

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA
CAMPUS ITAQUI
CURSO DE GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

**INFLUÊNCIA DE HERBICIDAS DO GRUPO DAS
IMIDAZOLINONAS EM CARACTERÍSTICAS
RELACIONADAS A FISIOLOGIA DE ESPÉCIES
FITORREMEDIADORAS DE SOLO**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

ANDERSON MORAES DE LIMA

**Itaqui, RS, Brasil
2012**

ANDERSON MORAES DE LIMA

**INFLUÊNCIA DE HERBICIDAS DO GRUPO DAS
IMIDAZOLINONAS EM CARACTERÍSTICAS
RELACIONADAS A FISIOLOGIA DE ESPÉCIES
FITORREMEDIADORAS DE SOLO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Agronomia da Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA), como requisito parcial para obtenção do grau de **Engenheiro Agrônomo**.

Orientador: Eng. Agr. D. Sc. Prof. Leandro Galon

Lima, Anderson Moraes.

Influencia de herbicidas do grupo das imidazolinonas em características relacionadas a fisiologia de espécies fitorremediadoras de solo / Anderson Moraes de Lima. 12 de 2012.

Número de folhas : 31; tamanho (30 cm).

Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Agronomia) Universidade Federal do Pampa, 01 de novembro de 2012.

Orientação: Leandro Galon.

1 Fitorremediação. 2. Fotossíntese. 3. Stress (fisiologia). I. Galon, Leandro. II. Interferência de herbicidas Inibidores de ALS na fotossíntese das espécies fitorremediadoras.

ANDERSON MORAES DE LIMA

**INFLUÊNCIA DE HERBICIDAS DO GRUPO DAS
IMIDAZOLINONAS EM CARACTERÍSTICAS
RELACIONADAS A FISIOLÓGIA DE ESPÉCIES
FITORREMEDIADORAS DE SOLO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Agronomia da Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA), como requisito parcial para obtenção do grau de **Engenheiro Agrônomo**.

Trabalho de conclusão de curso defendido e aprovado em: 01 de Novembro de 2012.
Banca examinadora:

Prof. Eng^o-Agr^o. Dr. Gibran da Silva Alves
(Presidente)
Curso de Agronomia - UFFS

Prof. Eng^o-Agr^o. Dr. Guilherme Ribeiro
Curso de Agronomia - Unipampa

Prof. Eng^o-Agr^o. D.Sc. Amauri Nelson Beutler
Curso de Agronomia - Unipampa

DEDICATÓRIA

< A deus pelo dom da vida...

Aos meus pais e vó pelo amor incondicional...

E a Alessandra por sempre estar ao meu lado...

Dedico>

AGRADECIMENTO

A minha família em especial meus pais pelo amor e apoio constante numa fase importante da vida; dando forças para superar as dificuldades encontradas no caminho.

À universidade Federal do Pampa (Unipampa) pela estrutura para execução deste trabalho.

Ao Professor Leandro Galon da Universidade Federal Fronteira Sul (UFFS), Campus Erechim, pelo apoio, idéias, sugestões, conselhos e principalmente pela paciência e amizade durante o período de convivência em Itaqui.

Ao Professor Amauri Nelson Beutler da Unipampa pela amizade e Confiança.

Ao Professor Clevison Luiz Giacobbo da UFFS, Campus Chapéco, por emprestar o analisador de gás infravermelho e também pela amizade.

Ao Sergio Guimarães pelo auxílio incondicional oferecido para a execução de parte fundamental da pesquisa, pelos conselhos e principalmente pela valiosa amizade gerada em momentos bons e difíceis durante meu período em Itaqui.

Aos amigos Dionas Bock, Juliano Pazzini e Robson Botta, pelos conselhos e pelos momentos divertidos, galinhadas, rodadas de pizza e as churrascadas de final de semana.

Ao condomínio do alemão, onde, saíram vários momentos de felicidades grandes amizades e pensamentos de muitos projetos para o futuro.

EPÍGRAFE

Há uma fina linha entre genialidade e loucura.
Eu apaguei essa linha
(Oscar Levant)

RESUMO
INFLUÊNCIA DE HERBICIDAS DO GRUPO DAS
IMIDAZOLINONAS EM CARACTERÍSTICAS
RELACIONADAS A FISIOLOGIA DE ESPÉCIES
FITORREMEIADORAS DE SOLO

Autor: Anderson Moraes de Lima

Orientador: Prof. D. Sc. Leandro Galon

Local e data: Itaquí, 01 de Novembro de 2012.

Resumo - Objetivou-se com o trabalho avaliar a influência da mistura comercial de imazethapyr + imazapic, pertencentes ao grupo das imidazolinonas, em características relacionadas à fotossíntese de espécies de inverno. O experimento foi instalado em casa de vegetação, no delineamento de blocos casualizados com quatro repetições, arranjado em esquema fatorial 6 x 3. O fator A foi constituído pelas espécies de inverno (*Brassica napus*, *Festuca arundinacea*, *Lolium multiflorum*, *Lotus corniculatus*, *Trifolium repens* e *Vicia sativa*) e o B pelas doses de imazethapyr + imazapic (0, 1 e 2 L ha⁻¹) aplicados em pré-emergência onde o 0 representa nenhuma dose aplicada, 1 a dose recomendada e o 2 L ha⁻¹ o dobro da dose. Aos 60 dias após a emergência (DAE) foram realizadas as avaliações de condutância estomática de vapores de água (Gs - mol m⁻¹ s⁻¹), taxa de transpiração (E - mol H₂O m⁻² s⁻¹), temperatura da folha (Tl°C), concentração interna de CO₂ (Ci - μmol mol⁻¹), CO₂ consumido (ΔC - μmol mol⁻¹), taxa fotossintética (A - μmol m⁻² s⁻¹) e eficiência no uso da água (EUA - mol CO₂ mol H₂O⁻¹). Observou-se que as espécies *B. napus* e *F. arundinacea* independentemente da dose aplicada ocorreu a morte completa das plantas. As duas doses aplicadas de imazethapyr + imazapic influenciaram negativamente todas as variáveis relacionadas às características fisiológicas das espécies, *B. napus* e *F. arundinacea*. O *L. corniculatus* e a *V. sativa* não sofreram qualquer injúria na fisiologia das plantas ao se aplicar 1 ou 2 L ha⁻¹ da mistura comercial. Observou-se que a dose recomendada (1 L ha⁻¹) do herbicida não ocasionou alterações nas características fisiológicas de *L. multiflorum*, *L. corniculatus*, *T. repens* e *V. sativa*. Desse modo conclui-se que não houve influencia nas características fisiológicas das espécies, *L. corniculatus* e *V. sativa* ao se aplicar 1 ou 2 L ha⁻¹, já o *L. multiflorum* e *T. repens* não ocorreu danos a fisiologia das plantas somente ao se usar a dose recomendada do herbicida.

Palavras-chave: Persistência de herbicida em solo, *Oryza sativa*, espécies fitorremediadoras

ABSTRACT

INFLUENCE OF HERBICIDE IMIDAZOLINONE FEATURES IN RELATED SPECIES PHYSIOLOGY PHYTOREMEDIATOR SOLO

Author: Anderson Moraes de Lima

Advisor: Prof. D. Sc. Leandro Galon

Date: Itaquí, November 01, 2012.

Abstract - The objective of the study was to evaluate the influence of the commercial mixture of imazethapyr and imazapic, belonging to the imidazolinone group in characteristics related to photosynthesis of winter species. The experiment was conducted in a greenhouse in a randomized block design with four replications, arranged in 6 x 3 factorial *scheme*. The first factor was composed of the winter species (*Brassica napus*, *Festuca arundinacea*, *Lolium multiflorum*, *Lotus corniculatus*, *Trifolium repens* and *Vicia sativa*) and B by doses of imazethapyr and imazapic (0, 1 e 2 L ha⁻¹) applied pre-emergence where 0 represents no applied dose, recommended dose and 1 to 2 L ha⁻¹ twice the dose. At 60 days after emergence (DAE) Evaluations were performed in stomatal conductance of water vapor (Gs – mol m⁻¹ s⁻¹), transpiration rate (E - mol H₂O m⁻² s⁻¹), leaf temperature (Tl°C), internal CO₂ concentration (Ci - μmol mol⁻¹), CO₂ consumed (ΔC - μmol mol⁻¹), photosynthetic rate (A - μmol m⁻² s⁻¹) and water use efficiency (EUA - mol CO₂ mol H₂O⁻¹). It was observed that the species *B. napus* and *F. arundinacea* regardless of the applied dose was complete plant death. The two doses of imazethapyr and imazapic negatively influenced all variables related to the physiological characteristics of the species, *B. napus* and *F. arundinacea*. The *L. corniculatus* and *V. sativa* not suffered any injury on plant physiology to apply 1 ou 2 L ha⁻¹ commercial mixture. It was observed that the recommended dose (1 L ha⁻¹) the herbicide did not cause changes in the physiological characteristics of *L. multiflorum*, *L. corniculatus*, *T. repens* and *V. sativa*. Thus it was concluded that there was no influence on physiological characteristics of the species, *L. corniculatus* and *V. sativa* when applying 1 ou 2 L ha⁻¹, already *L. multiflorum* and *T. repens* there was no damage to plant physiology only when using the recommended dose of herbicide.

Keywords: Persistence of herbicides in soil, *Oryza sativa*, species Phytoremediator

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1.** Dados climatológicos para o município de Itaqui-RS para os meses de junho a agosto.....19
- Tabela 2.** Composição química do solo utilizado no experimento. Itaqui, RS. 2011..... 19
- Tabela 3.** Condutância estomática de vapores de água (Gs) das espécies de inverno submetidas a aplicação de doses de imazethapyr + imazapic em pré-emergência. Itaqui-RS, 2011.....22
- Tabela 4.** Taxa de transpiração (E) das espécies de inverno submetidas a aplicação de doses de imazethapyr + imazapic em pré-emergência. Itaqui-RS, 2011.....23
- Tabela 5.** Temperatura da folha (Tleaf) de espécies de inverno submetidas a aplicação de doses de imazethapyr + imazapic em pré-emergência. Itaqui-RS, 2011.....24
- Tabela 6.** Concentração de CO₂ subestomática (Ci) com plantas de inverno submetidas à aplicação de doses de imazethapyr + imazapic em pré-emergência. Itaqui-RS, 2011.....25
- Tabela 7.** CO₂ consumido pelas espécies (ΔC) de inverno submetidas à aplicação de doses de imazethapyr + imazapic em pré-emergência. UNIPAMPA-RS, 2011.....25
- Tabela 8.** Taxa fotossintética (A) das espécies de inverno submetidas a aplicação de doses de imazethapyr + imazapic em pré-emergência. UNIPAMPA-RS, 2011.....26
- Tabela 9.** Uso eficiente da água (EUA) das espécies de inverno submetidas a aplicação de doses de imazathapyr + imazapic em pré-emergência. Itaqui-RS, 2011.....27

LISTA DE SÍMBOLOS

Gs - Condutância estomática de vapores de água ($\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)

E - Taxa de transpiração ($\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)

Tleaf - Temperatura da folha ($^{\circ}\text{C}$)

Ci - Concentração interna de CO_2 ($\mu\text{mol mol}^{-1}$)

ΔC - Taxa CO_2 consumido ($\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)

A - Taxa fotossintética ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)

EUA - Eficiência no uso da água

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	15
2. MATERIAL E MÉTODOS	19
2.1. Localização, clima e solo:.....	19
2.2. Semeadura.....	20
2.3. Delineamento experimental	20
2.4. Aplicação dos herbicidas	20
2.5. Trocas gasosas foliares	20
2.6. Análise estatística	22
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	22
4. CONCLUSÕES	28
5. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICAS	29

1. INTRODUÇÃO

As principais plantas daninhas que infestam as lavouras de arroz irrigado do RS são o arroz-daninho vulgarmente chamado de arroz-vermelho e preto (*Oryza sativa*) e o capim-arroz (*Echinochloa* spp). Essas espécies são consideradas de difícil controle, por pertencerem à mesma espécie botânica do arroz cultivado, assim as características morfofisiológicas são muito similares o que dificulta principalmente o controle químico (Galon & Agostinetto, 2009). No caso do arroz vermelho, em média 1 planta/m² reduz cerca de 2,1% a produtividade de grãos do (Pantone & Baker, 1991). Já 1 planta/m² de capim-arroz provoca perdas de produtividade de grãos que variam de 4 a 30% em função da variedade de arroz semeada, da época de entrada de água na lavoura e do ciclo da cultivar (Galon et al., 2007; Agostinetto et al., 2007).

Como solução para esse problema foi desenvolvido um sistema de produção chamado Clearfield® que consiste na tolerância de genótipos de arroz a alguns herbicidas do grupo químico das imidazolinonas, para o controle do arroz vermelho e do capim-arroz (SOSBAI, 2010). Plantas sensíveis a esses herbicidas tornam-se cloróticas, definham e morrem no prazo de 7 a 14 dias após o tratamento (Bridges, 2003). Esses herbicidas apresentam como mecanismo de ação a inibição da enzima acetolactato sintase (ALS), também conhecida como acetohidroxiácido sintase (AHAS) (Vidal, 2002). A ALS participa da biossíntese dos aminoácidos valina, leucina e isoleucina em microrganismos e plantas. Esta enzima é o principal sítio de ação desses herbicidas, e, quando inibida, paralisa a divisão celular, reduz a síntese de proteínas, inibi a translocação de carboidratos e, conseqüentemente, reduz o crescimento das plantas (RAY, 1984).

O sistema Clearfield® (CL) de produção de arroz irrigado consiste no uso de cultivares de arroz portadoras de genes que conferem resistência aos herbicidas do grupo químico das imidazolinonas. Esta característica foi obtida, inicialmente, por mutação induzida e transferida para cultivares convencionais e híbridos pelo melhoramento genético convencional. Esta tecnologia constitui em uma das principais alternativas para o controle do arroz daninho porém essas praticas não se pode constituir em uma solução única para eliminar totalmente as infestações de arroz-vermelho. Sendo assim é uma ferramenta adicional que está à disposição dos agricultores para ser complementado com outras técnicas de manejo (SOSBAI, 2010).

Herbicidas que possuem longa persistência no solo podem limitar a rotação de culturas (Renner et al., 1998). Dentre esses compostos encontra-se herbicidas pertencentes ao grupo

químico das imidazolinonas, que são largamente utilizados em lavouras de arroz irrigado cultivados sob o Sistema clearfield[®] no Rio Grande do Sul.

O sistema clearfield[®] é uma das principais alternativas no controle do arroz vermelho (Steele et al., 2002), planta daninha responsável por grandes perdas no potencial produtivo da cultura do arroz irrigado (Agostinetto et al., 2001), reduzindo a produtividade e a qualidade do produto colhido (Villa et al., 2006b). No Brasil, em lavouras sob o sistema clearfield[®], preconiza-se uma única aplicação da mistura formulada de imazethapyr + imazapic (75 + 25 g e.a. L⁻¹) em pós-emergência, quando as plantas de arroz vermelho encontram-se no estágio de até quatro folhas (Villa et al., 2006a).

O herbicida imazethapyr possui pKas de 2,1 e 3,9 e o imazapic de 2,0; 3,9 e 11,1 o que os caracteriza como ácido fracos (Senseman, 2007). Possuem também elevada solubilidade em água, sendo que para o imazethapyr a solubilidade é de 1400 mgL⁻¹ e para o imazapic é de 2200mgL⁻¹. Esses herbicidas possuem longa persistência no solo, pois apresentam meia-vida de 60 a 90 dias e 120 dias, respectivamente (Rodrigues; Almeida, 2005). Tais características tornam esses compostos altamente influenciados pelo ambiente que os cerca. Em solos com pH ácidos, argilosos ou com alto teor de matéria orgânica, esses herbicidas tendem a permanecer adsorvidos ao solo, não estando disponível à absorção pelas plantas. Com o aumento da umidade do solo esses herbicidas tornam-se menos adsorvidos (Avila et al., 2005), assim o aumento do pH devido a auto calagem do solo em condições de anaerobiose (Stougaard et al., 1990), e, portanto, mais disponível para as plantas e passíveis de sofrerem lixiviação (Inome et al., 2007).

Um das características mais buscadas em um herbicida e que ele permaneça ativo no ambiente tempo suficiente para o controle das plantas daninhas, porém sem causar danos nas culturas que virão em sucessão (kraemer, 2008). Para os herbicidas do grupo químico das imidazolinonas, pesquisas mostram que sua permanência no solo causa, em arroz não tolerante, menor estande de plantas por efeito residual da associação imazethapyr + imazapic, porém sem efeitos na produtividade (Villa et al., 2006). No entanto, Marchesan et al. (2007) constataram que o efeito residual desses herbicidas causaram perdas de produtividade de 19 e 30% sobre arroz suscetível. Corroborando com esses resultados, trabalhos existente na literatura demonstraram fitotoxicação ao milho, algodão, sorgo e arroz semeados 52 semanas após a aplicação de imazethapyr na cultura da soja (Johnson et al., 1993). Danos à cultura do sorgo em rotação com arroz Clearfield[®], também foram registrados pela presença de resíduos desses herbicidas no solo, ocasionando redução no rendimento biológico, peso de mil grãos e produtividade de grãos (Pinto et al., 2010).

Na busca de alternativas para minimizar o problema causado pelos herbicidas que possuem longo efeito residual no solo, tem-se estudado o uso de plantas tolerantes para remoção ou degradação dos herbicidas no solo. Essa técnica é conhecida como fitorremediação, e seu emprego têm sido indicado em áreas contaminadas com substâncias orgânicas e inorgânicas (Cunningham et al., 1996).

Comparada com a seleção de plantas para a descontaminação de metais pesados, são complexas as limitações encontradas na seleção de espécies vegetais para a remediação de compostos herbicidas, pois estes apresentam grande diversidade molecular diante das constantes transformações a que estão sujeitos (Pires et al., 2003a). Além disso, há o inconveniente de o contaminante (herbicida) ser desenvolvido para o controle do descontaminante, no caso, as plantas (Santos et al., 2006). Em vista disso, a seleção de plantas tolerantes ao princípio ativo do herbicida exige, geralmente, que seja avaliado inicialmente um número de espécies, como verificado nos trabalhos desenvolvidos com o herbicida trifloxysulfuron-sódio (Procópio et al., 2004 a,b; Santos et al., 2004), e com o herbicida tebuthiuron (Pires et al., 2003b,c).

A seleção de plantas que apresentem tolerância/seletividade ao pesticida é o primeiro passo na avaliação de espécies potencialmente fitorremediadoras (Salt et al., 1998). Contudo, deve-se evitar a utilização de espécies de difícil controle posterior e, se possível selecionar espécies que promovam outros benefícios ao solo, como é o caso dos adubos verdes (cunningham et al., 1996; pires et al., 2003a). Quando se obtêm uma planta capaz de reduzir a concentração de herbicidas no solo, na prática, o que se conquista é a antecipação da produção de serem cultivadas em determinadas áreas (Accioly & Siqueira, 2000).

Em plantas tolerantes, parte do herbicida é absorvido, rapidamente metabolizado e inativado antes de exercer os seus efeitos fitotóxicos (Oliveira Júnior, 2001). No entanto, parte do herbicida chega ao local alvo da ação, levando a planta a manifestar sintomas fisiológicos e metabólicos que culminam em lesões irreversíveis ou sintomas crônicos (Larcher, 2000).

Considerando que os herbicidas utilizados para o controle de arroz-vermelho em arroz irrigado atuam na enzima acetolactato sintase (ALS), inibindo a biossíntese dos aminoácidos de cadeia ramificada - valina, leucina e isoleucina (Rodrigues & Almeida, 2011), podem ter seus danos às plantas avaliados pela sua influência indireta sobre as variáveis associadas à fotossíntese. Além da interferência das pragas, outros fatores podem prejudicar o crescimento e desenvolvimento do arroz irrigado, como a atividade fotossintética da cultura, que pode ser influenciada direta ou indiretamente pelo estresse térmico, pela concentração interna e externa

de gases, pela composição e intensidade da luz (Sharkey & Raschke, 1981) e, principalmente, aos danos causados pelos herbicidas.

E nisso a necessidade de se buscar plantas cultivadas que possam servir como plantas remediadoras de solo contaminado com os herbicidas imazethapyr e imazapic. Em vista do exposto, o objetivo deste trabalho foi avaliar a influência da mistura comercial de imazethapyr + imazapic, pertencentes ao grupo das imidazolinonas, em características relacionadas à fotossíntese de espécies de inverno.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Localização, clima e solo

O experimento foi desenvolvido no período de junho/2011 a agosto/2011, em casa de vegetação pertencente área experimental da Universidade Federal do Pampa (Unipampa), município de Itaqui/RS situada a margem direita da Avenida Luiz Joaquim de Sá Brito, coordenadas geográficas 29° 09' 23" S e 56° 33' 12" W e com altitude média de 50 m. O clima local segundo a classificação climática de Köppen é do tipo Cfa, subtropical sem estação seca definida. Segundo WREGGE et al. (2011) para o município de Itaqui nos meses em que foi conduzido este trabalho, a temperatura média do ar é de 18° C, umidade média relativa do ar de 77%, precipitação mensal de 127 mm e evapotranspiração mensal de 54 mm (Tabela 1).

TABELA 1 – Dados climatológicos para o município de Itaqui-RS para os meses de Junho a Agosto.

Dados climatológicos	Mês			Média anual
	Junho	Julho	Agosto	
Temperatura média (°C)	16,4	17,0	20,1	20,2
Temperatura mínima (°C)	10,3	11,5	14,6	14,6
Temperatura máxima (°C)	22,6	22,5	25,6	25,8
Umidade relativa do ar (%)	76	78	74	78
Evapotranspiração (mm)	46	50	68	995
Precipitação (mm)	87,3	118,1	160,1	1608,5

Fonte: Adaptado de WREGGE et al. (2011).

As unidades experimentais foram compostas por vasos plásticos com capacidade para 6 dm³ de solo, preenchidos com solo classificado como Plintossolo Háptico distrófico (EMBRAPA, 2006). A composição química do solo (Tabela 2) evidencia que o mesmo apresenta baixos valores de potássio e matéria orgânica, além de teores de fósforo muito baixos e pH de natureza ácida. A adubação foi efetuada seguindo os critérios estabelecidos pelo manual de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina (ROLAS, 2004).

TABELA 2 – Composição química do solo utilizado no experimento. Itaqui, RS. 2011.

Amostra	pH	SMP	P	K	H ⁺ +Al ³⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	CTC	V	MO
			--mg dm ⁻³ --		-----cmol _c dm ⁻³ -----			-----%-----		
0 - 20 cm	5,2	6,2	3,6	27	3,0	3,1	1,2	7,4	59,3	1,6

SMP = índice utilizado para determinação da quantidade de calcário a ser aplicado; CTC = capacidade de troca de cátions; V = saturação de bases; MO = matéria orgânica.

2.2. Semeadura

As espécies foram semeadas manualmente, utilizando-se 10 sementes/vasos para todas as espécies sendo que essa pratica foi realizada um dia antes da aplicação do herbicida.

2.3. Delineamento experimental

O delineamento experimental adotado foi o de blocos casualizados, com três repetições, arranjado em esquema fatorial 6 x 3. O fator A foi constituído pelas espécies de inverno *Brassica napus* (Canola), *Festuca arundinacea* (Festuca), *Lolium multiflorum* (Azevém), *Lotus corniculatus* (Cornichão), *Trifolium repens* (Trevo-Branco) e *Vicia sativa* (Ervilhaca) e o fator B pelas doses de imazethapyr + imazapic (0, 1 e 2 L ha⁻¹) aplicados em pré-emergência, onde o 0 L ha⁻¹ representa ausência de herbicida (testemunha), 1 L ha⁻¹ a dose recomendada e o 2 L ha⁻¹ o dobro da dose.

2.4. Aplicação dos herbicidas

A aplicação dos herbicidas foi efetuada em pré-emergência, utilizando-se pulverizador costal de precisão, equipado com pontas de pulverização da série TT 110.02, o qual aspergiu um volume de calda de 150 L ha⁻¹. Após a emergência das plantas realizou-se o desbaste deixando-se 4 plantas por vaso.

2.5. Trocas gasosas foliares

Medições pontuais de trocas gasosas foram realizadas 60 dias após aplicação dos tratamentos entre 8 e 10 h em folhas de cada planta do balde totalmente expandidas e completamente maduras com um sistema portátil de medição de fotossíntese (IRGA Infrared Gas Analyzer), modelo Li- 400 (Li-Cor, Biosciences Inc., Nebraska, EUA). A radiação fotossinteticamente ativa (RFA), 17 o CO₂ atmosférico no interior da câmara foliar e a temperatura do bloco da câmara foram mantidos constantes durante as medições com valores de 1000 $\mu\text{mol f\u00f3tons m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, 380 a 400 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ e com temperatura ambiente °C, respectivamente. O ar de refer\u00eancia foi coletado do lado de fora da estufa com uma tubula\u00e7\u00e3o pr\u00f3pria do aparelho antes de alcan\u00e7ar a câmara de assimila\u00e7\u00e3o com intuito de n\u00e3o causar interfer\u00eancia nos dados obtidos, sendo que acentra\u00e7\u00e3o de CO₂ \u00e9 muito maior no interior da estufa. A taxa fotossint\u00e9tica líquida por unidade de \u00e1rea foliar (A, $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), a condut\u00e2ncia estom\u00e1tica ao vapor d' \u00e1gua (gs, $\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), a taxa transpirat\u00f3ria (E, $\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) temperatura da folha (°C), concentra\u00e7\u00e3o interna de CO₂ (ci - $\mu\text{mol mol}^{-1}$), CO₂

consumido (ΔC - $\mu\text{mol mol}^{-1}$) e eficiência no uso da água (EUA - $\text{mol CO}_2 \text{ mol H}_2\text{O}^{-1}$) foram calculadas usando os valores das variações das concentrações de CO_2 e de vapor de H_2O no interior da câmara, medidos pelo analisador de gases por infravermelho do sistema portátil de fotossíntese (CAEMMERER e FARQUHAR, 1981).

2.6. Análise estatística

Os dados foram submetidos a análise de variância pelo teste F, sendo significativos realizou-se o teste de Tukey. Todos os testes foram efetuados a 5% de probabilidade.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A mistura formulada comercialmente composta de imazethapyr + imazapic ocasionou a morte das espécies *B. napus* e *F. arundinaceae* ao se aplicar a dose ou o dobro da dose recomendada. Não houve efeito, sobre a condutância estomática (Gs), para todas as doses testadas de imazethapyr + imazapic para *L. corniculatus*, *T. repens* e *V. sativa* (Tabela 3). Ao se aplicar 1 L ha⁻¹ de imazethapyr + imazapic a Gs da espécie *L. multiflorum* foi maior na dose recomendada, se comparada as demais. Provavelmente, esse fato deve-se ao incremento na atividade metabólica da planta como forma de defesa contra possíveis estresses ao seu metabolismo. Já nas plantas que receberam o dobro da dose recomendada do herbicida, não houve efeito se comparado com a testemunha sem aplicação pelo fato do possível fechamento dos estômatos em função da elevada dose do produto. (Brodribb & Holbrook, 2003) demonstram que a condutância estomática é proporcional ao número, tamanho e diâmetro da abertura do estômato, características estas que dependem de fatores endógenos e ambientais. Entretanto, em condições de estresse, a planta tende a fechar os estômatos como mecanismo de defesa, aumentando a resistência e por consequência, reduzindo a condutância estomática (Taiz & Zeiger, 2009).

Quando se verificou o comportamento da condutância estomática da espécie *T. repens*, observou-se que o valor da dose recomendada não diferiu da testemunha, apenas o dobro da dose diferiu da testemunha. Os dados obtidos estão de acordo com a taxa fotossintética (A) e a taxa transpiratória (E). Ou seja, as mudanças na resistência estomática são importantes para a regulação de perda de água pela planta e para o controle da taxa de absorção de dióxido de carbono que é necessário para fixação de CO₂ durante a fotossíntese (Taiz & Zeiger, 2009).

Tabela 3. Condutância estomática de vapores de água (Gs) das espécies de inverno submetidas a aplicação de doses de imazethapyr + imazapic em pré-emergência. Itaquí-RS, 2011.

Espécies	Condutância estomática de vapores de água (Gs)		
	Doses do herbicida (L ha ⁻¹)		
	0	1	2
Canola	0,6 a	0,0 b	0,0 b
Festuca	0,2 a	0,0 b	0,0 b
Cornichão	0,2 a	0,2 a	0,2 a
Azevém	0,1 b	0,2 a	0,1 b
Trevo-Branco	0,4 a	0,3 ab	0,2 b
Ervilhaca	0,2 a	0,1 a	0,1 a
Média Geral		0,18	
CV (%)		25,80	

¹Médias seguidas pela mesma letra nas linhas não diferem entre si pelo teste de Tukey (p ≤ 0,05).

A taxa transpiratória (E) não foi alterada nas espécies *L. corniculatus* e *V. sativa*, independentemente das doses aplicadas do herbicida (Tabela 4).

A dose recomendada do produto aplicado apresentou diferença significativa quando comparada com a testemunha na espécie *L. multiflorum*. Isto pode ser explicado pelo fato de que a transpiração por unidade de área foliar foi maior quando a planta *L. multiflorum* recebeu a dose recomendada do produto. Indicando assim, uma tentativa da planta metabolizar o efeito do herbicida e gerando um estresse na planta, onde a mesma consegue com abertura dos estômatos perder mais água para regular a temperatura e absorver mais CO₂, gerando então uma concentração maior de fotoassimilados produzidos pela fotossíntese quando fixado o CO₂, onde os mesmos corroboram com os dados obtidos pela gs (Tabela 3) que representa a abertura dos estômatos. Sendo que quando aplicado o dobro da dose houve uma redução na transpiração, devido a resposta do fechamento estomático (Naves & Barbiero, et al., 2000), onde comprova-se, pelos valores obtidos da gs (Tabela 3) e quando aplicado o dobro da dose não diferiu estatisticamente da testemunha.

O *T. repens* apresentou uma redução da E (Tabela 4) quando aplicado apenas o dobro da dose recomendada. Isso pode ser explicado pelo fato de que quando a planta passa por um estresse ela pode reduzir a turgescência foliar, levando a redução das perdas de água com o fechamento estomático que influenciará diretamente na redução da transpiração. A Gs é responsável pelo fluxo de entrada de CO₂ e saída de água pelo estômato; quanto menor sua abertura, maior a resistência estomática e conseqüentemente menor a transpiração (Taiz & Zaiger, 2009). Sendo assim os dados da E (Tabela 4) corroboram com os da Gs (Tabela 3).

Tabela 4. Taxa de transpiração (E) das espécies de inverno submetidas a aplicação de doses de imazethapyr + imazapic em pré-emergência. Itaqui-RS, 2011.

Espécies	Taxa de transpiração (E)		
	Doses do herbicida (L ha ⁻¹)		
	0	1	2
Canola	3,3 a	0,0 b	0,0 b
Festuca	1,8 a	0,0 b	0,0 b
Cornichão	1,6 a	1,7 a	1,6 a
Azevém	1,0 b	1,6 a	1,0 b
Trevo-Branco	2,2 a	2,2 a	1,8 b
Ervilhaca	2,0 a	1,8 a	1,9 a
Média Geral		1,42	
CV (%)		10,25	

¹Médias seguidas pela mesma letra nas linhas não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

Os resultados demonstram que a temperatura da folha (Tleaf) das espécies *L. multiflorum* e o *T. repens* foram iguais ao se aplicar a dose recomendada do herbicida com a testemunha sem aplicação (Tabela 5). Já no dobro da dose, essa variável apresentou resultados superiores as demais doses testadas. Attridge (1990), ao estudar os potenciais de água, observou que os mesmos foram baixos e responsáveis pela indução do fechamento estomático e redução da condutância foliar, conseqüentemente inibindo a fotossíntese e a transpiração e que geralmente esse fato causa aumento da temperatura da folha. Para as espécies *L. corniculatus* e *V. sativa* não foram observadas diferenças significativas da Tleaf.

Tabela 5. Temperatura da folha (Tleaf) de espécies de inverno submetidas a aplicação de doses de imazethapyr + imazapic em pré-emergência. Itaqui-RS, 2011.

Espécies	Temperatura da folha (Tleaf)		
	Doses do herbicida (L ha ⁻¹)		
	0	1	2
Canola	23,8 a	0,0 b	0,0 b
Festuca	22,6 a	0,0 b	0,0 b
Cornichão	21,3 a	21,0 a	21,4 a
Azevém	20,4 b	21,0 b	21,8 a
Trevo-Branco	21,7 b	22,1 b	22,8 a
Ervilhaca	24,7 a	24,8 a	25,2 a
Média Geral		17,48	
CV (%)		1,89	

¹Médias seguidas pela mesma letra nas linhas não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

A concentração de CO₂ na câmara subestomática (Ci) não foi alterada nas espécies *L. corniculatus* e *V. sativa* independentemente das doses da mistura de imazethapyr + imazapic. Ao se aplicar 2 L ha⁻¹ do herbicida observou-se equivalência a 1 L ha⁻¹, ocorrendo assim diferença entre a testemunha ou aplicar o dobro da dose recomendada para as espécies *L. multiflorum* e o *T. repens* (Tabela 6). A menor concentração do CO₂ no espaço interno da folha pode ser devido à maior atividade fotossintética, com maior taxa de carboxilação, incorporando o CO₂ a compostos orgânicos; por outro lado, pode ser devido à maior resistência ao influxo de CO₂ pelos estômatos, que é representada pela condutância estomática (Belo et al., 2011). Neste estudo, os resultados obtidos de menor Ci (Tabela 4) para as espécies *L. multiflorum* e o *T. repens* quando aplicado o dobro da dose da mistura em relação à testemunha, podem ser atribuídas ao efeito do herbicida imazethapyr + imazapic que atua inibindo a enzima acetolactato sintase (ALS), essencial para a biossíntese dos aminoácidos de cadeia ramificada - valina, leucina e isoleucina (Rodrigues & Almeida, 2011), onde pode ter seus danos às plantas avaliados pela sua influência indireta sobre as variáveis associadas à

fotossíntese (Galon et al., 2009). Este fato pode ser explicado a partir da C_i , que é considerada uma variável fisiológica influenciada por fatores ambientais, como disponibilidade hídrica, luz, energia, herbicidas, dentre outros (Ometto et al., 2003).

Tabela 6. Concentração de CO_2 subestomática (C_i) com plantas de inverno submetidas à aplicação de doses de imazethapyr + imazapic em pré-emergência. Itaqui-RS, 2011.

Espécies	Concentração de CO_2 subestomática (C_i)		
	Doses do herbicida ($L\ ha^{-1}$)		
	0	1	2
Canola	378,7 a	0,0 b	0,0 b
Festuca	379,0 a	0,0 b	0,0 b
Cornichão	383,7 a	383,3 a	381,0 a
Azevém	386,3 a	383,3 ab	379,0 b
Trevo-Branco	382,7 a	380,7 ab	378,0 b
Ervilhaca	375,0 a	375,3 a	374,7 a
Média Geral		295,59	
CV (%)		0,78	

¹ Médias seguidas pela mesma letra nas linhas não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

Observa-se que o consumo de CO_2 ΔC (Tabela 07) na espécie *L. multiflorum* não diferiu estatisticamente quando aplicado a dose recomendada do produto em relação à testemunha, porém com o dobro da dose houve diferença significativa entre os tratamentos. Nas espécies *L. corniculatus*, *T. repens* e *V. sativa*, não foi observado diferenças significativas no ΔC independentemente em se aplicar ou não a mistura de imazethapyr + imazapic..

Tabela 7. CO_2 consumido pelas espécies (ΔC) de inverno submetidas à aplicação de doses de imazethapyr + imazapic em pré-emergência. UNIPAMPA-RS, 2011.

Espécies	CO_2 consumido das espécies (ΔC)		
	Doses do herbicida ($L\ ha^{-1}$)		
	0	1	2
Canola	8,7 a	0,0 b	0,0 b
Festuca	12,7 a	0,0 b	0,0 b
Cornichão	12,7 a	11,7 a	12,7 a
Azevém	12,7 b	11,0 b	16,0 a
Trevo-Branco	11,0 a	11,7 a	13,7 a
Ervilhaca	15,3 a	14,7 a	15,3 a
Média Geral		9,98	
CV (%)		14,13	

¹ Médias seguidas pela mesma letra nas linhas não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

A taxa fotossintética (A) das espécies *L. corniculatus* e *V. sativa*, foram tolerantes as duas doses dos herbicidas, ou seja, igualaram-se a testemunha sem aplicação de produtos (Tabela 8). Não foi verificada diferença significativa para espécie *L. multiflorum*, quando comparado a testemunha, até aplicação da recomendação. Porém quando aplicado o dobro da dose a planta demonstra mudança significativa em relação à dose recomendada sendo que não difere da testemunha. Corroborando com os dados obtidos pela Gs (Tabela 3), que independente da dose, a taxa fotossintética está diretamente relacionada com o consumo de CO₂ do meio e com o aumento de massa das plantas (Concenção et al., 2008). Esses dados estão correlacionados com a dependência da fotossíntese em vários fatores, entre eles do constante fluxo de CO₂ e O₂ entrando e saindo da célula; esse fluxo livre está relacionado com a concentração de CO₂ e O₂ nos espaços intercelulares dependentes da abertura estomática – controladora majoritária do fluxo de gases (Messinger et al., 2006). Esse fluxo por sua vez, é em grande parte controlada pela turgescência tanto das células-guarda (que controlam a abertura dos estômatos) como das células epidérmicas dos estômatos (Humble & Hsiao, 1970). Para o *T. repens*, houve diferença significativa do incremento da dose em comparação com outro tratamento que recebeu a dose recomendada. Desse modo, qualquer efeito, causado pelo imazethapyr+imazapic, que leve à menor absorção ou à translocação de água pode afetar primeiramente a condutância estomática e/ ou mesofílica, reduzindo a taxa fotossintética. Este efeito pode ser explicado pela redução da taxa fotossintética que pode ocorrer por algumas inibições relacionadas às trocas gasosas (Sunohara & Matsumoto, 1997).

Tabela 8. Taxa fotossintética (A) das espécies de inverno submetidas a aplicação de doses de imazethapyr + imazapic em pré-emergência. UNIPAMPA-RS, 2011.

Espécies	Taxa fotossintética (A)		
	Doses do herbicida (L ha ⁻¹)		
	0	1	2
Canola	0,7 a	0,0 b	0,0 b
Festuca	0,6 a	0,0 b	0,0 b
Cornichão	0,7 a	0,7 a	0,6 a
Azevém	0,5 ab	0,6 a	0,2 b
Trevo-Branco	0,8 a	0,7 ab	0,5 b
Ervilhaca	0,5 a	0,5 a	0,6 a
Média Geral		0,45	
CV (%)		30,14	

¹Médias seguidas pela mesma letra nas linhas não diferem entre si pelo teste de Tukey (p ≤ 0,05).

De maneira geral a eficiência do uso da água (EUA), para as espécies *L. corniculatus*, *L. multiflorum*, *T. repens* e a *V. sativa* não apresentaram mudanças significativas em relação

às doses testadas da mistura de imazethapyr + imazapic (Tabela 9). Ressalta-se que a EUA é representada pela quantidade de CO₂ que é fixado na fotossíntese para a produção de matéria seca em função da quantidade de água transpirada (Silva et al., 2007). E quando se correlaciona os dados do fechamento estomático (Tabela 3) observou-se que não houve um severo fechamento estomático, onde pudesse reduzir a perda de água e também o influxo de CO₂, assim não ocorrendo à limitação da fotossíntese por deficiência de CO₂.

Tabela 9. Uso eficiente da água (EUA) das espécies de inverno submetidas a aplicação de doses de imazathapyr + imazapic em pré-emergência. Itaqui-RS, 2011.

Espécies	Uso eficiente da água (EUA)		
	Doses do herbicida (L ha ⁻¹)		
	0	1	2
Canola	0,2 a	0,0 b	0,0 b
Festuca	0,3 a	0,0 b	0,0 b
Cornichão	0,4 a	0,4 a	0,4 a
Azevém	0,5 a	0,5 a	0,4 a
Trevo-Branco	0,4 a	0,3 a	0,4 a
Ervilhaca	0,3 a	0,2 a	0,3 a
Média Geral		0,28	
CV (%)		1,08	

[†]Médias seguidas pela mesma letra nas linhas não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

Observou-se que há diferença na tolerância das espécies de estação fria quanto aplicação do herbicida imazethapyr + imazapic em lavouras de arroz irrigado para o controle de plantas daninhas, em especial o arroz-daninho e capim-arroz. Cabe destacar que a tolerância diferencial das espécies deve-se em parte pela seletividade natural ou adquirida, que algumas exibem a determinados compostos ou mecanismos de ação. De acordo com Accioly & Siqueira, (2000); Scramin et al.,(2001) a seletividade esta relacionada a translocação para outros tecidos da planta e subseqüentemente volatilização; podem ainda sofrer parcial ou completa degradação ou ser transformados em compostos menos tóxicos, combinados e/ou ligados a tecidos das plantas (compartimentalização).

4. CONCLUSÕES

- 1) As doses de 1 ou 2 L ha⁻¹ da mistura formulada comercialmente de imazethapyr + imazapic prejudicou negativamente todas as variáveis relacionadas às características fisiológicas das espécies, *B. napus* e *F. arundinacea*.
- 2) No *L. multiflorum* e *T. repens* não ocorreram danos a fisiologia das plantas somente ao se usar a dose recomendada do herbicida.
- 3) O *L. corniculatus* e a *V. sativa* não sofreram qualquer injúria na fotossíntese das plantas ao se aplicar 1 ou 2 L ha⁻¹ da mistura comercial.

5. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICAS

- ACCIOLY, A. M. A.; SIQUEIRA, J. O. Contaminação química e biorremediação do solo. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V.; V. H.; SCHAEFER, C. E. G. R. **Tópicos em ciência do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2000. v. 1. p. 299-352.
- AGOSTINETTO, D. et al. Arroz-vermelho: ecofisiologia e estratégia de manejo. **Ciência Rural**, v. 31, n. 2, p. 341-349, 2001.
- AGOSTINETTO, D. et al. Interferência de capim-arroz (*Echinochloa* spp.) na cultura do arroz irrigado (*Oryza sativa*) em função da época de irrigação. **Planta Daninha**, v. 25, n. 4, p. 689-696, 2007.
- AGOSTINETTO, D; GALON,L.; **Nível crítico de dano de infestante na cultura do arroz irrigado**. In: VIDAL, R.A. et al. Nível crítico de dano de infestantes em culturas anuais. Porto Alegre: Evangraf, 2010. 20p.
- ATTRIDGE, T. H. The natural light environment. In: **ATTRIDGE, T. H. (Ed.). Light and plant responses**. London: Edward Arnold, 1990. p. 1-5.
- AVILA, L. A.; SENSEMAN, S. A.; ULLMAN, J. L.; LEE, D.J.; MCCAULEY, G.; CHANDELER, J.; KRUTZ, L. Efeito da umidade do solo na sorção e disponibilidade de imazethapir em três solos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 4.: REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 26.; 2005, Santa Maria, RS. **Anais...** Santa Maria: UFSM, 2005. P. 190-193.
- BELO, A.F. et al. Atividade fotossintética de plantas cultivadas em solo contaminado com picloram. **Planta Daninha**, v. 29, n. 4, p. 885-892, 2011
- biochemistry of photosynthesis and the gas exchange of leaves. **Planta**, 153, p. 376-387.
- BRIDGES, D. C. Inhibitors of amino acid biosynthesis. Imidazolinones. In: **Herbicide action course**, 2003b. West Lafayette: Purdue University. P. 397-410.
- BRODRIBB, T. J.; HOLBROOK, N. M. Stomatal closure during leaf dehydration, correlation with other leaf physiological traits. **Plant Physiology**, v. 132, n. 4, p. 2166-2173, 2003.
- CAEMMERER, S., VON & FARQUHAR, G. D., 1981. Some relationships between the
- CARMO, M. L. et al. Influência do período de cultivo de *Panicum maximum* (cultivar Tanzânia) na fitorremediação de solo contaminado com picloram. **Planta Daninha**, v. 26, n. 2, p. 315-322, 2008.
- CONCENÇO, G. et al. Eficiência fotossintética de biótipos de azevém em condição de competição. **Planta Daninha**, v. 19, n. 2, p. 247-253, 2008.

- CROUGHAN, T. P. Herbicide resistant rice. In: **United states patent** [5,773,704],1998. Disponível em: <[http:// patFs.uspto.gov/netacgi/nph-parser? Sect1= pto1&";](http://patFs.uspto.gov/netacgi/nph-parser? Sect1= pto1&)> Acesso em:23 jun. 2010.
- CUNNINGHAM, S. D. et al. Phytoremediation of soils contaminated with organic pollutants. **Advances in Agronomy**, San Diego, v. 56, p. 55-114,1996.
- EMBRAPA. Sistema brasileiro de classificação de solos. 2 ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306 p.
- GALON, L. et al. Níveis de danos econômico para decisão de controle de capim-arroz(*Echinochloa* spp.) em arroz irrigado (*Oryza sativa*). **Plantas Daninhas**, v. 25, n. 4, p. 709-718, 2007.
- GALON, L.; AGOSTINETTO, D. Comparison of empirical models for predicting yield loss of irrigated rice (*Oryza sativa*) mixed with *Echinochloa* spp. **Crop Protection**, v.28, n.10, 825–830, 2009.
- HUMBLE, G. D.; HSIAO, T. C. Light-dependent influx and efflux of potassium of guard cells during stomatal opening and closing. **Plant Physiology**, v. 46, n. 3, p. 483-487, 1970.
- HUNT, E. R. et al. Effects of nitrate application on *Amaranthus powellii* Wats II. Stomatal response to vapor pressure difference is consistent with optimization of stomatal conductance. **Plant Physiology**, v.79, n.3, p.614-618, 1985.
- INOUE, N. H. et al. Potencial de lixiviação de imazapic e isoxaflutole em colunas de solo. **Planta Daninha**, v. 25, n. 3, p. 547-55, 2007.
- JONSON, D. H et al. Nicosulfuron, primisulfuron, imazethapyr, and dpx-pe350 injury to succeeding crops. *Weed Technology*, V. 7, p. 641-644, 1993.
- KRAEMER, A. F. **Residual da mistura formulada dos herbicidas imazethapyr e imazapic em áreas de arroz sob diferentes manejos de solo**. 2008. 66f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade federal de santa maria, Santa Maria, 2008.
- Larcher, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: Rima, 2000. 531 p.
- LOUX, M. M.; REESE,K.D. Effect of soil pH on adsorption and persistence of imazaquin. **Weed science**, v.40, n.3, p.490-496, 1993.
- MARENCO, R. A., LOPES, N. F. **Fisiologia Vegetal**. In: MARENCO, R. A., LOPES, N. F. Fotossíntese. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2009. p. 47-107.
- MENEZES, V.G. et al. Arroz-Vermelho (*Oryza sativa*) resistente aos herbicidas imidazolinonas. **Planta Daninhas**, v 27, n. especial, p. 1047-1052, 2009.
- MESSINGER, S. M. et al. Evidence for involvement of photosynthetic processes in the stomatal response to CO₂. **Plant Physiology**, v. 140, n. 2, p. 771-778, 2006.

- NAVES B. Franco, et al. Fluxo de seiva e condutância estomática de duas espécies lenhosas sempre-verdes no campo sujo e cerrado. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, 12(2): 119-134, 2000.
- OLIVEIRA JÚNIOR, R. S. Seletividade de herbicidas para culturas e plantas daninhas. In: OLIVEIRA JÚNIOR, R. S.; CONSTANTIN, J. **Plantas Daninhas**. Guaíba: Agropecuária, 2001. P. 291-313.
- OMETTO, J. P. H. B. et al. Variação temporal do isótopo estável do carbono em material arbóreo em florestas da região Amazônica. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ECOLOGIA, 4., 2003, Fortaleza. **Anais...** Rio Claro: Sociedade de Ecologia do Brasil, 2003. CD-ROM
- PANTONE, D.J.; BAKER, J.B. Reciprocal yield analysis of red rice (*Oryza sativa*) competition in cultivated rice. **Weed Science**, Champaign, v. 39, physiological traits. *Plant Physiol.*, v. 132, n. 4, p. 2166-2173, 2003.
- PINTO, J.J.O. et al. Atividade residual de imazethapyr+imazapic em arroz semeado em rotação com o arroz Clearfield®. **Planta Daninha**, v. 29, n. 1, p. 205-216, 2011.
- PINTO, J.J.O. et al. Atividade residual de imazethapyr+imazapic para sorgo granífero (*sorghum bicolor*) semeado em rotação com o arroz irrigado. **Planta Daninha**, v. 27, n. 1, p. 205-216, 2009.
- PIRES, F. R. et al. Fitorremediação de solos contaminados com tebuthiuron utilizando-se espécies cultivadas para adubação verde. **Planta Daninha**, v. 23, n. 4, p. 711-717, 2005a.
- PIRES, F. R. et al. Inferências sobre atividade rizosférica de espécies com potencial para fitorremediação do herbicida tebuthiuron. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 29, n. 4, p. 627-634, 2005b.
- PIRES, F. R. et al. Seleção de plantas com potencial para fitorremediação de tebuthiuron. **Plantas Daninhas**, v. 21, p. 451-458, 2003c.
- PIRES, F.R et al. Fitorremediação de solos contaminados com herbicidas. **Plantas Daninhas**, v.22, n.2, p.355-351, 2003a.
- PIRES, F.R et al. Seleção de plantas tolerantes ao tebuthiuron e com potencial para fitorremediação. **Revista Ceres**, v.21, n.2, p.335-341, 2003b.
- PROCÓPIO, S.O. et al. Potencial de espécies vegetais para a remediação do herbicida trifloxy-sulfuron-sodium. **Planta Daninha**, v. 23, n. 1, p. 9-16, 2005.
- RAY, T. B. Site of action of chlorsulfuron inhibitor of valine and isoleucine biosynthesis in plants. *Plant Physiology*, Los Angeles, v. 75, p. 875-831, 1984.

- RENNER, K.A.; SHABENERGER, O.; KELLS, J. J. Effect of tillage application method on corn (*Zea mays*) response to imidazolinone residues in soil. **Weed Technology**, v. 12, n. 2, p. 281-285, 1998.
- RODRIGUES, B. N.; ALMEIDA, F.S. Guia de herbicidas. 5 ed. Londrina, 2005.
- ROGERS, H. B. et al. Selection of cold-tolerant plants for growth in soils contaminated with organics. **Journal of Soil Contamination**, v. 5, p. 171-186, 1996.
- ROLAS - Rede oficial de laboratórios de análise de solo e de tecido vegetal. **Manual de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. 10 ed. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2004. 400p.
- SALT, D. E., SMITH, R. D., RASKIN, L. Phytomediation. **Annual review in plant Physiology and Plant Molecular Biology**, v. 49, n.1, p. 643-668, 1998.
- SANTOS, E. A. et al. Fitoestimulação por *Stizolobium aterrimum* como processo de remediação de solo contaminado com trifloxysulfuron-sodium. **Planta Daninha**, v. 25, n. 2, p. 259-265, 2007.
- SANTOS, J. B. et al. Fitorremediação e áreas contaminadas por herbicidas. In: SILVA, A. A.; SILVA, J. F. **Tópicos em manejo e plantas daninhas**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2007. p. 249-278.
- SANTOS, J. B. et al. Fitorremediação do herbicida trifloxysulfuron-sodium. **Planta Daninha**, v. 22, n.2, p. 323-330, 2004.
- SCRAMIN, S.; SKORUPA, L. A.; MELO, I. S. Utilização de plantas na remediação de solos contaminados por herbicidas – levantamento da flora existente em áreas de cultivo de cana-de-açúcar. In: MELO, I. S. et al. **Biodegradação**. Jaguariúna, SP: EMBRAPA Meio Ambiente, 2001. p. 369-371.
- SENSEMAN, S. A. (Ed.). **Herbicide handbook**. 9 ed. Lawrence: Weed Science Society of America, 2007.
- SHARKEY, T. D.; RASCHKE, K. Effect of light quality on stomatal opening in leaves of *Xanthium strumarium* L. **Plant Physiology**, v.68, n.5, p.1170-1174, 1981.
- SILVA, A. A. et al. Biologia e plantas daninhas. In: SILVA, A. A.; SILVA, J. F. **Tópicos em manejo e plantas daninhas**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, p. 17-61, 2007 a.
- SOSBAI: Sociedade Sul-Brasileira de Arroz Irrigado. **Arroz irrigado: Recomendações técnicas da pesquisa para o Sul do Brasil**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2010. 161p.
- STEELE, G. L. et al. Control of redrice (*Oryza sativa*) in imidazolinone-tolerant rice (*Oryza sativa*). **Weed technology**, v. 16, n. 3, p. 627-630, 2002.

- STOUGAARD, R. N.; SHEA, P. J.; MARTIN, A. R. Effect of soil type and pH on adsorption, mobility and efficacy of imazaquin and imazethapyr. **Weed Science**, v. 36, n. 1, p. 67-73, 1990.
- SUNOHARA, Y.; MATSUMOTO, H. Comparative physiological effects of quinclorac and auxins, and light involvement in quinclorac-induced chlorosis in corn leaves. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v. 58, n. 1, p. 125-132, 1997.
- TAIZ, L. & ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 4.ed. São Paulo:Artmed, 2009. 719 p.
- VIDAL, R. A.; WINKLER, L. M. Resistência de Plantas Daninhas: Seleção ou indução à mutação pelos herbicidas inibidores de acetolactato sintase (ALS). **Pesticidas: Revistas de Ecotoxicologia e Meio Ambiente**, Curitiba, v. 12, p. 31-42, 2002.
- VILLA, S.C.C. et al. Arroz tolerante a imidazolinonas: controle do arroz-vermelho, fluxo gênico e efeito residual do herbicida em culturas sucessoras não tolerantes. **Plantas Daninhas**, v. 24, n. 4, p. 761-768, 2006a.
- VILLA, S.C.C. et al. Controle de arroz-vermelho em dois genótipos de arroz (*oryza sativa*) tolerantes a herbicidas do grupo das imidazolinonas. **Plantas Daninhas**, v. 24, n. 4, p. 761-768, 2006b.
- VOSE, J. M. et al. Leaf water relations and sapflow in Eastern cottonwood (*Populus deltoides* Bartr.) trees planted for phytoremediation of a groundwater pollutant. **International Journal of Phytoremediation**, v. 2, p. 53-73, 2000.
- WREGE, M. S. et al. **Atlas climático da Região Sul do Brasil: Estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul**. 1 ed. Pelotas: Embrapa Clima Temperado; Colombo: Embrapa Florestas, 2011. 336p.