porcentagem por parcela.

**Tabela 4.** Descrição dos valores conceituais aplicados para avaliações visuais de sintomas de fitotoxicidade na escala da Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas, Londrina/PR, 1995.

Descrição conceitual
< 5% Sem injúria. Sem efeito sobre a cultura.
Até 20% Injúrias leves e ou redução de crescimento com rápida recuperação. Efeitos insuficientes para promover reduções de produtividade.
21 a 40% Injúrias moderadas e ou reduções de crescimento com lenta recuperação ou definitiva. Efeitos intensos o suficiente para promover pequenas reduções de produtividade.
41 a 75% Injúrias severas e ou reduções de crescimento não recuperáveis e ou reduções de estande. Efeitos intensos o suficiente para promover drásticas reduções de produtividade.
76 a 100% Destruição completa da cultura ou somente algumas plantas vivas.

Fonte: SBCPD, 1995.

A medição de altura das plantas ocorreu aos 75 dias após emergência, aferindo-se cinco plantas por parcela, do nível do solo à base da panícula de floração e do nível do solo até a espiga.

A contagem do número de espigas e peso de espigas (palha, sabugo e grãos) foi realizado com todas as espigas colhidas dentro da área útil de cada parcela. A contagem do número de fileiras de grãos por espiga, número de grãos por fileira, número de grãos por espiga e tamanho de espigas, foram realizadas com dez espigas de cada parcela da área útil.

As espigas foram contadas e pesadas, em seguida foram despalhadas e debulhadas mecanicamente, de forma a separar os grãos de cada parcela, os quais foram pesados. Nesse momento cada amostra teve sua umidade mensurada em porcentagem, a qual serviu para correção do peso total de grãos por parcela para 13% de umidade de grão (umidade comercializável). Ao mensurar-se a umidade das amostras também foi feita a pesagem de cem grãos, peso este que também foi corrigido para 13% de umidade, através da seguinte fórmula:

$$PC = (100 - UI) / (100 - UC) * PI$$

Em que: PC = peso corrigido ( $\text{Kg ha}^{-1}$ ), para 13% de umidade;

UI = umidade inicial;

UC = umidade corrigida;

PI = peso inicial ( $\text{Kg ha}^{-1}$ ).

### **3.5 Análise estatística**

Os dados foram analisados estatisticamente através da aplicação do teste F sobre a análise de variância, seguida pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade para comparação das médias dos tratamentos. Para tanto, empregou-se o programa estatístico SISVAR.

#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A tabela 5 apresenta os dados de fitotoxicidade observados na cultura do milho em função da aplicação de herbicidas nos dois híbridos testados. No tratamento composto por atrazine + nicosulfuron foi observado maior efeito fitotóxico aos 7 dias após a aplicação (DAA), comportamento este que se estendeu até os 28 DAA. A fitotoxicidade atingiu valores de 6,66 a 3,41%, sendo considerada leve. Resultados semelhantes foram observados por Nicolai et al. (2006), em trabalho utilizando o híbrido AGN 2012, apresentando o mesmo tratamento (atrazine + nicosulfuron), e dosagem de: (1500 + 20) g ha<sup>-1</sup> de ingrediente ativo, respectivamente, verificando que a fitotoxicidade aos 7 DAA atingiu valores em torno de 7%. Visto que, independente da concentração de nicosulfuron utilizada, ainda prevalece o aparecimento de lesões leves de fitotoxicidade, quando utilizado no mesmo estágio de desenvolvimento vegetativo das plantas. Estudos mostram que nos estádios iniciais de desenvolvimento, plantas de milho apresentam maior capacidade de metabolização do nicosulfuron do que nos estádios avançados de desenvolvimento vegetativo (McMULLAN; BLACKSHAW, 1995; SWANTON et al., 1996; FAHL; CARELLI, 1997), devendo a aplicação ser realizada com o milho apresentando entre 2 a 6 folhas expandidas (LÓPEZ-OVEJERO et al., 2003), como realizado no presente estudo.

A aplicação de nicosulfuron, na dose de 60 g ha<sup>-1</sup>, com 9 folhas expandidas, reduziu a produtividade do milho (SPADER; VIDAL, 2001). Segundo Siminski et al. (1995), há diferença de sensibilidade de variedades de milho ao nicosulfuron e resulta, em parte, do metabolismo diferencial da molécula e, principalmente, da sensibilidade diferencial da acetolactato sintase (ALS), que é a enzima-alvo.

**Tabela 5.** Fitotoxicidade na cultura do milho aos 7, 14, 21 e 28 dias após a aplicação (DAA) dos tratamentos com herbicidas.

TRATAMENTOS	FITOTOXICIDADE (%)			
	7 DAA	14 DAA	21 DAA	28 DAA
VT PRO2 ATR+GLY	4,12 B	3,04 C	1,49 B	1,16 A
VT PRO1 ATR+TEM	4,83 B	2,45 B	1,58 B	1,29 A
VT PRO1 ATR+NIC	6,66 C	6,87 D	5,45 C	3,41 B
VT PRO1 ATR+MES	5,08 B	3,58 C	1,62 B	1,24 A
VT PRO2	0,0 A	0,0 A	0,0 A	0,0 A
VT PRO1	0,0 A	0,0 A	0,0 A	0,0 A
PARÂMETROS ESTATÍSTICOS				
TRATAMENTO	60,570**	125,333**	142,045**	49,390**
BLOCO	0,031 <sup>ns</sup>	0,553 <sup>ns</sup>	0,612 <sup>ns</sup>	1,050 <sup>ns</sup>
CV (%)	15,58	12,89	13,85	17,25

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na vertical não diferem entre si pelo mesmo teste de Scott-Knott, a 5 % de probabilidade. Híbrido 1 (VT PRO 1), Híbrido 2 (VT PRO 2), Atrazine (ATR), Glyphosate (GLY), Tembotrione (TEM), Nicosulfuron (NIC), Mesotrione (MES), Coeficiente de Variação (CV), DAA: Dias Após a Aplicação, \*\* - significativo pelo teste F ao nível de 1 % de probabilidade, <sup>ns</sup> - não significativo pelo teste F ao nível de 5 % de probabilidade.

Os tratamentos compostos por atrazine + mesotrione e atrazine + tembotrione apresentaram aos 7 DAA valores de injúrias de 5,08 e 4,83% , respectivamente. Nicolai et al. (2006) e Johnson et al. (2002) encontraram níveis de injúrias em plantas de milho, variando de 0 a 15%, dependendo da época de aplicação e da dose utilizada, pelo emprego de mesotrione em combinação com atrazine, nas doses de 120 e 1500 g do ingrediente ativo por hectare, respectivamente. O emprego de mesotrione na dose de 105 g ia ha<sup>-1</sup> levou a ocorrência de 8% de injúrias na cultura do milho, reduzindo a biomassa em 9% e a altura em 4% aos 11 DAA (ARMEL et al., 2003).

Segundo Freitas (2009), o manejo com o herbicida tembotrione, na dose de 100,8 gramas de ingrediente ativo por hectare, em pós-emergência, causou leve toxicidade às variedades de milho-pipoca testadas (UNB2UC3, Beija-Flor, UFV-Viçosa, Amarelo, PR-023 Maringá, Viçosa-Maringá, PA-038 Maringá, Branco, SE-013 Maringá e Angela-Embrapa),

conforme o presente trabalho, que apresentou leve toxicidade após a aplicação de tembotrione em pós-emergência, em híbridos de milho. O herbicida tembotrione ( $100,8 \text{ g i.a. ha}^{-1}$ ) isolado ou em combinação com a atrazine ( $1000 \text{ g i.a. ha}^{-1}$ ) provocou lesões leves até 14 DAA (ZAGONEL; FERNANDES, 2007). Constantin et al. (2006) também mostram uma leve fitotoxicidade inicial, caracterizada por clorose, mas que não foi mais identificada a partir de 13 dias após a aplicação do Soberan.

Rios et al. (2010) e Schulte e Kocher (2009) relataram que os herbicidas mesotrione e tembotrione em combinação com atrazine apresentam degradação metabólica rápida, não ocorrendo efeitos fitotóxicos, e afetando positivamente a biossíntese de carotenóides, o que seria interessante para produção de milho verde.

O milho apresenta tolerância ao herbicida atrazine (DAN et al., 2011; LÓPEZ-OVEJERO et al., 2003). Segundo Silva e Silva (2007), uma das explicações plausíveis para esse aumento na tolerância em gramíneas relaciona-se a menor absorção através dos tecidos foliares, reduzindo a atividade do herbicida. Para Marcacci et al. (2005), o citocromo P450 é o grande responsável pela dealquilação do herbicida em plantas tolerantes.

Na cultura do milho, ainda, foi observado pequena incidência de lesões no tratamento com o herbicida atrazine em combinação com o glyphosate no híbrido VT PRO 2, com média de 4% aos 7 DAA (tabela 5). Apesar do híbrido VT PRO 2 apresentar o gene RR, que resulta na resistência ao emprego da molécula de glyphosate, foi observado um nível leve de injúrias nas folhas. Armel et al. (2003) observaram resultados semelhantes na cultura do milho RR, sendo que o emprego de glyphosate ( $560 \text{ g i.a. ha}^{-1}$ ), em experimento no campo, apresentou em torno de 7 a 23% de fitotoxidez, provocando lesões transitórias, que não afetaram a produção do milho, e em casa de vegetação, houve redução na produção de biomassa de 4% com emprego de glyphosate ( $1120 \text{ g i.a. ha}^{-1}$ ), sozinho ou em combinação com mesotrione ( $105 \text{ g i.a. ha}^{-1}$ ).

A fitotoxicidade ao longo do tempo apresentou tendência de redução das injúrias para todos os tratamentos testados (tabela 5), mostrando que o híbrido utilizado apresentou grande capacidade em detoxificar às moléculas de herbicidas absorvidas. Contudo, mesmo quando os sintomas de fitotoxicidade não são aparentes, ainda podem ocorrer reduções de produtividade final da cultura, visto que, o que é expressado, ou seja, manifestado externamente na planta, através das lesões de fitotoxicidade, pode não ser o mesmo que é expressado internamente na planta, pois o que está interno não se pode avaliar. Constantin et al. (2006), observaram recuperação do milho após emprego de diferentes herbicidas a partir dos 17 DAA em todos os tratamentos, não ocorrendo mais qualquer sintoma de intoxicação. Nicolai et al. (2006)

relataram que aos 14 e 21 DAA, os tratamentos com mesotrione (120 g i.a. ha<sup>-1</sup>) + atrazine (1500 g i.a. ha<sup>-1</sup>) ou nicosulfuron (20 g i.a. ha<sup>-1</sup>) + atrazine (1500 g i.a. ha<sup>-1</sup>) em interação com inseticidas na cultura do milho, de modo geral, a fitotoxicidade observada foi menor quando comparada com a avaliação de 7 DAA. Aos 28 DAA, verificou-se a completa recuperação da cultura para todos os tratamentos, sendo os sintomas visuais de fitotoxicidade quase imperceptíveis. A recuperação da cultura no tempo pode ser devido às características da planta ou as condições meteorológicas (tabela 2) adequadas para o crescimento e desenvolvimento da cultura e, conseqüentemente, a metabolização dos herbicidas aplicados.

Para todos os tratamentos testados não houve diferença significativa para a altura da inflorescência (AI), altura da espiga (AE), número de fileiras de grãos por espiga (NF), número de grãos por fileira (NGF) e número de grãos por espiga (NGE), conforme apresentado na tabela 6. Estes resultados podem estar relacionados à genética bastante semelhante entre os híbridos estudados, que somente se diferem em relação ao gene que confere tolerância ao herbicida glyphosate e a tendência dos herbicidas, nos diferentes tratamentos, não apresentarem efeitos deletérios a estes componentes de produção.

As variáveis NF, NGF e NGE, devido à época de aplicação, podem não ter sofrido os efeitos deletérios dos herbicidas. López-Ovejero et al. (2003), relatou que aplicação de herbicidas entre a quarta e a sexta folha expandida seria ideal por não afetar os componentes de produção do milho. Após esta fase, a aplicação de herbicidas pode afetar a diferenciação da gema floral em panícula e, conseqüentemente, o número de fileiras e o número de grãos por espiga (ANDRADE et al., 1996).

**Tabela 6.** Altura da Inflorescência (AI), Altura da Espiga (AE), Número de Fileiras de Grãos por Espiga (NF), Número de Grãos por Fileira (NGF), Número de Grãos por Espiga (NGE), após a aplicação dos diferentes tratamentos.

TRATAMENTOS	AI (m)	AE (m)	NF	NGF	NGE
VT PRO2 ATR+GLY	2,72	1,55	17,35	30,87	535,35
VT PRO1 ATR+TEM	2,69	1,49	17,00	32,87	557,95
VT PRO1 ATR+NIC	2,74	1,50	16,50	29,85	491,55
VT PRO1 ATR+MES	2,63	1,53	17,30	32,45	561,70
VT PRO2	2,73	1,56	18,00	30,92	554,97
VT PRO1	2,65	1,52	17,67	34,97	618,92
<b>PARÂMETROS ESTATÍSTICOS</b>					

TRATAMENTO	1,421 <sup>ns</sup>	0,834 <sup>ns</sup>	3,215 <sup>ns</sup>	2,864 <sup>ns</sup>	4,002 <sup>ns</sup>
BLOCO	0,747 <sup>ns</sup>	0,082 <sup>ns</sup>	1,660 <sup>ns</sup>	0,447 <sup>ns</sup>	1,002 <sup>ns</sup>
CV (%)	2,75	3,93	2,64	6,78	7,46

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na vertical não diferem entre si pelo mesmo teste de Scott-Knott, a 5 % de probabilidade. Atrazine (ATR), Glyphosate (GLY), Tembotrione (TEM), Nicosulfuron (NIC), Mesotrione (MES), Coeficiente de Variação (CV), \*\* - significativo pelo teste F ao nível de 1 % de probabilidade, <sup>ns</sup> - não significativo pelo teste F ao nível de 5 % de probabilidade.

Os tratamentos não afetaram o peso de cem grãos (P 100 G), comprimento da espiga (CE) e o número de espigas (NE). O maior peso de espigas (PE) foi observado no híbrido 1 (PRO 1), na ausência de herbicida (tabela 7).

A produtividade foi afetada pelo emprego de herbicidas no híbrido VT PRO 1 (tabela 7). Maior produtividade foi observado no tratamento VT PRO 1, na ausência de herbicidas, a qual não diferiu do tratamento composto por atrazine + mesotrione. Os demais tratamentos apresentaram redução de produtividade que variou de 1.066,11 a 1.122,77 Kg ha<sup>-1</sup> (tabela 7). Entretanto, para todos os tratamentos, a produtividade foi alta, atingindo valores superiores a dez toneladas, podendo ser classificado como híbrido de alta tecnologia.

O emprego do herbicida glyphosate não provocou redução de sua produtividade no híbrido VT PRO 2, quando comparado a sua testemunha (tabela 7). Este resultado é devido basicamente à presença do gene RR. Vários relatos afirmam que o milho RR apresenta baixa fitotoxicidade à molécula de glyphosate, controlando as plantas daninhas e aumentando a produtividade. (NURSE et al., 2006; NORSWORTHY; FREDERICK, 2005; ARMEL et al., 2003; JOHNSON et al., 2000).

**Tabela 7.** Peso de 100 Grãos (P 100 G), Comprimento das Espigas (CE), Número de Espigas (NE), Peso das Espigas (PE), Produtividade (P) após a aplicação dos diferentes tratamentos.

TRATAMENTOS	P 100 (g)	CE (cm)	NE	PE (kg)	P (kg ha <sup>-1</sup> )
VT PRO2	36,39	15,98	27,25	5,99 B	10366,66 B
ATR+GLY					
VT PRO1	34,48	16,82	30,25	6,10 B	10328,88 B
ATR+TEM					
VT PRO1	35,99	15,10	28,25	6,11 B	10272,22 B
ATR+NIC					
VT PRO1	36,21	16,33	26,00	5,96 B	11207,49 A
ATR+MES					
VT PRO2	36,02	16,13	29,75	6,13 B	10196,66 B
VT PRO1	36,87	17,04	28,50	6,41 A	11394,99 A
PARÂMETROS ESTATÍSTICOS					
TRATAMENTO	0,989 <sup>ns</sup>	1,859 <sup>ns</sup>	2,085 <sup>ns</sup>	10,340**	52,604**

BLOCO	1,517 <sup>ns</sup>	0,217 <sup>ns</sup>	0,775 <sup>ns</sup>	0,711 <sup>ns</sup>	0,985 <sup>ns</sup>
CV (%)	4,52	6,22	7,68	3,13	1,95

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na vertical não diferem entre si pelo mesmo teste de Scott-Knott, a 5 % de probabilidade. Atrazine (ATR), Glyphosate (GLY), Tembotrione (TEM), Nicosulfuron (NIC), Mesotrione (MES), Coeficiente de Variação (CV), \*\* - significativo pelo teste F ao nível de 1 % de probabilidade, <sup>ns</sup> - não significativo pelo teste F ao nível de 5 % de probabilidade.

A produtividade do híbrido VT PRO 2 foi menor quando comparada a produtividade do híbrido VT PRO1 (tabela 7). Este resultado não era esperado, uma vez que, a genética desses híbridos são semelhantes, diferindo somente em relação ao gene RR presente no híbrido VT PRO 2. Não existem relatos na literatura científica de queda na produtividade do milho RR, quando comparados a híbridos com mesma base genética, que não apresentam esta tecnologia. Provavelmente, a inserção desse gene resultou de alguma forma na queda da produtividade. Entretanto, novos trabalhos devem ser realizados no intuito de verificar as causas dessa queda de produtividade.

O tratamento composto por atrazine em combinação com nicosulfuron reduziu a produtividade em comparação com sua testemunha (tabela 7). López-Ovejero et al. (2003) observaram que a combinação de atrazine e nicosulfuron no estágio de oito folhas foi mais deletério que a aplicação desta combinação no estágio de quatro folhas, reduzindo a produtividade de 1.691,91 a 911,7 Kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente, evidenciando a importância da época de aplicação quando se trata do herbicida nicosulfuron. Entretanto, no presente trabalho, a redução da produtividade em relação ao emprego desse tratamento foi provavelmente em função da interação desses herbicidas com o híbrido, principalmente devido ao emprego do nicosulfuron, sendo este comportamento relatado em alguns trabalhos (CAVALIERI et al., 2008; SPADER; ANTONIAZZI, 2006; LÓPEZ-OVEREJO et al., 2003; SPADER; VIDAL, 2001).

No tratamento que se utilizou de atrazine + tembotrione, houve uma redução significativa de 1.066 Kg ha<sup>-1</sup> em relação a sua testemunha (tabela 7). Entretanto, Zagonel e Fernandes (2007) afirmaram que o emprego de atrazine (1000 g i.a. ha<sup>-1</sup>) em mistura com tembotrione (100, 8 g i.a. ha<sup>-1</sup>) provocou fitotoxicidade, durante o experimento, não afetando a produtividade, a qual girou em torno de 9.300 kg ha<sup>-1</sup>. Em contrapartida, no presente trabalho, a produtividade foi relativamente alta, 10.328,88 Kg ha<sup>-1</sup>, o que pode ter sido um efeito do ambiente ou a genética do próprio híbrido.

Em todos os tratamentos testados houve o mesmo e em menor grau, sintomas de lesões por fitotoxicidade de herbicidas seletivos à cultura. A diminuição da produtividade do milho pode estar relacionada às lesões que reduzem a área foliar, diminuindo a produção de fotoassimilados, bem como a inibição em maior ou menor grau de rotas metabólicas que podem também aumentar a necessidade de nutrientes ou reduzir produtos fotossintéticos importantes para o crescimento e produção da cultura. Segundo López-Ovejero (2000), a evolução dos sintomas de fitotoxicidade até aparente total recuperação das plantas ainda pode reservar reduções da produtividade final da cultura, já que o período de recuperação dos danos fitotóxicos pode reduzir o rendimento final. Segundo Damiano Filho et al. (1996), mesmo quando os sintomas de fitotoxicidade no milho não são aparentes, ainda pode ocorrer diminuição da produtividade da cultura dependendo basicamente da seletividade do herbicida, da dose aplicada, do estágio de desenvolvimento das plantas e das condições ambientais no momento da aplicação (SIEGELIN, 1993).

## 5 CONCLUSÃO

Nas condições em que foi realizado o presente trabalho conclui-se que:

1. A combinação dos herbicidas testados leva ao surgimento de lesões leves de fitotoxicidade nas folhas de milho;
2. Atrazine em combinação com tembotrione ou nicosulfuron reduz a produtividade dos híbridos testados.
3. A aplicação de ghyphosate em milho RR não apresenta efeitos deletérios à cultura.

## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDIN, O. A. et al. Cover crops and interrow tillage for weed control in short season maize (*Zea mays*). **Eur. J. Agron.**, Viçosa, v. 12, p. 93-102, jan/mar. 2000.

AGROFIT: Sistema de Agrotóxicos Fitossanitários. Brasília: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Coordenação Geral de Agrotóxicos e Afins, 2003. Disponível em: <[http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit\\_cons/principal\\_agrofit\\_cons](http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons)>. Acesso em: 9 nov. 2008.

ADORYAN, M.L.; GELMINI, G.A.; VICTÓRIA FILHO, R. Eficiência do herbicida Equip Plus no controle de plantas daninhas na cultura do milho. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 23, Londrina, 2002. **Resumos...** Londrina: SBCPD; Embrapa Clima Temperado, 2002. p. 347.

ALMEIDA, J.C.V.; LEITE, C.R.F.; FONTES, A. Eficácia agronômica dos herbicidas foramsulfuron e foramsulfuron + Iodosulfurom methyl, aplicados em pós-emergência para o controle de plantas daninhas na cultura de milho. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 23, Londrina, 2002. **Resumos...** Londrina: SBCPD, Embrapa Clima Temperado, 2002. p. 373.

ALVES, R.F. et al. Avaliação dos novos herbicidas foramsulfuron + Iodosulfurom para cultura do milho. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 23, 2002, Londrina. **Resumos...** Londrina: SBCPD; Embrapa Clima Temperado, 2002. p. 368.

ANDERSON, W.P. Weed science principles. Minnesota: **West Publ.**, 1993. 655 p.

ANDRADE, F. et al. **Ecofisiologia del cultivo de maíz**. Balcarce: La Barrosa, 1996. 292p.

ANDRADE, R.V. **Importância e uso de banco de germoplasma para o melhoramento genético vegetal – milho.** In: UDRY, C.V.; DUARTE, W. Uma história brasileira do milho: o valor dos recursos genéticos. Brasília: Paralelo 15, 2000. p. 79-84.

ARMEL, G. R. et al. Mesotrione Alone and in Mixtures with Glyphosate in Glyphosate-Resistant Corn (*Zea mays*). **Weed Technology**, Painter, v. 17, n.4, p. 680-685, oct/dec. 2003.

BACHIEGA, A.L.; SOARES, J.E. Callisto (mesotrione) – Novo herbicida para o controle de plantas daninhas em pós-emergência, na cultura do milho. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 23, Londrina, 2002. **Resumos...** Londrina: SBCPD; Embrapa Clima Temperado, 2002. p.655.

BALBINOT JUNIOR, A.A.; FLECK, N.G. Manejo de plantas daninhas na cultura de milho em função do arranjo espacial de plantas e características dos genótipos. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, n. 1, p. 245-252, 2005.

BIANCHI, M.A. Manejo integrado de plantas daninhas. In: CAMPOS, B.C. de (Coord.). **A cultura do milho em plantio direto.** Cruz Alta: FUNDACEP; FECOTRIGO, 1998. p. 125-142.

CARVALHO, F.T. et al. Eficácia de herbicidas no controle pós-emergente de plantas daninhas na cultura do milho. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 23, 2002, Londrina. **Resumos...** Londrina: SBCPD; Embrapa Clima Temperado, 2002. p. 366.

CAVALIERI, S.D. et al. Tolerância de híbridos de milho ao herbicida nicosulfuron. **Planta Daninha**, Viçosa, v.26, n.1, p. 203-214, fev/maio 2008.

CENTRO DE ESTUDOS AVANÇADOS EM ECONOMIA APLICADA (CEPEA) 2008. **ESALQ/USP.** Disponível em: <<http://www.cepea.esalq.usp.br/>> Acesso em: 22 out. 2011.

CHRISTOFFOLETI, P.J.; CORTEZ, M.G.; MONQUEIRO, P.A. Bases da resistência de plantas daninhas aos herbicidas. In: SEMINÁRIO NACIONAL SOBRE MANEJO E CONTROLE DE PLANTAS DANINHAS EM PLANTIO DIRETO, 3, 2001 Passo Fundo. **Resumo de palestras...** Passo Fundo: Editora Aldeia Norte, 2001. p.39-53.

CHRISTOFFOLETI, P.J.; MENDONÇA, C.G. de. Controle de plantas daninhas na cultura de milho: enfoque atual. In: FANCELLI, A.L.; DOURADO-NETO, D. (Coord.) **Milho: tecnologia e produtividade.** Piracicaba: ESALQ/LPV, 2001. p. 60-95.

CHRISTOFFOLETI, P.J. Resistência de plantas daninhas aos herbicidas. In: SIMPÓSIO SOBRE HERBICIDAS E PLANTAS DANINHAS, 1, **Anais...** Dourados: EMBRAPA, 1997. p. 75-94.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). **Levantamentos de safra 2011/12**. Disponível em:

<[http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/12\\_07\\_05\\_08\\_41\\_20\\_boletim\\_graos\\_-\\_10julho\\_2012.pdf](http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/12_07_05_08_41_20_boletim_graos_-_10julho_2012.pdf)>. Acesso em: 31 jul. 2012.

CONSTANTIN, J. et al. Seletividade e eficácia agrônômica do novo herbicida tembotrione para a cultura do milho. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 25, 2006, Brasília. **Anais...** Brasília, 2006. v. 1.

CONTEIRO, R.L.; LOPES, M.C. Eficiência e toxicidade de herbicidas no controle de plantas daninhas em pós-emergência na cultura do milho. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHA S, 23, 2002, Londrina. **Resumos...** Londrina: SBCPD; Embrapa Clima Temperado, 2002. p. 328.

DAMIÃO FILHO, C.F.; MÔRO, F.V.; TAVEIRA, L.R. Respostas de híbridos de milho ao Nicosulfuron. I - Aspectos biológico e da produção. **Planta Daninha**, Viçosa. v.14, n.1, p.3-13, mar./1996.

DAN, H.D. et al. Tolerância do cultivar de milho ADR-300 ao herbicida atrazine. **Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v. 42, n. 1, p. 193-198, jan/mar. 2011.

DICKSON, L.L.; WHITHAM, T.G. Genetically-based plant resistance traits affect arthropods, fungi, and birds. **Oecologia**, Davis. v.106, p.400- 406, 1996.

DORNELLES, S.H.B. et al. Eficiência da mistura foramsulfuron + Iodosulfurom methyl no controle de plantas daninhas na cultura de milho. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHA S, 23, 2002, Londrina. **Resumos...** Londrina: SBCPD; Embrapa Clima Temperado, 2002. p.385.

DUARTE, J. O.; GARCIA, J. C.; MATTOSO, M. J. **Análise de custo de produção de milho transgênico e não transgênico**. Sete Lagoas: Embrapa milho e sorgo, 2005. p.22.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília, 1999. 412 p.

FAGLIARI, J.R. et al. Utilização de testemunhas duplas na avaliação da seletividade de herbicidas aplicados na cultura do milho. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 23, 2002, Londrina. **Resumos...** Londrina: SBCPD; Embrapa Clima Temperado, 2002. p.353.

FAHL, J.L., CARELLI, M.L. Eficiência do nicosulfuron no controle de capim massambará na cultura do milho. **Planta Daninha**, Londrina, v.15, n.1, p.46-52, 1997.

FANCELLI, A.L.; DOURADO-NETO, D. Fenologia do milho. In: **Milho: tecnologia e produtividade**. Piracicaba: ESALQ, LPV, 2001. 259 p.

FANCELLI, A.L.; DOURADO-NETO, D. Fenologia do milho. In: **Produção de Milho**. Guaíba: Agropecuária, 2000. 360 p.

FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. Milho: ecofisiologia e rendimento. In: FANCELLI, A.L.; DOURADO NETO, D. (Coord.). **Tecnologia da produção de milho**. Piracicaba: Publique, 1997. p.157-170.

FANCELLI, A.L. et al. Determinação do período de interferência de plantas daninhas em milho fundamentado nos estádios fenológicos da cultura. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 22, 1998, Recife. **Resumos...** Recife: Idéia, 1998. p.165.

FANCELLI, A.L. et al. Influência do uso de herbicidas no rendimento e nos componentes de produção de milho. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 22, 1998b, Recife. **Resumos...** Recife: Idéia, 1998. p.245.

FERNANDEZ-CORNEJO, J.; MCBRIDE, W. **Genetically engineered crops for pest management in US agriculture: farm level benefits**. USDA, 2000. (ERS Agricultural Economics Report, 786).

FONTES, E.M.G.; MELO, P.E. Avaliação de riscos na introdução no ambiente de plantas transgênicas. In: TORRES, A.C.; CALDAS, L.S.; BUSO, J.A. (Ed.). **Cultura de tecidos e transformação genética de plantas**. Brasília: Embrapa-SPI/Embrapa-CNPQ, 1999. v.2, p.815-843.

FORNAROLLI, D. A. et al. Influencia do horário de aplicação no comportamento de atrazine e misturas aplicadas em pós-emergência na cultura do milho. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 17, n. 01, p. 119-120, fev/abr. 1999.

FRANCO, G. Equip plus (foramsulfuron + iodosulfuron) - Novo conceito em herbicidas sulfuniluréias na cultura do milho. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS

PLANTAS DANINHAS, 23, 2002, Londrina. **Resumos...** Londrina: SBCPD; Embrapa Clima Temperado, 2002. p.659.

FRANCO, G.V. Controle de plantas daninhas. **Correio Agrícola**, n. 1, p. 6-7, jan/jun. 2003.

FREITAS, S. P. et al. Fitotoxicidade de herbicidas a diferentes cultivares de milho-pipoca. **Revista Planta Daninha**, Viçosa, v. 27, p. 1095-1103, out/dez. 2009.

GUBBIGA, N.G. et al. Effect of nicosulfuron on johnsongrass (*Sorghum halepense*) control and corn (*Zea mays*) performance. **Weed Technology**, Champaign, v. 9, n. 1, p. 3574-3581, oct/dec 1995.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (INMET) 2012. **Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa (BDMEP)** – Estação Machado – MG. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/>> Acesso em: 10 jul. 2012.

JAKELAITIS, A. et al. Efeitos de herbicidas no consórcio de milho com *Brachiaria brizantha*. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 23, p. 69-78, jan/mar. 2005.

JOHNSON, B. C.; YOUNG, B. G.; MATTHEWS, J. L. Effect of post emergence application rate and timing of mesotrione on corn (*Zea mays*) response and weed control. **Weed Technol.**, Clemson, v. 16, p. 414-420, june/aug. 2002.

JOHNSON, W.G. et al. Efficacy and Economics of Weed Management in Glyphosate-Resistant Corn (*Zea mays*). **Weed Technology**, Beeville, v. 14, n.1, p. 57-65, feb/apr. 2000.

KARAM, D. Características do herbicida mesotrione na cultura do milho. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, plantio direto de milho. **Planta Daninha**, Sete Lagoas, v. 27, n. 1, p.5, 2004. (Embrapa Milho e Sorgo. Circular Técnica, 52).

KOZLOWSKI, L. A. Período crítico de interferência das plantas daninhas na cultura do milho baseado na fenologia da cultura. **Planta Daninha**, Viçosa, v.20, n.3, p.365-372, out/dez. 2002.

KRUSE, N. D. Inibidores da síntese de carotenóides. In: VIDAL, R.A.; MEROTTO Jr., A. (Ed.). **Herbicidologia**. Porto Alegre: Gaúcha, 2001. p.113 – 122.

KRUSE, N. D.; TREZZI, M. M.; VIDAL, R. A. Herbicidas inibidores da EPSPS: revisão de literatura. **Revista Brasileira de Herbicidas**, Brasília, v.1, n.2, p.139–146, jan/mar. 2000.

LÓPEZ-OVEJERO, R. F. et al. Manejo de plantas daninhas na cultura do milho. In: FANCELLI, A.L; DOURADO-NETO, D. (Ed.). **Milho**: estratégias de manejo para alta produtividade. Piracicaba: ESALQ, LPV, 2003. p 47-79.

LÓPEZ-OVEJERO, R.F. **Desempenho da cultura de milho (*Zea mays* L.) submetida a diferentes herbicidas na ausência de plantas daninhas**. 2000. 46 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2000.  
LÓPEZ-OVEJERO, R. F. et al. Seletividade de herbicidas para a cultura de milho (*Zea mays*) aplicados em diferentes estádios fenológicos da cultura. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v.21, n.3, p.413-419, jun/ago. 2003.

LOZZIA, G.C. Biodiversity and structure of ground beetle assemblages (Coleoptera: Carabidae) in Bt corn and its effects on non target insects. **Bollettino di Zoologia agraria e di Bachicoltura**, Texas, v.31, n.1, p.37-58, oct/dec. 1999.

LUM, A.F; CHIKOYED, D.; ADESIYAN, S.O. Control of *Imperata cylindrica* (L.) Raluschel (speargrass) with nicosulfuron and its effects on the growth, grain yield and food components of maize. **Crop Protection**, Amsterdam, v.24, p.41, oct/dec. 2005.

MACIEL, C. D. G. *et al.* Método alternativo para avaliação da absorção de atrazine por plantas de *Brachiaria plantaginea*. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 20, n. 03, p. 431-438, out/dez. 2002.

MAGALHÃES, P. C.; DURÃES, F. O. M.; PAIVA, E. **Fisiologia da planta de milho**. Sete Lagoas: EMBRAPA-CNPMS, 1995. 27 p. (EMBRAPA-CNPMS. Circular Técnica, 20).

MAGALHÃES, P. C.; JONES, R. Aumento de fotoassimilados sobre os teores de carboidratos e nitrogênio em milho. **Pes. Agropec. Bras.**, Sete Lagoas v. 25, n. 12, p. 1755-1761, set/nov. 1990.

MARCACCI, S. et al. The possible role of hydroxylation in the detoxification of atrazine in mature vetiver (*Chrysopogon zizanioides* Nash) grown in hydroponics. **Journal of Bioscience**, Laussane, v. 05, n. 60, p. 427-434, june/sept. 2005.

MARRA, M.; CARLSON, G.; HUBBELL., B. **Economics impacts of the first crop biotechnologies**, 1998. Disponível em:  
< <http://www.ag-econ.ncsu.edu/faculty/marra.firstcrop/img001.gif>. > Acesso em: 25 maio 2012.

MATOS, M. J. L. F. et al. **Milho verde**. 2006. Disponível em:  
<[http://www.cnph.embrapa.br/paginas/dicas\\_ao\\_consumidor/milho\\_verde.htm](http://www.cnph.embrapa.br/paginas/dicas_ao_consumidor/milho_verde.htm)> Acesso em:  
30 abr. 2011.

McMULLAN, P.M., BLACKSHAW, R.E. Postemergence green foxtail (*Setaria viridis*) control in corn (*Zea mays*) in Western Canada. **Weed Technology**, Champaign, v.9, n.1, p.37-43, feb/apr. 1995.

MONSANTO DO BRASIL. 2004. Disponível em: <<http://www.monsanto.com.br/>> Acesso em: 11 ago. 2011.

MORTON, C.A.; HARVEY, R.G. Sweet corn (*Zea mays*) hybrid tolerance to nicosulfuron. **Weed Technology**, Champaign, v. 6, n. 1, p. 91-96, oct/dec. 1992.

NICOLAI, M. et al. Aplicação conjunta de herbicidas e inseticidas na cultura do milho. **Bragantia**, Campinas, v.65, n.3, p.413-420, jun./set. 2006.

NICOLAI, M. **Desempenho da cultura de milho (*Zea mays* L.) submetida a aplicação de herbicidas pós-emergentes em diferentes situações de manejo**, 2004. 113 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidades de São Paulo, Piracicaba, 2004.

NORRIS, J. L.; SHAW, D. R.; SNIPES, C. E. Weed control from herbicide combinations with three formulations of glyphosate. **Weed technol.**, Alabama, v. 15, n. 3, p. 552-558, july/sept. 2001.

NORSWORTHY, J. K.; FREDERICK, J. R. Integrated weed management strategies for maize (*Zea mays*) production on the southeastern coastal plains of North America. **Crop Protection**, Clemson, v. 24, p. 119–126, june/aug. 2005.

NURSE, R. E. et al. Weed control and yield are improved when glyphosate is preceded by a residual herbicide in glyphosate-tolerant maize (*Zea mays*). **Crop Protection**, Harrow, v. 25, p. 1174–1179, feb/mar. 2006.

OLIVEIRA JÚNIOR., R.S. de. Mecanismos de ação de herbicidas. In: OLIVEIRA Jr., R.S. de; CONSTANTIN, J.(Coord.). **Plantas daninhas e seu manejo**. Guaíba: Agropecuária, 2001a. p.207-260.

OLIVEIRA JÚNIOR, R.S. Seletividade de herbicidas para culturas e plantas daninhas. In: OLIVEIRA JÚNIOR, R.S.; CONSTANTIN, J. (Coord.). **Plantas daninhas e seu manejo**. Guaíba: Agropecuária, 2001b. p.291-314.

OLIVEIRA, M.F. de. Mecanismos de ação de herbicidas. In: OLIVEIRA JR., R.S. de; CONSTANTIN, J. **Plantas daninhas e seu manejo**. Guaíba: Agropecuária, 2001. p. 207-260.

OSIPE, R. et al. Avaliação da eficiência e seletividade dos herbicidas foramsulfuron e foramsulfuron + Iodosulfurom methyl, aplicados em pós-emergência da cultura de milho. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 23, 2002, Londrina. **Resumos...** Londrina: SBCPD; Embrapa Clima Temperado, 2002. p.379.

PARRELLA, R.A.C. **Resposta diferencial de famílias endogâmicas de milho ao herbicida nicosulfuron**. 2004. 64f. (Dissertação – Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) Universidade federal de Lavras, Lavras, 2004.

PASINATTO, P.; FONTES, A.R.; ZAGONEL, J. Controle de plantas daninhas na cultura do milho com a mistura pronta de foramsulfuron + Iodosulfurom methyl sodium isolada e em mistura com atrazina. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 23, 2002, Londrina. **Resumos...** Londrina: SBCPD; Embrapa Clima Temperado, 2002. p.387.

PAVÃO, A.R. **Impactos econômicos da introdução do milho Bt11 no Brasil: uma abordagem de equilíbrio geral inter-regional**. 2008. 111 f. Dissertação (Mestrado em Economia Aplicada) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidades de São Paulo, Piracicaba, 2008.

PEIXOTO, C. M.; RAMOS, A.A. **Milho: manejo de herbicida; caderno técnico**, Pelotas: Cultivar, 2002. 10p. (Cultivar Grandes Culturas, 42).

PEREIRA, E.A.; LEAL, J.P.G.; HUSSNE, R.D. **Impactos econômicos das culturas geneticamente modificadas no Brasil**. São Paulo: Edgard Pereira & Associados, 2007.

PEREIRA, F.A.R. et al. Seletividade de herbicidas em cultivares de milho (*Zea mays*) nas condições ambientais de mato grosso do Sul. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 23, 2002, Londrina. **Resumos...** Londrina: SBCPD; Embrapa Clima Temperado, 2002. p.345.

PINTO, R.A.; ZAMBON, S.; SANCHEZ, G.A. Equip Plus, o pós-emergente do milho de amplo espectro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 23, 2002, Londrina. **Resumos...** Londrina: SBCPD; Embrapa Clima Temperado, 2002. p.666.

PIONNER (Empresa de Sementes) 2010. Disponível em:  
<<http://www.pioneersementes.com.br/ProdutosBiotecnologiaMilhoRR.aspx>>  
Acesso em: 25 nov. 2011.

PITELLI, R.A. Interferências de plantas daninhas em culturas agrícolas. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.11, n.129, p.16-27, mar/abr. 1985.

RAJCAN, I.; SWANTON, C.J. Understanding maize-weed competition: resource competition, light quality and the whole plant. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 71, n. 2, p. 139-150, july/sept. 2001.

RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G; ALVAREZ V., V.H. **Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª Aproximação**. Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. p.359.

RIOS, S. A. et al. Carotenóides em grãos de milho verde após a aplicação de herbicidas pós-emergentes. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v.45, n.1, p.106-109, out/nov. 2010.

RIZZARDI, M. A. et al. Controle de plantas daninhas em milho em função de épocas de aplicação de nitrogênio. **Planta Daninha**, v. 26, n. 01, p.113-121, set/nov. 2008.

RIZZARDI, M. A.; KARAM, D.; CRUZ, M. B. Manejo e Controle de Plantas Daninhas em milho e sorgo. In: VARGAS, L.; ROMAN, E. S. (Ed) **Manual de Manejo e Controle de Plantas Daninhas**. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2004. p. 571-594.

RIZZARDI, M. A. et al. Aspectos Gerais do Manejo e Controle de Plantas Daninhas. In: VARGAS, L.; ROMAN, E. S. (Ed) **Manual de Manejo e Controle de Plantas Daninhas**. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2004. p. 105-144.

ROMAN, E. S. Quando controlar as plantas daninhas. **Revista Plantio Direto**, Santa Maria, n.66, p. 12-18, nov/dez. 2001.

SCHULTE, W.; KÖCHER, H. Tembotrione and combination partner isoxadifen-ethyl – mode of herbicidal action. **Bayer CropScience Journal**, Amsterdam, v.62, n. 1, p.35-52, feb/apr. 2009.

SIEGELIN, S. D. **Timing of nicosulfuron and primisulfuron applications on corn (*Zea mays L.*) ear malformation**, 1993. 61 f. Thesis (Master of Science) Purdue University, West Lafayette, 1993.

SILVA, A.A. da; MELHORANÇA, A.L. Controle de plantas daninhas na cultura do milho. In: EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA UEPAE, Dourados. Milho: informações técnicas. Dourados, 1991. p.114-127. (Circular Técnica, 20).

SILVA, A. A. et al. Herbicidas: classificação e mecanismo de ação. In: SILVA, A. A.; SILVA, J. F. (Ed.) **Tópicos em manejo de plantas daninhas**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2007. p.83-148.

SILVA, F.C. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Brasília: Embrapa informática agropecuária, 1999. 370 p.

SILVA, J. B. da; RODRIGUES, M. A. T.; BEGLIOMINI, E. Indicações para o controle de plantas daninhas na cultura do milho em pós-emergência com o herbicida Sanson 40 SC e sua mistura 1+2 com atrazine. **O Ruralista**, Sete Lagoas, v.35, n.440, p.9-11, set/nov. 1998.

SIMINSZKY, B.; CORBIN, F.T.; SHELDON, Y. Nicosulfuron resistance and metabolism in terbufos- and naphthalic anhydride-treated corn. **Weed Science**, Champaigne, v.43, p.163-168, 1995.

SOCIEDADE BRASILEIRA DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS. **Procedimentos para instalação, avaliação e análise de experimentos com herbicidas**. Londrina: SBCPD, jul.1995.

SPADER, V.; ANTONIAZZI, N. Avaliação da injúria causada por herbicidas em híbridos de milho. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 25, 2006, Brasília. **Resumos...** Brasília: Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas, 2006. p. 289.sz

SPADER, V.; VIDAL, R. A. Seletividade e dose de injúria econômica de nicosulfuron aplicado em diferentes estádios de desenvolvimento da cultura do milho. **Ciencia Rural**, Santa Maria, v. 31, n. 6, p. 929-934, ago/out. 2001.

SWANTON, C.J. et al. Postemergence control of annual grasses in corn (*Zea mays*) and two annual grass weeds. **Weed Science**, Champaign, v.44, n.2, p.219-223, june/sept. 1996.

SYNGENTA SEEDS. **Milho geneticamente modificado da Syngenta será analisado pela CTNBio**. Disponível em: <<http://www.syngenta.com.br/cs/index.asp>>  
Acesso em: 17 nov. 2007.

TIMOSSI, P. C. Manejo de rebrotes de *Digitaria insularis* no plantio direto de milho. **Planta Daninha**, v. 27, Viçosa, n. 01, p. 175-179, jan/mar. 2009.

TREZZI, M.M.; VIDAL, R.A. Herbicidas inibidores da ALS. In: VIDAL, R.A.; MEROTTO JR., A. (Ed.). **Herbicidologia**. Porto Alegre: Gaúcha, 2001. p. 25-36.  
VIDAL, R.A. **Herbicidas**: mecanismos de ação e resistência de plantas. Porto Alegre: R. A. Vidal, 1997. 165 p.

VELINI, E.D. et al. Avaliação da seletividade da mistura de oxyfluorfen e ametryne, aplicada em pré ou pós-emergência, a dez variedades de cana-de-açúcar (cana-planta). **Planta Daninha**, Viçosa, v. 18, n. 1, p.123-134, jan/mar. 2000.

ZAGONEL, J.; FERNANDES, E.C.; Controle de plantas daninhas e seletividade do herbicida tembotrione na cultura do milho. **Revista Brasileira de Herbicidas**, Ponta Grossa, v.6, n.2, p.42-49, jul/dez. 2007.