

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA  
CENTRO DE CIÊNCIAS NATURAIS E EXATAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGROBIOLOGIA**

**EFEITO DO REGULADOR DE CRESCIMENTO  
TRINEXAPAC-ETHYL EM CULTIVARES DE ARROZ  
IRRIGADO**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**

**Ana Paula Estevo**

**Santa Maria, RS, Brasil**

**2013**

# **EFEITO DO REGULADOR DE CRESCIMENTO TRINEXAPAC-ETHYL EM CULTIVARES DE ARROZ IRRIGADO**

por

**Ana Paula Estevo**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Agrobiologia da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Agrobiologia.**

**Orientador: Prof. Sidinei José Lopes**

**Santa Maria, RS, Brasil**

**2013**

---

© 2013

Todos os direitos autorais reservados a Ana Paula Estevo. A reprodução de partes ou do todo deste trabalho só poderá ser feita com autorização por escrito da autora.

Endereço: Sala 3260, prédio 16, Bairro Camobi, Campus/UFSM – CCNE – Dep. Biologia - Santa Maria, RS, 97105-900

Fone (0xx)55 32208339; Fax (0xx) 32208628; End. Eletr: [ana.paula.e@hotmail.com](mailto:ana.paula.e@hotmail.com)

---

**Universidade Federal de Santa Maria  
Centro de Ciências Naturais e Exatas  
Programa de Pós-Graduação em Agrobiologia**

A Comissão Examinadora, abaixo assinada,  
aprova a Dissertação de Mestrado

**EFEITO DO REGULADOR DE CRESCIMENTO TRINEXAPAC-ETHYL  
EM CULTIVARES DE ARROZ IRRIGADO**

elaborada por  
**Ana Paula Estevo**

como requisito parcial para obtenção do grau de  
**Mestre em Agrobiologia**

**COMISSÃO EXAMINADORA:**

**Sidinei José Lopes, Dr.**  
(Presidente/Orientador-UFSM)

**Sylvio Henrique Bidel Dornelles, Dr. (UFSM)**

**Danie Martini Sanchotene, Dr. (URI/Santiago)**

Santa Maria, 15 de março de 2013.

## **DEDICO**

A DEUS, MEU MELHOR AMIGO.

MINHA FAMÍLIA, POR SEREM MEU BEM MAIS PRECIOSO.

AMO VOCÊS, NEM SEMPRE DECLARADAMENTE, MAS DA MANEIRA MAIS SINCERA QUE POSSA SER. TUDO QUE FAÇO É PRA RETRIBUIR O MÍNIMO DE TUDO QUE JÁ FIZERAM E FAZEM POR MIM.

## AGRADECIMENTOS

AO PROFESSOR SIDINEI JOSÉ LOPES, MEU ORIENTADOR, PELA CONFIANÇA, PACIÊNCIA E TRANQUILIDADE, MINHA GRATIDÃO.

AOS PROFESSORES JUÇARA TEREZINHA PARANHOS E SYLVIO HENRIQUE BIDEL DORNELES PELOS CONHECIMENTOS TRANSMITIDOS, MINHA CONSIDERAÇÃO.

AOS PROFESSORES CARLOS ALBERTO CERETTA, LUIS ANTONIO DE AVILA E PAULO AUGUSTO MANFRON PELO INCENTIVO E APOIO, MINHA ADMIRAÇÃO.

A SANDRIANE, CAMILA E MARCOS PELA AJUDA, COMPREENSÃO E ESTÍMULO, MUITO OBRIGADA.

AOS COLEGAS FÁBIO E LIA PELO COMPANHEIRISMO E CUMPLICIDADE. VOCÊS TORNARAM ESSA CAMINHADA MAIS SIGNIFICATIVA E DIVERTIDA. ESSA AMIZADE SE ETERNIZOU ATRAVÉS DE GRANDES MOMENTOS QUE LEVAREI PARA SEMPRE COMIGO. E QUE VENHAM MUITOS OUTROS.

AS GRANDES AMIGAS CAROLINA, KARINE, LÍVIA E SÂNIRA, POR SEREM MINHAS LEAIS CONFIDENTES E PROTETORAS. SEM VOCÊS TUDO ISSO SERIA BEM DIFÍCIL.

A QUERIDA MARILENE, POR SER UMA FONTE DE FÉ E SERENIDADE . CARREGO PARA SEMPRE NO MEU CORAÇÃO CADA PALAVRA, ABRAÇO E O CARINHO DESSES ANOS DE AMIZADE.

A 89ª TURMA DE AGRONOMIA, FAMÍLIA 89. ACREDITEM, TUDO POSSUI UM PROPÓSITO. FORAM ESSENCIAIS E ESPECIAIS.

A TODOS QUE DE UMA FORMA OU DE OUTRA AUXILIARAM NA FINALIZAÇÃO DESSE TRABALHO.

TENHO A CERTEZA DE QUE DEUS ESCOLHE A DEDO AQUELES QUE COLOCA EM NOSSAS VIDAS.

‘AGORA NÃO ENTENDES O QUE ESTOU FAZENDO; MAIS TARDE COMPREENDERÁS’

Jo 13,7

## **RESUMO**

Dissertação de Mestrado  
Programa de Pós-Graduação em Agrobiologia  
Universidade Federal de Santa Maria

### **EFEITO DO REGULADOR DE CRESCIMENTO TRINEXAPAC-ETHYL EM CULTIVARES DE ARROZ IRRIGADO**

AUTOR: ANA PAULA ESTEVO

ORIENTADOR: SIDINEI JOSÉ LOPES

Data e Local da Defesa: Santa Maria, 15 de março de 2013.

Este estudo tem por objetivo avaliar os efeitos do regulador de crescimento Trinexapac-ethyl sobre cultivares de arroz irrigado, verificando o efeito de doses crescentes do ingrediente ativo sobre a morfologia de plantas, sobre os componentes do rendimento e sobre a redução de acamamento de cultivar potencialmente acamadora. Neste sentido, dois ensaios foram realizados, um em campo, com o objetivo de avaliar os efeitos de doses e épocas de aplicação do Trinexapac-ethyl sobre os componentes do rendimento, sobre o ciclo biológico, sobre a floração, e sobre o acamamento de plantas e outro, em casa-de-vegetação, para avaliar os efeitos de doses crescentes do Trinexapac-ethyl sobre a morfologia de plantas de duas cultivares de arroz irrigado, uma cultivar japônica (Bojurú) e outra cultivar indica (IRGA 422 CL). Os resultados experimentais permitem verificar que o regulador de crescimento Trinexapac-ethyl, aplicado em doses crescentes, provoca alterações na morfologia de plantas, encurtando entre-nós, reduzindo a altura de plantas, interferindo negativamente na área foliar e na fitomassa seca da parte aérea, reduzindo o acamamento de plantas e interferindo negativamente nos componentes do rendimento, principalmente no percentual de grãos inteiros e grãos quebrados.

**Palavras-chave:** morfologia, Moddus, gramineas



**ABSTRACT**

MSc. Dissertation  
Agrobiological Post-Graduation Program  
Federal University of Santa Maria

**EFFECT OF PLANT GROWTH REGULATOR TRINEXAPAC-ETHYL IN CULTIVARS OF RICE**

AUTHOR: ANA PAULA ESTEVO  
ADVISER: SIDINEI JOSÉ LOPES  
Santa Maria, march 15<sup>th</sup>, 2013.

This study aims to evaluate the effects of plant growth regulator trinexapac-ethyl on rice cultivars, checking agronomically feasible dose and the effect of these doses on the morphology of plants on yield components and on reducing lodging plant. In this sense, two trials were held, one in the field to evaluate the effects of doses of trinexapac-ethyl on yield components over the biological cycle, about flowering. The second study was performed in greenhouse. The objective is evaluate the effects of increasing doses of trinexapac-ethyl on the morphology of plants of two cultivars of rice: a japonica cultivar (Bojurú) and one Indica cultivar (IRGA 422 CL). Experimental results show that the plant growth regulator trinexapac-ethyl applied in increasing doses, causes changes in the morphology of plants, shortening between-us, reducing plant height, leaf area and interfering in shoot dry mass, reducing bedding plants and interfering negatively in yield components, especially in the percentage of whole grains and broken grains.

**Key words:** morphology; Moddus; grass

## LISTA DE QUADROS DO CAPÍTULO I

Quadro 1 – Fitomassa de mil sementes de arroz em função de doses crescentes de Trinexapac-ethyl.....	33
Quadro 2 - Médias da largura e comprimento da folha bandeira (cm) pela aplicação de doses de Trinexapac-ethyl em arroz irrigado – UFSM 2012.....	34
Quadro 3 –Altura de plantas (cm) pela aplicação de doses de Trinexapac-ethyl em arroz irrigado .....	39
Quadro 4 – Fitomassa seca da parte aérea (g) e área foliar (mm <sup>2</sup> ) pela aplicação de doses de Trinexapac-ethyl em arroz irrigado .....	43

## LISTA DE FIGURAS DO CAPÍTULO I

- Figura 1 – Fitomassa de mil sementes (g) das cultivares Bojurú e IRGA 422 CL em função de doses crescentes de Trinexapac-ethyl. UFSM-2012.....33
- Figura 2 – Largura da folha bandeira (cm) das cultivares de arroz irrigado Bojurú e IRGA 422 CL em função de doses crescentes de Trinexapac-ethyl. UFSM-2012.....34
- Figura 3 – Comprimento da folha bandeira (cm) das cultivares de arroz irrigado Bojurú e IRGA 422 CL em função de doses crescentes de Trinexapac-ethyl. UFSM-2012.....35
- Figura 4 - Diâmetro do colmo (mm) da cultivar de arroz irrigado Bojurú em função de doses crescentes de Trinexapac-ethyl, medido no primeiro, segundo e terceiro entrenó. UFSM- 2012..... 36
- Figura 5 - Diâmetro do colmo (mm) da cultivar IRGA 422 CL em função de doses crescentes de Trinexapac-ethyl. Medido no primeiro, segundo e terceiro entrenó. UFSM 2011/2012.....37
- Figura 6 - Efeito de doses de Trinexapac-ethyl na altura de plantas (cm) das cultivares IRGA 422 CL (cultivar 1) e Bojurú (cultivar 2). UFSM –2012. Cultivar IRGA 422 CL e cultivar Bojurú).....39
- Figura 7 - Curvas dose-resposta para doses de Trinexapac-ethyl e o efeito na fitomassa seca de cultivares de arroz IRGA 422 CL e Bojurú. UFSM-2013..... 41
- Figura 8 - Curvas dose-resposta para doses de Trinexapac-ethyl e o efeito na área foliar de cultivares de arroz irrigado IRGA 422 CL e Bojurú. UFSM- 2012.....42

## LISTA DE QUADROS DO CAPÍTULO II

Quadro 1- Tratamentos aplicados e épocas de aplicação.....	50
Quadro 2- Efeito do Trinexapac-ethyl na altura de plantas e no índice de acamamento de plantas de arroz.....	53
Quadro 3- Efeito do Trinexapac-ethyl nas características fenológicas (ciclo biológico e época de floração do.....	56
Quadro 4- Efeito do Trinexapac-ethyl nos componentes do rendimento e no rendimento de grãos de arroz cultivar IRGA 422 CL.....	57
Quadro 5- Contraste de médias entre a testemunha e os tratamentos com Trinexapac-ethyl.....	59

## SUMÁRIO

INTRODUÇÃO .....	14
REVISÃO DE LITERATURA .....	15
CAPÍTULO I .....	26
Introdução .....	27
Material e métodos.....	28
Resultados e discussão .....	31
Considerações finais .....	44
CAPÍTULO II .....	45
Introdução .....	46
Material e métodos.....	49
Resultados e discussão .....	53
Considerações finais .....	60
CONCLUSÃO.....	61
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	62

## INTRODUÇÃO

O arroz é o principal alimento para parcela significativa da população brasileira. Seu consumo representa 18% das calorias e 12% das proteínas da dieta básica (PEREIRA et al., 1990). O Rio Grande do Sul é o principal produtor de arroz irrigado. Cerca de 62% do total de arroz produzido no Brasil é colhido de lavouras do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina (CONAB, 2012). Nos últimos anos, a produtividade da cultura tem evoluído, em função de projetos desenvolvidos por institutos de pesquisa visando difundir tecnologias sustentáveis para a cultura.

Porém, ainda não foi atingido o patamar de produtividade superior a dez toneladas por hectare, considerado ideal para a cultura, em função de diversos fatores a serem melhorados, tais como: manejo de água, manejo da fertilidade, qualidade de sementes, sistematização das várzeas e manejo fitossanitário (HATSCHBACH et al., 2004). Além destes fatores, outro que tem interferência importante, afetando o rendimento de grãos é a suscetibilidade de cultivares ao acamamento de plantas.

Pinthus (1973) definiu o acamamento como um estado permanente de modificação da posição do colmo em relação à sua posição original, que resulta em plantas recurvadas. O acamamento muitas vezes envolve a ruptura dos tecidos, desconectando a vascularização do colmo e, portanto, impedindo a recuperação da planta (FAHN, 1975). O acamamento afeta a estrutura morfológica essencial para o uso eficiente de carboidratos e sua translocação para o grão e, quanto mais cedo ocorre, maior será a redução na produtividade e na qualidade de grãos (ZANATTA; OERLECKE, 1991).

O acamamento ocorre em função de características genéticas das cultivares (suscetibilidade), porte da planta, densidade de semeadura, excesso de adubação nitrogenada, entre outros.(PHINTUS, 1973)

O uso de reguladores vegetais, inibidores de giberelina, como o Trinexapac-ethyl, é uma das tecnologias que tem sido indicada para reduzir a altura de plantas, evitando o acamamento em culturas, tais como, o trigo e o sorgo.

Na cultura do arroz irrigado, poucos estudos foram conduzidos com o regulador vegetal Trinexapac-ethyl, buscando verificar os efeitos da aplicação deste na morfologia das plantas e na produtividade da cultura.

O uso de regulador de crescimento em gramíneas têm sido alvo de pesquisas, pois seus efeitos sobre a produção demonstram-se inconsistentes, verificando-se aumento de produtividade em alguns casos e, em outros, diminuição (BUZETTI et al., 2006).

Neste contexto, o objetivo deste trabalho é avaliar o efeito de doses crescentes do regulador de crescimento Trinexapac-ethyl na morfologia de duas cultivares de arroz irrigado, na redução do acamamento e nos componentes do rendimento.

## **REVISÃO DE LITERATURA**

### **1. Importância da cultura do arroz irrigado**

O arroz constitui fonte importante de calorias e proteínas, na dieta alimentar do povo brasileiro. Entretanto, a produção deste cereal tem oscilado de ano para ano e, eventualmente, não tem sido suficiente para atender ao consumo interno do país, resultando na necessidade de importação do produto, a fim de proporcionar a manutenção dos estoques nacionais (CONAB, 2012). Aproximadamente, 12% das proteínas e 18% das calorias da dieta básica do brasileiro é proveniente da cultura do arroz (PEREIRA et. al., 1990). Ainda, o arroz e feijão, constituem a alimentação básica no Brasil, apesar do recente decréscimo, em torno de 16%, no consumo de carboidratos, entre eles o arroz, havendo crescimento no consumo de carnes em grandes centros em função dos “fast foods” (IBGE, 2012).

O aumento da produtividade da cultura é uma das alternativas para atender ao consumo interno de arroz (ARF et al., 2001). Atualmente, os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina respondem por cerca de 62% do arroz produzido no Brasil. O sistema utilizado na produção de arroz nestes estados é irrigado por

inundação dos quadros. A área ocupada com a rizicultura no Rio Grande do Sul é de 1.100.000 hectares e em Santa Catarina 150.000 hectares (SOSBAI, 2012).

A produtividade média nos dois estados sulinos é de aproximadamente 7.500 kg ha<sup>-1</sup>, sendo que o potencial produtivo ultrapassa as dez toneladas por hectare (DORNELLES et. al., 2009).

Vários fatores tem influenciado na produtividade do arroz nestes estados, entre eles: cultivares pouco resistentes às doenças e sensíveis ao frio, semeadura fora da época adequada, manejo da água, adubação nitrogenada em desacordo com a necessidade das plantas, semeadura adensada, o que acaba por influenciar nos componentes do rendimento. O excesso de adubação nitrogenada e a semeadura adensada propiciam plantas estioladas e potencialmente acamadoras (NASCIMENTO, 2008).

Novas tecnologias tem sido empregadas na cultura do arroz irrigado proporcionando, através de modernas cultivares, a possibilidade de patamares maiores de produtividade. Porém, para serem mais produtivas, estas cultivares, necessitam de maiores cuidados com a fertilidade, exigindo maiores doses de adubação de base e de cobertura nitrogenada. Em contrapartida, doses mais encorpadas de nitrogenados, fragilizam as plantas no aspecto de resistência ao acamamento por promoverem maior crescimento das plantas com alongação dos colmos (NEVES et al., 2008).

## **2. Consequências do acamamento às plantas de arroz**

Conceitualmente, acamamento é considerado uma modificação permanente na posição caulinar do colmo de poáceas em relação à sua posição original, o que resulta em plantas recurvadas (PINTHUS, 1973). Cultivares de porte alto e colmo fraco, acamam mais facilmente quando recebem doses altas de nitrogênio (FAGERIA, 1989).

O acamamento, ao recurvar as plantas, diminui a seção transversal dos feixes vasculares destas, portanto, reduz o movimento de fotoassimilados e dos nutrientes



absorvidos via raízes. Em consequência, a produção de arroz diminui (GUIMARÃES et al., 2002).

O maior crescimento de plantas e o acamamento destas, provocam prejuízos decorrentes da dificuldade de colheita e em função do aumento da umidade dos grãos, cujas panículas tocam a água dos quadros (WIERSMA et al., 1986).

As espiguetas úmidas, predispõem a planta à incidência de doenças com decréscimo de produtividade e na qualidade dos grãos (TATNELL, 1995). O acamamento também aumenta o auto-sombreamento das plantas de arroz, contribuindo para a maior esterilidade de grãos (GUIMARÃES et al., 2002).

Fatores, tais como: adubação nitrogenada excessiva, densidade de semeadura e manejo fitossanitário, podem interferir no porte da planta, podendo predispô-la ao acamamento. O acamamento é uma característica agrônômica preocupante em relação à produtividade, pela interferência que causa na acumulação da fitomassa seca, afetando a qualidade do grão (PINTHUS, 1973).

É uma característica difícil de ser avaliada isoladamente e com precisão, dada a grande interação que existe com o vento, com a chuva e com o solo. As diferenças entre as cultivares tendem a ser obscurecidas por fatores, ambientais, tais como, a densidade de plantas e a fertilidade do solo (NEENAN; SPENCER-SMITH, 1971).

### **3. Efeito de reguladores de crescimento na redução do acamamento de plantas**

Os reguladores vegetais podem reduzir o acamamento das plantas de arroz, pelo retardamento do crescimento vegetal. Estes são compostos sintéticos utilizados para reduzir o crescimento longitudinal da parte aérea das plantas, sem diminuição na produtividade (RADEMACHER, 2000).

Ao inibirem a alongação celular, em função da inibição da atividade de giberelinas, os reguladores vegetais promovem encurtamento de entre-nós de colmos de poáceas, com consequente redução na altura de plantas (BARROS, 1991; RADEMACHER, 2000).

Colmos mais curtos facilitam a respiração do vegetal e aumentam o

aproveitamento dos produtos fotossintéticos, portanto, interferem no equilíbrio fotossíntese-respiração, mas o porte extremamente baixo é desvantajoso porque induz ao aumento do auto-sombreamento. Portanto, a planta deve ter um porte intermediário para resistir ao acamamento e apresentar menor auto-sombreamento (FAGERIA, 1989). Desta forma, estudos com reguladores vegetais devem levar em conta os limites para utilização destes produtos que tem apresentado resultados inconsistentes em relação aos benefícios auferidos (BUZETTI et al., 2006).

Substâncias, tais como: Ethephon, Cloreto de mepiquat e Trinexapac-ethyl tem sido utilizados em diversos países em culturas frutíferas para acelerar e uniformizar o florescimento e, conseqüentemente, a maturação dos frutos de diversas espécies (ARTECA, 1996), para reduzir a área foliar em gramados em estádios esportivos (COSTA, 2010) e para promover menor porte de plantas e redução do acamamento em culturas, tais como: trigo, sorgo e arroz de terras altas (RADEMACHER, 2000; VAGNER, 2008; SCHWERZ, 2012).

Na cultura do trigo, Zagonel (2002) cita que entre as principais práticas de manejo a serem adotadas para alavancar a produtividade e a qualidade dos grãos estão o aumento da densidade de semeadura associada ao aumento nas doses de nitrogênio. Porém, tais práticas podem promover o acamamento de plantas, o que interfere negativamente na produção e na qualidade dos grãos. Desta forma, o uso de reguladores vegetais inibidores de giberelinas, como o Trinexapac-ethyl, tem sido indicado para redução da altura da planta e, conseqüente, redução do acamamento de plantas.

De modo geral, o acamamento tem sido normalmente controlado mediante restrição da aplicação de fertilizantes nitrogenados e uso de cultivares de porte baixo (RODRIGUES et al., 2003). Porém, grande parte dos cultivares recomendados para a Região Sul são de porte alto e, dependendo das condições de cultivo e de ambiente, apresentam sensibilidade ao acamamento.

Em arroz de terras altas, Barros (1991), Alvarez (2003) e Nascimento (2008) obtiveram redução significativa no porte das plantas com o uso de reguladores vegetais, redundando em menor acamamento de plantas sob o uso de doses maiores de nitrogênio e maior densidade de semeadura. Porém, com esta prática,

obtiveram resultados inconsistentes em relação à produtividade da cultura, que pode aumentar ou ser negativa.

#### **4. Efeito de reguladores vegetais em características morfológicas de plantas**

A descoberta dos efeitos dos reguladores vegetais sobre as plantas cultivadas e os benefícios promovidos por estas substâncias, tem contribuído para solucionar problemas de sistemas de produção e melhorar qualitativa e quantitativamente a produtividade das culturas (CASTRO; VIEIRA, 2001).

Estudos publicados, demonstram que o uso destas substâncias químicas podem beneficiar as culturas, provocando modificações no período de florescimento e na frutificação de muitas plantas (CASTRO; BARBOSA, 1999). Desta forma, podem permitir alterar a época de floração e florescimento dos vegetais, adequando para a necessidade prática do produtor o escalonamento de frutificação, modificando também o valor comercial do produto (MOTTER, 2007).

Na cultura do mamoeiro, ONO et al. (2004) testaram reguladores de crescimento para promover a quebra da dominância apical. Os resultados mostraram que plantas tratadas com giberelina e citocinina sintética, acompanhados da remoção ou não da gema apical, apresentaram maior número de brotações que a testemunha, a qual não apresentou brotações das gemas laterais.

As giberelinas também podem participar na determinação do sexo de cucurbitáceas monóicas. Quando há predominância de giberelinas sobre o etileno, nessas plantas, a maioria das flores são masculinas e precoces. Quando há predominância do etileno, a maioria das flores são femininas e precoces (CASTRO, 2001). Além do mais, a aplicação exógena de giberelinas permite retardar o aparecimento da coloração vermelha em tomate e a maturação da banana e caqui. As giberelinas promovem também o término da dormência em batata para plantio e aumentam o tamanho das bagas e comprimento do cacho de uvas de mesa.

As principais formas de uso da giberelina são na forma de aspersão ou

imersão, incluem o controle do cultivo de frutas, a maltagem da cevada e o aumento da produção em cana-de-açúcar. Em algumas plantas a redução da altura é desejável, o que pode ser obtido pelo uso de inibidores de síntese de giberelinas. Também, associados aos efeitos da giberelina, há a diminuição da espessura do caule e no tamanho da folha, além da coloração verde clara das folhas. No entanto, o estímulo mais pronunciado tem sido em espécies de plantas anãs ou rosetas, bem como, nos membros da família das gramíneas, com alteração na divisão e alongamento celular, mas também em outros processos fisiológicos, tais como, a germinação de sementes e o florescimento de plantas (TAIZ; ZEIGER, 2004).

Em diversas culturas, os reguladores de crescimento, tal como, o ácido 2-cloro ethil fosfônico (ethephon), têm sido utilizados para acelerar e uniformizar o florescimento e conseqüentemente a maturação dos frutos (ARTECA, 1996). Em arroz, a informação sobre a ação desse regulador de crescimento é escassa (CARBONE; VIDAL, 1997). Quando aplicado sobre as plantas de arroz, este composto proporciona a liberação de etileno, interferindo nos processos fisiológicos dos tecidos vegetais (BARROS, 1991). O etileno é um hormônio que regula diversos processos fisiológicos da planta, entre eles a senescência das folhas nos cereais (CARBONE; VIDAL, 1997).

Em algodoeiro, Cathey; Meredith Junior (1988), verificaram que a aplicação do regulador vegetal cloreto de mepiquat, proporcionou o aumento de produção de maçãs e fibras e redução da altura da planta.

O cloreto de mepiquat é utilizado para diminuir a altura de plantas, inibindo a síntese endógena de giberelina, obtendo-se uma planta mais compacta, com maior crescimento de ramos, formação de folhas verdes escuras e florescimento precoce (FIGUEIREDO, 1998).

A aplicação de reguladores vegetais na cultura da cana-de-açúcar tem se tornado uma prática comum, com o objetivo de antecipar a maturação natural e, assim, disponibilizar matéria-prima de boa qualidade para industrialização antecipada, e também auxiliar os produtores no manejo das variedades. Para o tratamento com Trinexapac-ethyl observa-se um encurtamento dos entrenós, após a aplicação (GHELLER, 2006).

Nascimento (2008) verificou que não houve efeito significativo da época de aplicação de Trinexapac-ethyl e de doses deste produto vegetal utilizado em relação ao teor de nitrogênio nas folhas de arroz.

Diversos estudos têm evidenciado a viabilidade do uso de reguladores vegetais à base de Trinexapac-ethyl, na redução do crescimento vegetativo e do acamamento em trigo (ZAGONEL; FERNANDES, 2007; ESPINDULA et al., 2010), arroz (ALVAREZ et al., 2007; NASCIMENTO et al., 2009; GITTI et al., 2011), crotalária (KAPPES et al., 2011) e girassol (MATEUS et al., 2009).

## **5. Uso do Trinexapac-ethyl em culturas agrícolas**

O Trinexapac-ethyl é um regulador desenvolvido para uso como agente anti-acamamento em poáceas (gramíneas) alimentícias, e como regulador de crescimento em gramados (MOTTER, 2010). Além destes benefícios, na safra seguinte, a aplicação deste produto, não afeta a produção de perfilhos, altura de plantas ou diâmetro de colmos por não apresentar residual nos solos.

O Trinexapac-ethyl é um regulador vegetal do tipo II, comumente utilizado nos Estados Unidos para reduzir o crescimento vegetativo de gramados. Pertencente ao grupo químico das ciclohexanodionas, apresenta estrutura similar à dos herbicidas graminicidas sethoxydim e clethodim (JOHNSON, 1994; FAGERNESS; PENNER, 1998c; HECKMAN et al., 2001). Os reguladores do tipo II atuam como inibidores da biossíntese de giberelinas, interrompendo o alongamento celular (ERVIN; KOSKI, 2001).

Segundo Adams et al. (1992), o mecanismo de ação do Trinexapac-ethyl está relacionado com a inativação da enzima GA20 3 $\beta$ -hidroxilase, devido, provavelmente, à competição entre o regulador vegetal e o 2-oxogluterato pelo cossustrato Fe<sup>+2</sup>/ascorbato-dependente dioxygenase, reduzindo o nível de giberelinas ativas, principalmente GA1.

O Trinexapac-ethyl é um regulador com ação na inibição da alongação dos entrenós, o que reduz a estatura da planta, minimizando possível acamamento e

perdas na produtividade, associadas ao acamamento. Trata-se de um regulador que atua numa etapa posterior, a partir do GA12-aldeído, inibindo a partir deste a síntese de giberelinas de alta eficiência biológica, como: GA1, GA3 (pouco comum em plantas superiores), GA4, GA7, GA9, GA20 e outras. Dessa forma, em função da ação desse composto, as plantas têm dificuldade de formação dessas giberelinas ativas e passam a sintetizar e acumular giberelinas biologicamente menos eficientes, como: GA8, GA17, GA19, GA24 entre outras, o que leva, na prática, à drástica redução no alongamento celular (crescimento), sem causar deformação morfológica dos colmos (NAQVI, 1994; TAIZ; ZEIGER, 2004).

Apesar de ser um inibidor de giberelinas, o Trinexapac-ethyl, diferentemente de outros reguladores vegetais, como o Cloreto de mepiquat e o ethephon, que interferem mais precocemente na biossíntese de giberelina, paralisando a produção das demais (SHEPARD, 2000), não interfere na síntese de algumas giberelinas importantes (DIPAOLA, 2000; NASCIMENTO, 2010), não prejudicando a fotossíntese de plantas (MOTTER, 2010). O principal efeito observado em cereais de inverno (trigo e cevada) é a inibição temporária da alongação celular, resultando na redução da alongação dos entre-nós e folhas, redução de porte e, conseqüentemente, redução de acamamento. O efeito e a sua duração são relativos à dose aplicada e à fase de desenvolvimento da cultura no momento da aplicação, sendo mais visível nos cereais de inverno no estágio de emissão da inflorescência, pela redução dos entre-nós e pedúnculo.

No Brasil, o Trinexapac-ethyl é utilizado como maturador de cana-de-açúcar e promove aumento de rendimento de açúcar sem impacto negativo na qualidade do caldo, no conteúdo de fibras ou no peso da cana (RESENDE et al., 2001). A aplicação de reguladores vegetais na cultura da cana-de-açúcar tem se tornado uma prática comum, com o objetivo de antecipar a maturação natural e, assim disponibilizar matéria-prima de boa qualidade para industrialização, uniformizando e antecipando a colheita. Com a aplicação de Trinexapac-ethyl, na cana-de-açúcar, ocorre um encurtamento dos entrenós do colmo, após a aplicação do produto (GHELLER, 2006). A planta madura antecipadamente, ajustando as operações de colheita à necessidade operacional do produtor.

Em algodão, cultivado em condições onde não há limitação de umidade e a disponibilidade de nutrientes é adequada, as plantas produzem biomassa excessiva, produzindo intensa área caulinar e foliar, interferindo negativamente na produção final de maçãs e de fibras. Neste sentido, a aplicação de reguladores de crescimento como o Trinexapac-ethyl torna-se importante (REDDY et al., 1990). Esta prática é muito comum em propriedades onde se emprega a colheita mecanizada, evitando-se assim, perdas da produção por acamamento e entupimento do mecanismo de corte das máquinas durante as operações de colheita, acarretado pelo porte e crescimento vegetativo excessivo (CARVALHO et al., 1994).

Um dos problemas enfrentados na cultura do trigo é a possibilidade frequente de acamamento de plantas, em função do porte alto das cultivares semeadas no sul do Brasil, em função da densidade de semeadura e da necessidade de uso de elevadas doses de nitrogenados em cobertura, para atingir níveis de produtividade economicamente compensadores. Desta forma, o uso de Trinexapac-ethyl tem sido indicado (ESPINDULA, 2009), por permitir encurtamento de entre-nós das plantas e consequente redução do porte e da possibilidade de acamamento (NASCIMENTO, 2010).

Para possibilitar o adensamento e até mesmo maior aporte de nitrogênio, o uso de reguladores de crescimento vem ganhando destaque na triticultura. A prática já vem sendo utilizada na Europa, onde ocorre o emprego do ingrediente ativo (i.a) Trinexapac-ethyl, que tem se mostrado efetivo na redução da estatura das plantas de trigo e cevada, evitando o acamamento (ZAGONEL et al., 2002).

O uso do Trinexapac-ethyl em gramados pode promover a inibição do crescimento das plantas por um período de quatro a seis semanas após o tratamento, em várias espécies de grama (JOHNSON, 1992; FAGERNESS; PENNER, 1998; FREITAS et al., 2002). Costa et al. (2009) verificaram que a aplicação sequencial de Trinexapac-ethyl nas gramas São Carlos (*Axonopus compressus*), Batatais (*Paspalum notatum*), Santo Agostinho (*Stenotaphrum secundatum*) e Esmeralda (*Zoysia japonica*), pode reduzir a necessidade de cortes por um período de até 55 dias.

Os trabalhos realizados por Green et al. (1990), Jiang; Fry (1998) e Lickfeldt

et al. (2001), destacam que a utilização dos reguladores vegetais pode diminuir a demanda de água pela planta e auxiliar no desempenho dos fungicidas aplicados nos gramados. O Trinexapac-ethyl pode ser usado para melhorar a densidade, a coloração e o desempenho de gramados utilizados em áreas esportivas (campos de futebol, golfe, beisebol, polo, tênis, etc.), áreas residenciais (jardins) e áreas públicas (parques, praças, prédios públicos, etc.). Além disso, esse produto também pode ser utilizado em áreas onde as operações de roçada oferecem riscos de acidentes, como locais com topografia acentuada e margens de rodovias com tráfego intenso de veículos (DERNOEDEN, 1984; BUSH et al., 1998).

Na cultura da soja, Campos (2005), trabalhando com reguladores vegetais, concluiu que estes podem ser excelentes ferramentas, podendo influenciar positivamente no número de ramificações, no florescimento, no número de vagens, no enraizamento, na área foliar e no teor de clorofila das folhas, entre outros.

Poucos estudos tem sido publicados, com resultados do uso de Trinexapac-ethyl na cultura do arroz. Alvarez (2003), estudando o efeito do etil-trinexapac na redução da altura da planta de arroz irrigado por aspersão, aplicado na diferenciação floral, na dose de 200g i.a. ha<sup>-1</sup>, verificou que o produto reduziu a altura da planta em 34 cm e influenciou negativamente os componentes do rendimento e a produtividade de grãos, devido a mesma ter conduzido o experimento em condições adversas, em casa de vegetação e fora da época de cultivo.

Em estudo semelhante, Nascimento (2010) verificou que 150g ha<sup>-1</sup> de Trinexapac-ethyl, aplicado na diferenciação floral do arroz cultivar Primavera (de terras altas), reduziu a altura de plantas, na média em 0,40 m em relação à aplicação no perfilhamento e no emborrachamento, com ausência de acamamento. Verificou também, que o Trinexapac-ethyl promoveu maior número de grãos chochos, menor perfilhamento útil, reduzindo a produtividade de grãos em doses acima de 150g ha<sup>-1</sup>, quando aplicado no estágio de diferenciação floral. Neste estudo, concluiu que a aplicação de 75 e 150g ha<sup>-1</sup> do regulador vegetal, em qualquer fase do desenvolvimento da cultura não interferiu na produtividade de grãos.

Alvarez et al. (2007) aplicaram trinexapac-ethyl no perfilhamento e observaram



uma menor produtividade de grãos, diminuição do número de panículas por área de solo, do número de espiguetas total por panícula e fitomassa de 1000 grãos.

Pesquisa realizada por Arf et al. (2001), com arroz de terras altas, verificou que a aplicação de  $50\text{g ha}^{-1}$ ,  $100\text{g ha}^{-1}$  e  $150\text{g ha}^{-1}$  de Trinexapac-ethyl, por ocasião da diferenciação do primórdio da panícula das cultivares Caiapó, BRS Soberana e BRS Primavera, respectivamente, reduziu a altura de plantas e caracterizou-se pela ausência de acamamento. A aplicação de  $50\text{g ha}^{-1}$  e  $150\text{g ha}^{-1}$  de Trinexapac-ethyl, aumentou a produtividade das cultivares Caiapó e BRS Primavera, respectivamente, e a dose de  $100\text{g ha}^{-1}$  interferiu pouco na cultivar BRS Soberana.

No mesmo sentido, Alves et al. (2012) afirmam que o regulador de crescimento Trinexapac-ethyl possui grande viabilidade de uso na cultura do arroz com a dose sugerida de  $200\text{mL ha}^{-1}$  aplicado aos 25 dias após a semeadura da cultura. Concluem que a dose de  $400\text{mL ha}^{-1}$  proporciona efeito negativo na produtividade da cultura de terras altas.

## CAPÍTULO I

### EFEITO DO TRINEXAPAC-ETHYL NA MORFOLOGIA DE PLANTAS DE ARROZ EM CASA DE VEGETAÇÃO

### EFFECT OF TRINEXAPAC-ETHYL IN RICE MORPHOLOGY IN GREENHOUSE

#### Resumo

Foi realizado um estudo, em casa de vegetação, com doses crescentes do regulador vegetal Trinexapac-ethyl aplicado em duas cultivares de arroz irrigado: IRGA 422 CL (*indica*) e Bojurú (*japônica*). As doses avaliadas foram zero, 75, 150, 300, 600, 1200 e 2400mL ha<sup>-1</sup> do produto comercial. Os tratamentos foram aplicados no perfilhamento das plantas de arroz. Os resultados indicam que o Trinexapac-ethyl, até a dose de 300mL ha<sup>-1</sup>, proporcionou redução de porte das plantas das cultivares IRGA 422 CL e Bojurú, reduzindo área foliar, fitomassa seca da parte aérea e altura de plantas, sem interferir negativamente na fitomassa de mil grãos. Doses superiores a 300mL ha<sup>-1</sup> interferem negativamente na morfologia das plantas das cultivares IRGA 422 CL e Bojurú, interferindo também na fitomassa de mil sementes.

**Palavras-chave:** gramínea; morfologia; *Oryza*.

#### Abstract

A study was conducted in a greenhouse, with increasing doses of retardant plant trinexapac-ethyl applied in two rice cultivars. The cultivars were IRGA 422 CL and Bojurú. The doses evaluated were 75, 150, 300, 600, 1200 and 2400 mL.ha<sup>-1</sup> of the commercial product. Treatments were applied at tillering of rice plants. Experimental results demonstrate that the trinexapac-ethyl until the dose of 300 mL.ha<sup>-1</sup> gave canopy reduction of plant cultivars IRGA 422 CL and Bojurú reducing leaf area, shoot dry weight and plant height, without interfering negatively in the mass of thousand seeds. Doses above of 300 mL.ha<sup>-1</sup> promotes negative impact on the morphology of plant cultivars IRGA 422 CL and Bojurú, also interfering in the mass of thousand seeds.

**Key words:** grass; morphology; *Oryza*.

## 1.INTRODUÇÃO

A cultura do arroz irrigado tem importância na alimentação de parcela considerável da população brasileira. Os estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul respondem por 62% da produção nacional de arroz (DORNELLES, 2009).

Muitos fatores interferem na produtividade do arroz irrigado, entre eles: a incidência de pragas, doenças, plantas daninhas, o manejo de fertilidade, os tratamentos culturais (HATSCHBACH et al., 2004), o uso de cultivares suscetíveis ao acamamento (NEVES et al., 2012; NASCIMENTO, 2010).

Uma tecnologia química que tem sido recomendada em nível mundial, para uso em diferentes culturas, visando reduzir porte de plantas e, conseqüentemente, o acamamento, principalmente em gramíneas, utiliza o regulador de crescimento Trinexapac-ethyl (ZAGONEL et al., 2002; FERNANDES, 2007; ESPINDULA et al., 2010; NASCIMENTO, 2010; ARF et al., 2012).

Este produto químico é um inibidor de giberelinas. Ao inibir este fitohormônio, interfere no crescimento celular e na alongação dos entre-nós das gramíneas (TAIZ; ZEIGER, 2004), reduzindo a altura de plantas com impacto positivo na redução do acamamento (PINTHUS, 1973). Porém, doses superiores a 400mL ha<sup>-1</sup> do regulador de crescimento podem interferir negativamente na produtividade da cultura do arroz de terras altas (NASCIMENTO, 2010; ALVAREZ et al., 2007).

O Trinexapac-ethyl interfere na morfologia de plantas, ao reduzir o comprimento de entre-nós em gramíneas, reduzindo a altura de plantas e a fitomassa seca da parte aérea (ZAGONEL et al., 2002; ALVAREZ, 2003; ARF et al., 2012).

Na cultura do arroz irrigado, poucos trabalhos encontram-se publicados, verificando o efeito do regulador de crescimento Trinexapac-ethyl na morfologia de diferentes cultivares.

Neste sentido, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de doses crescentes de Trinexapac-ethyl na morfologia de duas cultivares de arroz irrigado, uma *indica* (IRGA 422 CL) e uma *japônica* (Bojurú).

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

O ensaio foi realizado em casa-de-vegetação do Departamento de Biologia da Universidade Federal de Santa Maria, durante a safra de verão de 2011/2012.

As sementes das cultivares IRGA 422 CL (tipo *indica*) e Bojurú (tipo *japônica*) foram semeadas, em número de 10, em potes tipo balde, com capacidade para 7kg de solo. Utilizou-se areia esterilizada e seca como substrato. Os potes foram pesados em balança de precisão para garantir a mesma quantidade de areia em cada pote. A semeadura ocorreu em 28 de novembro de 2011. As sementes foram semeadas na profundidade de três centímetros.

Procedeu-se adubação de base, na quantidade de  $450\text{kg ha}^{-1}$  da fórmula 10-20-20, uniformizando todos os tratamentos.

Após a semeadura, os potes foram irrigados com a mesma quantidade de água, inicialmente na capacidade de campo, através de pesagem de cada pote, mantendo-se assim até a manutenção definitiva de lâmina de água. Após a germinação, procedeu-se a um desbaste de plantas, deixando três plantas por pote. Quando as plantas encontravam-se no perfilhamento, procedeu-se a uma adubação de cobertura com uréia na dose de  $60\text{kg ha}^{-1}$  de nitrogênio. Nova adubação de cobertura de  $60\text{kg ha}^{-1}$  de nitrogênio foi realizada na diferenciação do primórdio floral (DPF) em lâmina de água.

Durante o experimento, foram realizadas duas aplicações do fungicida Nativo, na dose de  $750\text{mL ha}^{-1}$  na exerceção das panículas e mais  $750\text{mL ha}^{-1}$  15 dias após.

Para controle de pragas foi aplicado Fipronil ( $100\text{mL } 100\text{ kg}^{-1}$  de sementes) em tratamento de sementes e, posteriormente,  $40\text{mL ha}^{-1}$  de zetacipermetrina para controle de pragas da parte aérea quando o arroz encontrava-se no emborrachamento.

### 2.1. Tratamentos avaliados e forma de aplicação

Os tratamentos foram Trinexapac-ethyl nas doses crescentes de: 0 (testemunha), 75, 150, 300, 600, 1200 e  $2400\text{mL ha}^{-1}$  aplicados no perfilhamento

das plantas de arroz. O produto comercial testado foi Moddus que contém 250 gramas do ingrediente ativo Trinexapac-ethyl por litro de produto comercial.

Os tratamentos foram aplicados, utilizando-se pulverizador pressurizado a CO<sub>2</sub>, contendo barra de 1,5 metros e quatro pontas com bicos XR Teejet 110.02. O equipamento foi regulado para pulverizar um volume de calda de 150L ha<sup>-1</sup>.

No momento da aplicação, as condições climáticas eram favoráveis para uma pulverização foliar. O procedimento foi realizado na área externa da estufa, com posterior retorno dos vasos. Temperatura do ar de 27,4°C, umidade relativa do ar 65,8%, vento de 2,84km h<sup>-1</sup>, medidas com equipamento portátil Kestrell 3000. Luminosidade adequada, céu claro com poucas nuvens.

As características do produto comercial são: Trinexapac ethyl (marca comercial MODDUS). Ingrediente ativo ou nome comum: trinexapaque etílico (trinexapac ethyl). Nome químico: ethyl 4-cyclopropyl(hydroxy)methylene-3-5-dioxocyclohexanecarboxylate. Grupo químico: ácido dioxociclohexanocarboxílico. Classe: regulador de crescimento. Classe toxicológica: IV (pouco tóxica). Concentração do ingrediente ativo: 250 gramas do ingrediente ativo trinexapac ethyl por litro de produto comercial.. Formulação: EC (concentrado emulsionável)

## 2.2. Delineamento experimental

Utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado com quatorze tratamentos e quatro repetições. O experimento é bifatorial onde: fator A é constituído por duas cultivares de arroz (Bojurú e IRGA 422 CL) e fator B é constituído por sete doses do regulador de crescimento Trinexapac-ethyl (0, 75, 150, 300, 600, 1200 e 2400mL ha<sup>-1</sup>)

## 2.3. Avaliações

### Componentes vegetativos

**Altura das plantas:** determinado durante o estágio de grãos na forma pastosa. A distância média compreendida desde a superfície do substrato até a

extremidade superior da panícula mais alta. As medições ocorreram na pré-colheita em três plantas por parcela (vaso).

**Diâmetro do colmo:** determinado pela medição com paquímetro de precisão do diâmetro do colmo no terço médio da planta, em três plantas por parcela (vaso) 30 dias após a aplicação dos tratamentos.

**Comprimento de entre-nós:** determinado pela medição com régua decimilimetrada do comprimento entre dois nós consecutivos. Em três plantas por parcela (vaso) aos 30 dias após aplicação dos tratamentos.

**Largura e comprimento da folha bandeira:** determinado pela medição com régua decimilimetrada. Medido aos 30 dias após a aplicação dos tratamentos em três plantas por parcela (vaso).

**Fitomassa seca da parte aérea de plantas:** as plantas foram avaliadas na pré-colheita, seccionando-se a parte aérea na região do colo da planta na altura da superfície do solo. As plantas foram envelopadas em sacos de papel pardo, que foram submetidos à secagem em estufa à 60 °C até peso constante. Após a secagem foram medidas em balança de precisão. Avaliado em três plantas por parcela (vaso).

**Área foliar:** foi realizada a medição da área foliar das plantas (mm<sup>2</sup>) através de equipamento integralizador de área foliar ADC AM 300. Na pré-colheita, em três plantas por parcela (vaso).

### **Componentes da produção**

**Fitomassa de mil sementes:** com os grãos utilizados para calcular o número de grãos por panícula, foram separadas duas amostras por parcela. As mesmas foram pesadas em balança de precisão e determinado a fitomassa de mil sementes (13% base úmida).

### **2.4. Análise estatística**

Os dados foram analisados quanto às pressuposições para verificar a homogeneidade (teste de Bartlett) e a normalidade (teste de Anderson Darling). Quando não atendida a pressuposição, verificou-se a possibilidade de

transformação de dados, pelo procedimento Box-Cox. Caso não conseguisse transformação, foi utilizado o teste de Kruskal-Wallis. Utilizou-se o programa estatístico Action e como teste de médias utilizou-se Tukey em 5% de probabilidade de erro.

Para área foliar e fitomassa seca de plantas, medidas na pré-colheita, utilizou-se também a metodologia de curva-dose-resposta conforme Seefeldt (2005).

$$Y = C + \left( \frac{D - C}{1 + e^{-[b(\log(x) - \log(X_{50}))]}} \right) \quad [1]$$

Os dados foram ajustados ao modelo de regressão não-linear do tipo log-logístico, usando-se o modelo proposto por SEEFELDT et al. (1995), em que: D representa o limite superior; C representa o limite inferior, sendo a resposta média nas doses mais elevadas; o b descreve a inclinação da curva em torno do  $I_{50}$ ; e os valores de  $I_{50}$  correspondem à dose que causa resposta de 50% da assíntota de máxima da variável resposta. Os parâmetros exigidos na equação foram obtidos através da plotagem dos dados de efeito do Trinexapac-ethyl (%) da redução em percentagem da fitomassa seca (MS) ou de área foliar (AF) de plantas em relação à testemunha. Os gráficos foram obtidos a partir de uma matriz básica de dados analisada no programa SigmaPlot® versão 11.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 Fitomassa de mil sementes

Para fitomassa de mil sementes, os resultados demonstram que não houve interação entre cultivares e doses (Quadro 1). As duas cultivares IRGA 422 CL (tipo *indica*) e Bojurú (tipo *japônica*), respondem igualmente às doses crescentes de Trinexapac-ethyl (Figura 1), sendo que houve aumento crescente da massa de mil sementes até a dose de 600mL ha<sup>-1</sup>. Nesta dose, obteve-se a maior fitomassa (28,5g). A partir desta dose, há um decréscimo neste parâmetro avaliado, em função do aumento das doses de Trinexapac-ethyl, porém verifica-se que todas as doses

testadas apresentaram fitomassa de mil sementes superiores à testemunha sem regulador de crescimento vegetal.

Fageria (1989) concluiu que o encurtamento exagerado de entre-nós, pode promover redução significativa na altura de plantas, e que nesta condição pode ocorrer auto-sombreamento da área foliar, provocando desbalanço na produção de fotoassimilados e sua utilização pela planta, reduzindo a quantidade de fotoassimilados que ficam disponibilizados para o enchimento de grãos. Com isso, pode reduzir a fitomassa de mil sementes.

No presente estudo verifica-se que a testemunha (dose zero) apresentou a menor fitomassa de mil sementes entre todos os tratamentos. Este resultado não corrobora com a afirmação de Fageria (1989). Possivelmente, por ter sido realizado em condições de casa de vegetação, em que os vasos são arranjados guardando distância entre eles que permite absorção luminosa em todo o dossel das plantas. O resultado foi diverso daquele citado por Fageria (1989) que foi obtido em campo, com maior competição entre as plantas na linha da cultura.

A fitomassa dos grãos/sementes é uma característica varietal que depende do tamanho da casca, determinada duas semanas anteriores à antese (YOSHIDA, 1985) e, do desenvolvimento da cariopse após o florescimento (MATSUSHIMA, 1970). Portanto, dependem das translocações de carboidratos nos primeiros sete dias para preencher a casca no sentido do seu comprimento e nos sete dias posteriores na largura e espessura (MACHADO, 1994).

Para avaliar a variável fitomassa de mil sementes, Alves et al. (2010), aplicaram Trinexapac-ethyl em plantas de arroz de terras altas, em doses que variaram de zero, 200mL ha<sup>-1</sup> e 400mL ha<sup>-1</sup>. Para 200mL ha<sup>-1</sup>, houve um aumento de fitomassa de mil sementes em relação à testemunha, enquanto foi verificado uma tendência de menores resultados quando se utilizou o tratamento com 400mL ha<sup>-1</sup> (dobro da dose sugerida para o produto).

Pesquisa realizada com arroz, por Nascimento et al. (2009), mostrou que o número de grãos totais e cheios por panícula foi influenciado apenas pelas doses do Trinexapac-ethyl que variaram de 75 a 300g i.a. ha<sup>-1</sup>, e não houve interação época de aplicação/dose. Observaram menor número de grãos por panícula quanto maior



a dose utilizada, com os dados se ajustando a equações lineares decrescentes.

Estes resultados corroboram com os obtidos no presente estudo, demonstrando que há um limite para a utilização de reguladores de crescimento como o Trinexapac-ethyl, uma vez que, mesmo sendo crescente a fitomassa de mil sementes com o aumento da dose, estas podem interferir negativamente nos componentes do rendimento, reduzindo a produtividade.

Quadro 1 - Fitomassa de mil sementes de arroz em função de doses crescentes de Trinexapac-ethyl. UFSM 2012.

Cultivar	Doses de Trinexapac-ethyl (mL ha <sup>-1</sup> do produto comercial)							CV%	Média <sup>1</sup>
	zero	75	150	300	600	1200	2400		
Fitomassa de mil sementes (g)									
Irga 422 CL	24,58	25,71	26,65	25,52	26,96	26,62	26,00	4,09	25,98 <sup>b</sup>
Bojurú	25,61	27,53	28,18	28,86	29,68	28,87	28,49	3,26	28,17 <sup>a</sup>

<sup>1</sup> médias não seguidas por mesma letra, diferem entre si pelo Teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade de erro.

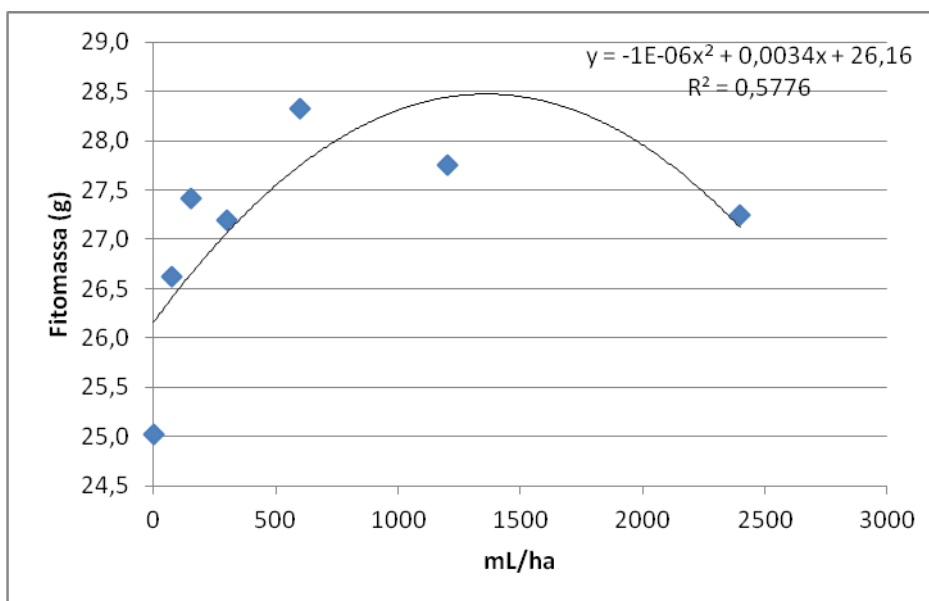


Figura 1 – Fitomassa de mil sementes (g) das cultivares Bojurú e IRGA 422 CL em função de doses crescentes de Trinexapac-ethyl. UFSM-2012.

### 3.2 Largura e comprimento da folha bandeira

Quadro 2 - Médias da largura e comprimento da folha bandeira (cm) pela aplicação de doses de Trinexapac-ethyl em arroz irrigado – UFSM 2012.

Cultivar	Doses de Trinexapac-ethyl (mL ha <sup>-1</sup> )							CV (%)	Média <sup>1</sup>
	zero	75	150	300	600	1200	2400		
<b>Comprimento da folha bandeira (cm)</b>									
Irga 422 CL	25,75	23,25	26,0	22,25	25,25	22,5	24,5	19,67	24,11 <sup>a</sup>
Bojurú	28,75	29,75	25,0	22,5	25,0	21,0	21,0	19,58	24,71 <sup>a</sup>
<b>Largura da folha bandeira (cm)</b>									
Irga 422 CL	1,50	1,50	1,55	1,32	1,32	1,32	1,35	13,32	1,41 <sup>a</sup>
Bojurú	1,60	1,27	1,25	1,15	1,17	0,95	1,10	12,51	1,21 <sup>b</sup>

<sup>1</sup> médias não seguidas por mesma letra, diferem entre si pelo Teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade de erro.

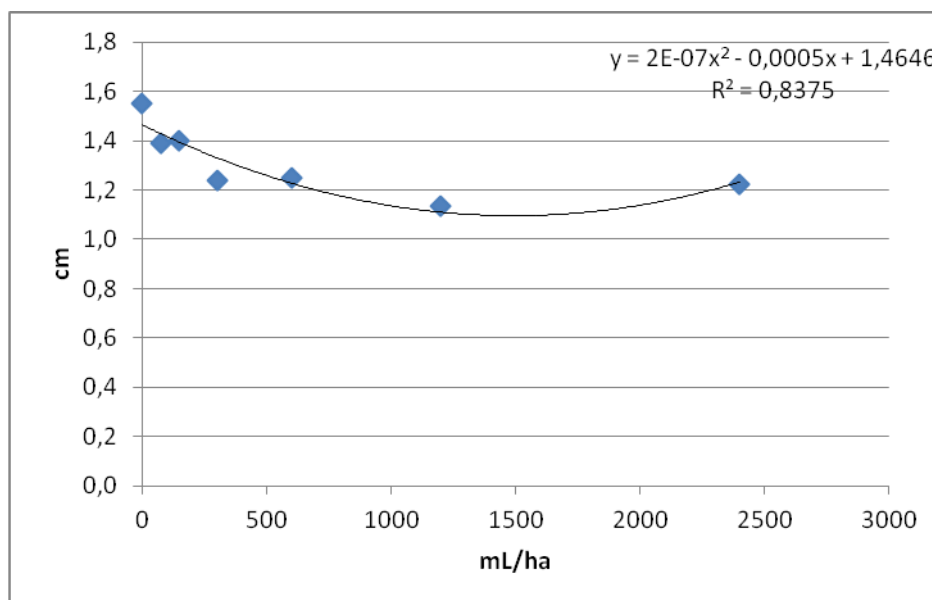


Figura 2 – Largura da folha bandeira (cm) das cultivares de arroz irrigado Bojurú e IRGA 422 CL em função de doses crescentes de Trinexapac-ethyl. UFSM- 2012.

Em relação à largura e ao comprimento da folha bandeira, não houve interação entre cultivares e doses, mostrando que entre as cultivares o comportamento frente às doses crescentes do Trinexapac-ethyl foi semelhante, ou seja elas respondem da mesma forma (Figuras 2 e 3).

Para largura da folha bandeira, verifica-se pela Figura 2 que há um decréscimo nesta variável à medida que aumenta-se a dose do trinexapac-ethyl, para as duas cultivares avaliadas, que respondem da mesma forma aos tratamentos. Este decréscimo, ocorre até a dose de 1200mL ha<sup>-1</sup>, sendo que volta a aumentar na dose de 2400mL ha<sup>-1</sup>. Porém, todos os tratamentos com Trinexapac-ethyl apresentaram largura da folha bandeira inferior à testemunha (dose zero).

Para a cultivar IRGA 422 CL, não houve diferença significativa entre as doses testadas em relação ao comprimento e à largura da folha bandeira. Já com a cultivar Bojurú, o comprimento da folha bandeira foi semelhante em todas as doses testadas, porém a largura foi menor que a testemunha (dose zero) desde a dose de 150mL ha<sup>-1</sup> até 2400mL ha<sup>-1</sup> (Quadro 2).

Com relação ao comprimento da folha bandeira, há uma resposta linear para as duas cultivares avaliadas, que respondem da mesma forma, aumentando a dose de Trinexapac-ethyl, reduz o comprimento proporcionalmente a este aumento tanto em Bojurú como em IRGA 422 CL.

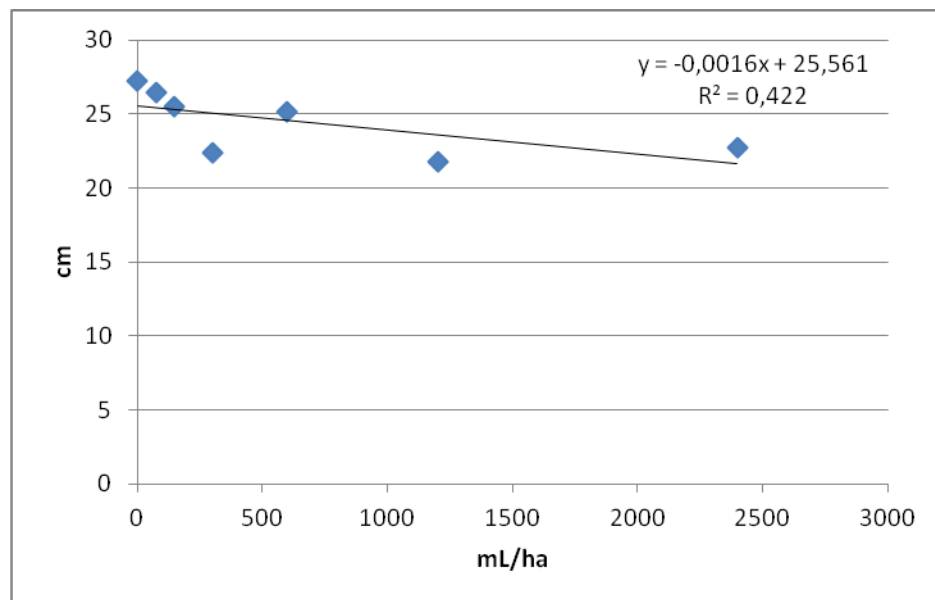


Figura 3 – Comprimento da folha bandeira (cm) das cultivares de arroz irrigado Bojurú e IRGA 422 CL em função de doses crescentes de Trinexapac-ethyl. UFSM- 2012.

### 3.3 Diâmetro do colmo

Com relação ao diâmetro do colmo, não há interação entre cultivares e doses avaliadas. Verifica-se pelas figuras 4 e 5, que independentemente das doses aplicadas de Trinexapac-ethyl, não ocorreu maior diâmetro do colmo, em função dos tratamentos.

De acordo com Nascimento (2010) o diâmetro do colmo do arroz não sofre variações consideráveis com a aplicação de Trinexapac-ethyl. O pesquisador não verificou engrossamento da parede. Este produto interferiu na alongação celular, e por consequência no comprimento dos entre-nós e na altura de plantas. Também pode ocorrer interferência no número de colmos por m<sup>2</sup> em função do aumento das doses conforme verificado em arroz de terras altas por Alvarez et al (2007).

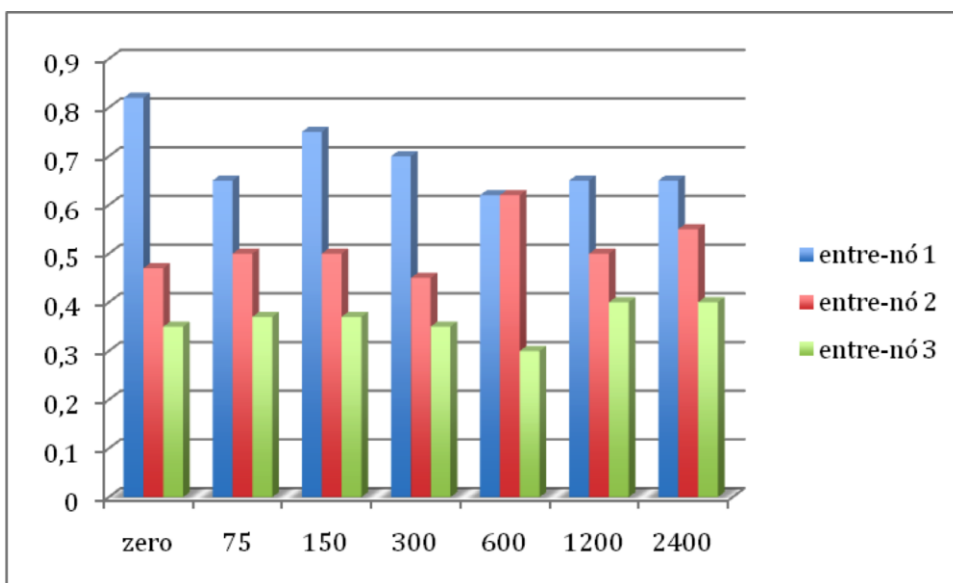


Figura 4 - Diâmetro do colmo (mm) da cultivar de arroz irrigado Bojurú em função de doses crescentes de Trinexapac-ethyl, medido no primeiro, segundo e terceiro entre-nó. UFSM- 2012.

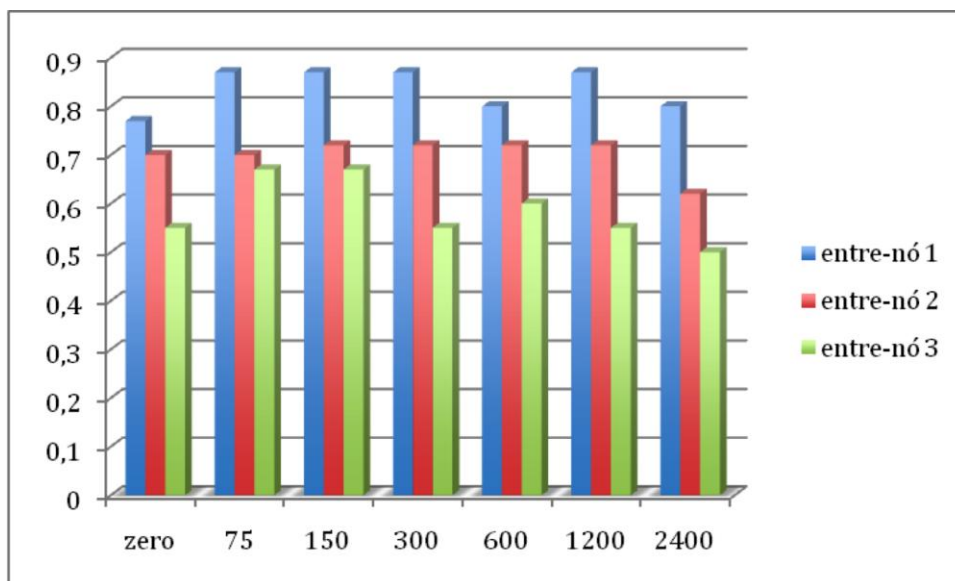


Figura 5 - Diâmetro do colmo (mm) da cultivar IRGA 422 CL em função de doses crescentes de Trinexapac-ethyl. Medido no primeiro, segundo e terceiro entre-nó. UFSM- 2012

### 3.4 Comprimento dos entre-nós

Verifica-se pela análise estatística que houve interação significativa apenas para comprimento dos segundo e terceiro entre-nós. Estes resultados (Quadro 3) demonstram que a menor altura de plantas observada nas cultivares IRGA 422 CL e Bojurú em função do aumento das doses deve-se ao encurtamento dos entre-nós pelo efeito do Trinexapac-ethyl.

Não foi verificada redução no comprimento do primeiro entre-nó, mas isto deve-se, provavelmente, à época da aplicação do produto ter sido aos 40 dias após a emergência, portanto, o primeiro entre-nó já estava se alongando e definido no momento da aplicação do tratamento.

De acordo com Bresinsky et al. (2012), as giberelinas controlam um grande número de processos fisiológicos como alongação do eixo caulinar (alongamento dos entre-nós), a quebra da dormência na germinação da semente e a mobilização de substâncias de reservas em cariopses nas poáceas. A promoção do alongamento dos entre-nós por giberelinas deve-se à promoção tanto do crescimento celular quanto da divisão celular. Os mecanismos moleculares são superficialmente

conhecidos. Na verdade, a giberelina induz a formação de uma xiloglucano endotransglicosidase e, com isso, a exemplo da auxina, diminui o limiar de deformação plástica (amolecimento) da parede celular, pois a enzima hidrolisa parcialmente a rede de hemicelulose das paredes primárias. Isso deve possibilitar à expansina um melhor acesso a pontes de hidrogênio entre hemicelulose e celulose dissolvidas por sua ação. Contudo, diferentemente da auxina, sob influência da giberelina não ocorre acidificação do apoplasto. Também as auxinas não estão envolvidas com alongamento dos entre-nós, diferentemente da giberelina que tem ação direta neste evento fisiológico de expansão celular, promovendo o crescimento da parte aérea do vegetal.

A inibição da atividade das giberelinas pelo Trinexapac-ethyl, resulta em menor divisão celular e menor expansão da parede celular, interferindo no alongamento dos entre-nós, na região de crescimento do colmo das plantas de arroz e com isso interferindo na altura de plantas, reduzindo-a.

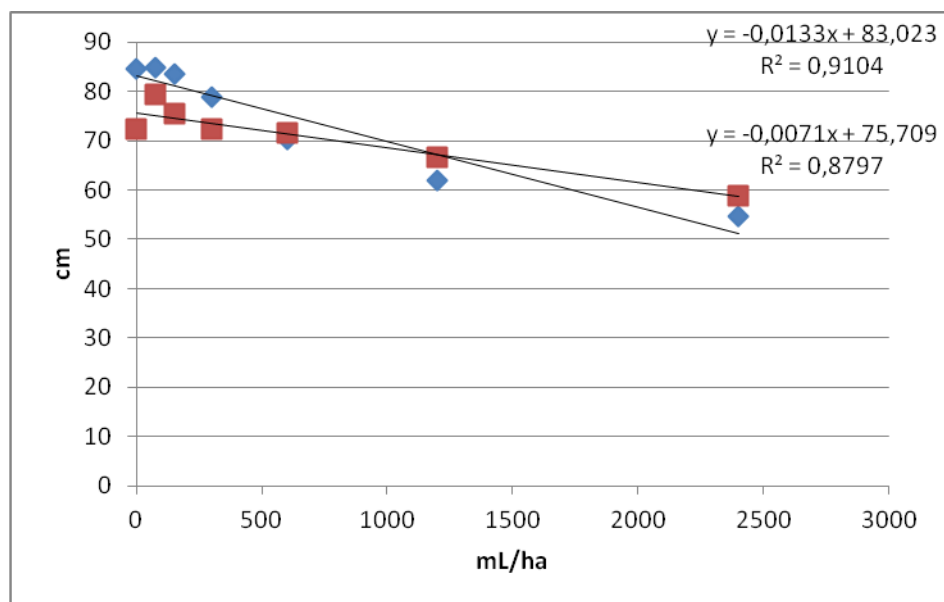
### 3.5 Altura de plantas

Este parâmetro, permitiu verificar a interferência dos tratamentos (doses) de Trinexapac-ethyl e a diferença entre as cultivares avaliadas (Figura 6). A análise estatística demonstra que houve interação entre cultivares e doses, mostrando que as cultivares respondem de forma diferente em relação às doses testadas (Figura 6).

Verifica-se pela Figura 6 e Quadro 3, que a cultivar *indica* IRGA 422 CL apresentou menor altura de plantas que a cultivar *japônica* Bojurú até a dose de 300 mL ha<sup>-1</sup> do Trinexapac-ethyl, sendo que a partir desta dose verifica-se que há uma maior redução na altura de plantas na cultivar Bojurú que na IRGA 422 CL sob o efeito do aumento das doses do produto.

Este resultado era esperado, uma vez que a cultivar Bojurú, geneticamente, tem porte maior que a cultivar IRGA 422 CL. Porém, verifica-se que depois de uma determinada dose entre 300 e 600mL ha<sup>-1</sup>, a cultivar *japônica* Bojurú mostrou maior suscetibilidade aos efeitos das doses de Trinexapac-ethyl quando comparada com a cultivar *indica* IRGA 422 CL. Entretanto, esta maior redução na altura de plantas não

se refletiu de forma semelhante entre as cultivares na variável área foliar, cujo resultado foi invertido, ou seja, ocorreu maior redução de área foliar em IRGA 422 CL que em Bojurú para uma mesma dose de Trinexapac-ethyl (Quadro 3).



◆ BOJURU ■ IRGA 422 CL

Figura 6 - Efeito de doses de Trinexapac-ethyl na altura de plantas (cm) das cultivares IRGA 422 CL (cultivar 1) e Bojurú (cultivar 2). UFSM –

Quadro 3 - Altura de plantas (cm) pela aplicação de doses de Trinexapac-ethyl em arroz irrigado – UFSM-2012.

Cultivar	Doses de Trinexapac-ethyl (mL ha <sup>-1</sup> do produto comercial)							CV (%)	Média
	zero	75	150	300	600	1200	2400		
<b>Altura de plantas (cm)</b>									
<b>Irga 422 CL</b>	72,2	79,25	75,50	72,2	71,50	66,75	58,75	4,37	70,89 <sup>b</sup>
<b>Bojurú</b>	84,5	84,75	83,5	78,75	70,25	62,00	54,75	7,08	74,07 <sup>a</sup>

<sup>1</sup> médias não seguidas por mesma letra, diferem entre si pelo Teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade de erro.

Em relação à altura de plantas e acamamento de arroz de terras altas, Nascimento et al. (2009) verificaram que houve interação significativa entre épocas de aplicação e doses do regulador de crescimento Trinexapac-ethyl. Considerando as doses dentro de épocas, verificaram que na fase de perfilhamento (P) as doses

de aplicação do regulador de crescimento não foram significativas. Entretanto, a aplicação realizada na fase Perfilhamento-Diferenciação Floral (P-DF) reduziu a altura de plantas, com ajuste dos dados a uma equação linear, e alturas superiores a um metro. Também ocorreu redução na altura de plantas de arroz com a aplicação em Diferenciação Floral e os dados se ajustaram a uma função quadrática, visto que a partir da dose de  $150\text{g ha}^{-1}$ , os valores observados foram inferiores a um metro. Para épocas dentro de doses de aplicação verificaram que não houve diferença significativa para o tratamento sem uso do regulador. Para as doses 75 e  $150\text{g ha}^{-1}$  não houve diferenças para a aplicação na fase P e P-DF, porém, diferiram de DF, na qual obtiveram a menor altura de plantas. Entretanto, para as doses de 225 e  $300\text{g ha}^{-1}$ , houve diferença para as três épocas de aplicação, sendo observada menor altura para a aplicação do regulador em DF. As doses crescentes de Trinexapac-ethyl causaram efeito na planta, promovendo, dessa forma, a redução na sua altura.

### 3.6 Fitomassa Seca de Plantas

A análise dos dados para fitomassa seca de plantas de arroz, mostra que não houve interação entre cultivares e doses. Os resultados são explicados apenas pelas doses crescentes. Por ser o Trinexapac-ethyl um ingrediente ativo do mesmo grupo químico dos herbicidas inibidores da enzima ACCase (acetil coenzima A carboxilase), os resultados podem ser demonstrados em uma curva-dose-resposta, conforme metodologia proposta por Seefeldt (2005). Pela Figura 7, verifica-se que as duas cultivares Bojurú e IRGA 422 CL respondem de maneira semelhante às doses de Trinexapac-ethyl aplicadas. A dose do produto que promoveu 50% de redução da fitomassa seca de plantas ( $MS_{50}$ ) do cultivar IRGA 422 CL é de  $934,67\text{ mL ha}^{-1}$  (+/- 99,30 de intervalo de confiança) e para a cultivar Bojurú é de  $1080,93\text{ mL ha}^{-1}$  (+/- 86,58 de intervalo de confiança).

O Quadro 4 permite observar que a dose de  $75\text{mL ha}^{-1}$  promoveu decréscimo da ordem de 1,45% na fitomassa seca (para IRGA 422 CL) e 1,57% (para Bojurú) em relação à testemunha (dose zero). Nas doses de  $150\text{mL ha}^{-1}$  e  $300\text{mL ha}^{-1}$  houve crescimento da fitomassa seca (7,75% e 4,03% para IRGA 422 CL; 7,41% e 3,25%



para Bojurú, respectivamente). A partir da dose de 600mL ha<sup>-1</sup> verifica-se decréscimos mais acentuados da fitomassa seca de plantas, sendo que na maior dose avaliada (2400 mL.ha<sup>-1</sup>) os níveis de redução em relação à dose zero foram 70,52% para IRGA 422 CL e 69,73% para Bojurú.

Na cultura do trigo, Zagonel et al. (2002) verificaram que a aplicação de Trinexapac-ethyl 125g i.a ha<sup>-1</sup> resultou em plantas com menor fitomassa seca, entrenós mais curtos e com aumento do número de espigas por metro e de grãos por espiga. Verificaram também aumento na produtividade da cultura quando comparado o tratamento com o produto à testemunha, para a dose de 125 g. i.a ha<sup>-1</sup>

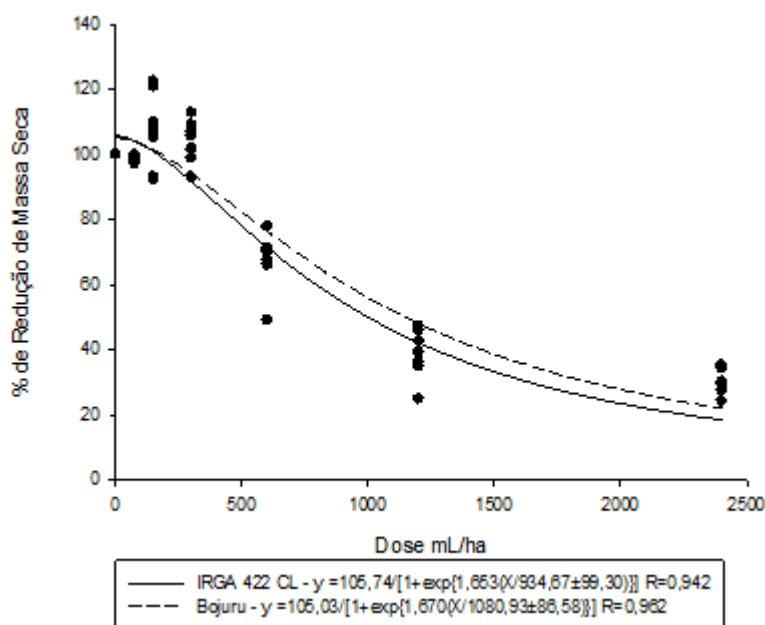


Figura 7 - Curvas dose-resposta para doses de Trinexapac-ethyl e o efeito na fitomassa seca de cultivares de arroz irrigado IRGA 422 CL e Bojurú. UFSM- 2012.

### 3.7 Área Foliar

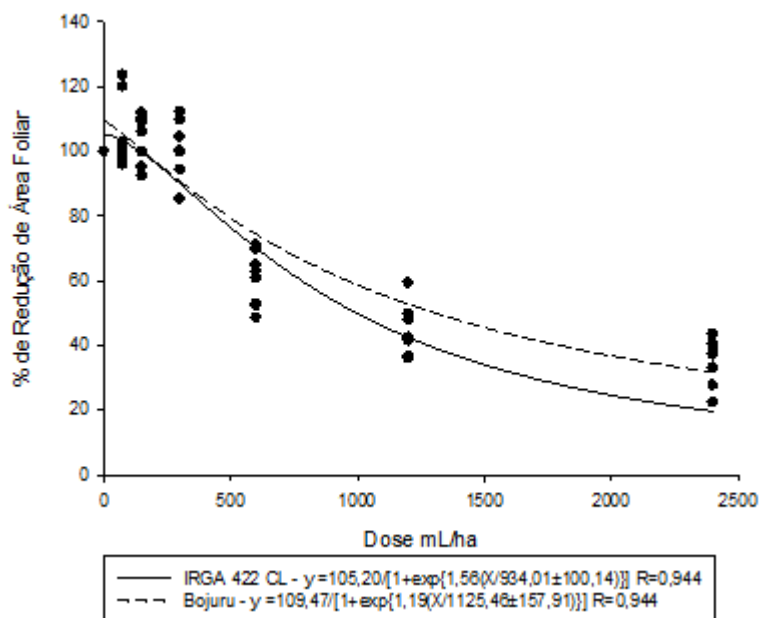


Figura 8 - Curvas dose-resposta para doses de Trinexapac-ethyl e o efeito na área foliar de cultivares de arroz irrigado IRGA 422 CL e Bojuru. UFSM- 2012

Com relação à área foliar, verifica-se pelo Quadro 4 que a cultivar IRGA 422 CL, percentualmente, tem um aumento de área foliar entre as doses de  $150\text{mL ha}^{-1}$  e  $300\text{mL ha}^{-1}$ . Sendo que, a partir de  $300\text{mL ha}^{-1}$ , há decréscimo de área foliar e fitomassa seca da parte aérea.

Resultado semelhante foi verificado com a cultivar Bojuru. Para esta cultivar, observa-se que o efeito dos tratamentos na redução da área foliar foram inferiores em números absolutos (% de redução) quando comparada com a testemunha e, em relação à cultivar IRGA 422 CL.

A Figura 8 apresenta a curva-dose-resposta para os tratamentos com doses crescentes de Trinexapac-ethyl e a redução da área foliar em relação à testemunha com dose zero do produto. Os resultados permitem verificar para IRGA 422 CL, que a dose que reduziu 50% da área foliar ( $AF_{50}$ ) em relação à testemunha (controle) foi de  $934,01\text{mL ha}^{-1}$  (+/- 100,14 de intervalo de confiança). Enquanto para a cultivar

Bojurú esta dose foi de 1125,46mL ha<sup>-1</sup> (+/- 157,91). Portanto, para reduzir 50% da área foliar de Bojurú é necessário pelo menos uma dose adicional de 191mL ha<sup>-1</sup> em relação àquela aplicada em IRGA 422 CL.

Quadro 4 - Fitomassa seca da parte aérea (g) e área foliar (mm<sup>2</sup>) pela aplicação de doses de Trinexapac-ethyl em arroz irrigado –UFSM-2012.

Cultivar	Doses de Trinexapac-ethyl (mL ha <sup>-1</sup> )							CV (%)
	zero	75	150	300	600	1200	2400	
<b>Fitomassa seca (g)</b>								
Irga 422 CL	136,5	134,5	147,1	141,8	86,4	49,4	40,2	9,93
Bojurú	136,4	135,4	146,7	142,1	98,1	54,8	39,2	7,08
<b>Percentual de redução de fitomassa seca em relação à testemunha (dose zero)</b>								
Irga 422 CL	100	98,55 (-1,45)	107,75 (+7,75)	104,03 (+4,03)	63,13 (-36,87)	36,20 (-63,8)	29,48 (-70,52)	-
Bojurú	100	98,43 (-1,57)	107,41 (+7,41)	103,25 (+3,25)	72,53 (-27,47)	41,36 (-58,64)	30,27 (-69,73)	-
<b>Área foliar (mm<sup>2</sup>)</b>								
Irga 422 CL	2771,6	2765,7	2840,0	2901,5	1654,2	1036,6	830,9	7,89
Bojurú	2977,7	3219,5	2324,8	1954,1	1792,4	1610,1	1559,2	16,92
<b>Percentual de redução de área foliar em relação à testemunha (dose zero)</b>								
Irga 422 CL	100	99,8 (-0,2)	102,52 (+2,52)	104,72 (+4,72)	59,75 (-40,25)	37,41 (-62,59)	30,03 (-69,97)	-
Bojurú	100	110,15 (+10,15)	106,14 (+6,14)	99,75 (-0,25)	60,97 (-39,03)	49,77 (-50,23)	39,96 (-60,04)	-

Resultados semelhantes, que demonstram diferenças na resposta a tratamentos com Trinexapac-ethyl, entre cultivares, foram obtidos por Arf et al. (2012), com arroz de terras altas. Estes pesquisadores verificaram respostas positivas no aumento de produtividade de cultivares Caiapó e BRS Primavera em doses entre 50g ha<sup>-1</sup> e 150g ha<sup>-1</sup> do i.a., e pouca interferência dos tratamentos na cultivar BRS Soberana.

Os resultados experimentais obtidos neste estudo, permitem sugerir que doses superiores a 300mL ha<sup>-1</sup> de Trinexapac-ethyl não devem ser utilizadas em cultivares de arroz irrigado IRGA 422 CL e Bojurú, por interferirem negativamente na

área foliar e fitomassa seca de plantas, podendo interferir na fitomassa de mil sementes.

No mesmo sentido, Alves et al. (2010) afirmam que o regulador de crescimento Trinexapac-ethyl possui grande viabilidade de uso na cultura do arroz com a dose de 200mL ha<sup>-1</sup> aplicado aos 25 dias após a semeadura da cultura. Concluem, porém, que a dose de 400mL ha<sup>-1</sup> é inviável, porque proporciona efeito negativo na produtividade da cultura de terras altas.

#### **4. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

O regulador de crescimento Trinexapac-ethyl aplicado no perfilhamento, promove alterações na morfologia das cultivares de arroz irrigado IRGA 422 CL e Bojurú. Em doses superiores a 300mL ha<sup>-1</sup> reduz a altura da planta, comprimento dos entre-nós, fitomassa seca de plantas e área foliar. Interfere também na fitomassa de mil sementes.

A dose máxima sugerida para uso de Trinexapac-ethyl para as cultivares de arroz irrigado IRGA 422 CL e Bojurú não deve ser superior a 300mL ha<sup>-1</sup> do produto comercial.

## CAPÍTULO II

### EFEITO DO TRINEXAPAC-ETHYL NO CICLO BIOLÓGICO, COMPONENTES DO RENDIMENTO E ACAMAMENTO DE PLANTAS DE ARROZ

#### EFFECT OF TRINEXAPAC-ETHYL IN THE BIOLOGICAL CYCLE OF RICE, YIELD COMPONENTS AND PLANT LODGING

##### Resumo

Realizou-se um estudo em campo com o objetivo de avaliar doses crescentes de produto comercial à base do ingrediente ativo Trinexapac-ethyl (0, 200, 400 e 600mL ha<sup>-1</sup> do produto comercial). A cultivar de arroz irrigado utilizada foi IRGA 422 CL. Aplicou-se os tratamentos aos 20, 40 e 60 dias após a emergência da cultura. O objetivo do trabalho foi avaliar o efeito do Trinexapac-ethyl nas variáveis: altura de plantas, acamamento, tempo para o estágio de florescimento (floração), dias para completar o ciclo biológico e componentes do rendimento (renda do benefício, percentual de grãos inteiros, percentual de grãos quebrados e rendimento de grãos). O delineamento experimental foi de blocos ao acaso com quatro repetições. Os resultados obtidos demonstram que o Trinexapac-ethyl em doses superiores a 400mL ha<sup>-1</sup> promove redução na altura de plantas, reduzindo o acamamento destas, porém, provocando um atraso no número de dias para o florescimento e no ciclo biológico da cultivar IRGA 422 CL. Também verificou-se efeito negativo do aumento das doses de Trinexapac-ethyl, que promoveu aumento na quantidade percentual de grãos quebrados, com efeito negativo na qualidade do grão produzido.

**Palavras-chave:** Clearfield; regulador de crescimento; morfologia

## Abstract

We conducted a field study in the 2011/2012 season, with the objective of evaluating escalating doses of commercial product based active ingredient trinexapac-ethyl (0, 200, 400 e 600mL ha<sup>-1</sup>). The rice cultivar was IRGA 422 CL. Treatments were applied 20, 40 and 60 days after crop emergence. The objective of this study was to evaluate the effect of Trinexapac-ethyl on plant height, lodging of plants, time to flowering stage (flowering) days to complete the biological cycle and yield components (percentage whole grain , percentage of broken grains and grain yield). The experimental design was a randomized block with four replications. The results show that the trinexapac-ethyl in doses above 400mL ha<sup>-1</sup> promotes marked reduction in plant height, reducing the lodging of plants, but causes a delay in flowering period and the biological cycle of IRGA 422 CL . Also there is a negative effect of increasing doses of Trinexapac-ethyl, an increase in the percentage amount of broken grains, with a negative effect on the quality of grain produced.

**Key words:** Clearfield; plant regulator; morphology

## 1. INTRODUÇÃO

A cultura do arroz tem seu potencial produtivo reduzido devido a fatores, tais como: manejo de doenças, plantas daninhas e incidência de pragas. Além destes, o acamamento de plantas é responsável por perdas consideráveis de grãos que não podem ser recolhidos pela plataforma de corte, ficando no campo, bem como, pela perda de qualidade dos grãos colhidos pelo efeito da umidade do solo sobre as panículas que por ventura tiverem contato com a água da inundação.

Influenciam no acamamento de plantas de arroz, fatores como: adubação nitrogenada, densidade de semeadura, luminosidade e temperatura, entre outros. Também, deve ser considerado que, o porte de determinadas variedades, o diâmetro do colmo, o peso das panículas, são fatores que influenciam.

Variedades de arroz arbóreo, de porte mais alto, tem sido indicadas como potencialmente acamadoras, bem como, variedades modernas de porte mais baixo, mas com estrutura de colmo sensível ao alongamento provocado pelo estiolamento como nas cultivares IRGA 409 e IRGA 422 CL.

Desta forma, segundo Linzmeyer Junior (2006), o uso de substâncias reguladoras de crescimento, é uma alternativa importante para programas de manejo com cultivares de alto potencial produtivo suscetíveis ao acamamento, bem como, cultivares de porte alto e sujeitas à alta densidade populacional.

Substâncias que tem como efeito fisiológico a redução do crescimento, são denominadas retardantes vegetais ou reguladores de crescimento e, tem sido utilizadas em grandes culturas visando principalmente a redução do porte, como é o caso do algodão, facilitando a colheita e os tratos culturais e, também, do trigo e da cevada. Onde tais substâncias são utilizadas visando redução de perdas na colheita, pois atuam reduzindo o porte, o comprimento dos entre-nós e aumentando o diâmetro do colmo e, por conseguinte, reduzindo o acamamento nestas culturas (LINZMEYER JUNIOR, 2006).

Um destes produtos, que apresenta potencial como regulador de crescimento para a cultura do arroz é o Trinexapac-ethyl.

O Trinexapac-ethyl é um regulador de crescimento pertencente ao grupo químico das ciclohexanodionas, das quais fazem parte os herbicidas inibidores da enzima ACCase presente na rota metabólica dos lipídeos (VIDAL, 1997). Apresenta estrutura química similar aos graminicidas sethoxydim e clethodim, porém sua ação está diretamente relacionada com a inibição da biossíntese de giberelinas (ADAMS et al., 1991; FAGERNESS; PENNER, 1998).

Este regulador de crescimento reduz o nível de giberelinas ativas, principalmente GA1 através da redução da atividade da enzima GA20-3 $\beta$ -hydroxilase. Por sua vez, a inibição da atividade desta enzima provavelmente resulta da competição entre o regulador de crescimento e o 2-oxogluterato pelo co-substrato Fe<sup>+2</sup>/ascorbato-dependente dioxygenase (ADAMS et al., 1991). Uma vez absorvido via foliar, o Trinexapac-ethyl é translocado até os pontos de crescimento influenciando, principalmente, a alongação dos internódios da planta (TOMLIN, 1995). Encurtando os entre-nós no colmo das gramíneas, pode-se reduzir o

acamamento de plantas (ZAGONEL et al., 2002; NASCIMENTO, 2008; BARROS, 1991).

O acamamento de plantas de algumas cultivares de arroz, no momento da colheita, acarreta perdas significativas na produtividade. Além disso, os manejos de água e nitrogênio inadequados em condições de alta tecnologia agravam mais o problema. Algumas limitações de maximização da produtividade de grãos por acamamento podem ser decorrentes de alta competição das plantas pela luz (alta densidade de plantas), de decréscimo da fotossíntese e de redução na eficiência da colheita (SILVA, 2009).

Estudos conduzidos no Brasil avaliaram o efeito do Trinexapac-ethyl na redução da altura de plantas de arroz (ALVAREZ, 2003), trigo (ZAGONEL et al., 2002), gramados (COSTA, 2010) e girassol (MATEUS et al., 2009). Em arroz, o uso do regulador Trinexapac-ethyl pode promover a redução da altura da planta entre 34 cm (ALVAREZ, 2003) a 40 cm (NASCIMENTO, 2008), reduzindo também o acamamento de plantas (SILVA, 2009), podendo ou não ter interferência negativa no rendimento e na qualidade de grãos.

De acordo com Silva (2009), é marcante a influência da dose do produto regulador de crescimento no efeito sobre a produtividade da cultura e na qualidade de grãos. A produtividade de grãos é variável com o uso do regulador de crescimento e apresenta resultados distintos em condições climatológicas diferenciadas. Linzmeyer Junior (2006) concluiu que este parâmetro só tem sido reduzido com o uso de Trinexapac-ethyl quando em dose superior a  $150\text{g ha}^{-1}$  do ingrediente ativo. O pesquisador afirma que a produtividade de grãos e o efeito do Trinexapac-ethyl é dependente da cultivar sobre a qual é aplicado o produto.

Neste contexto, o objetivo deste estudo foi avaliar o efeito do regulador de crescimento Trinexapac-ethyl na redução do acamamento de plantas de arroz, nos componentes do rendimento, período de floração e no ciclo biológico.



## 2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido na safra 2011/2012, em lavoura de arroz irrigado, na área experimental da Universidade Federal de Santa Maria, no município de Santa Maria/RS. O solo da área experimental é arenoso pertencente à Unidade de Mapeamento São Pedro.

A semeadura foi realizada em 21/12/2011, com a utilização da cultivar IRGA 422 CL. Posteriormente, adubação de semeadura, visando aplicar 350kg ha<sup>-1</sup> do adubo formulado NPK 05-20-20. A emergência das plântulas deu-se em 29/12/2011, com 100% das plântulas emergidas.

A correção do solo, adubações de base e cobertura e demais tratamentos culturais foram realizados de acordo com as Recomendações Técnicas da Pesquisa para o Sul do Brasil (SOSBAI – 2011).

O espaçamento adotado foi o de 0,17m entre linhas, com densidade de aproximadamente 60 sementes por metro linear. A semeadura foi realizada com plantadeira Vence Tudo, regulada de forma a distribuir esta quantidade de sementes o mais uniforme possível.

Para a adubação de cobertura utilizou-se uréia na dose de 350kg ha<sup>-1</sup>, aplicado em três etapas: quando do perfilhamento das plantas aos 25 dias após a semeadura, na DPF (diferenciação do primórdio floral) e, antes da floração (total de nitrogênio aplicado nas três etapas = 160kg)

Durante a condução desse experimento foi aplicado tratamento fúngico com o produto comercial Piori (azoxistrobina) na dose de 400mL ha<sup>-1</sup> de produto comercial. A aplicação foi realizada quando as plantas encontravam-se com 1% de exerceção das panículas. Para controle de pragas foi aplicado Fipronil (100mL/100kg de sementes) em tratamento de sementes e, posteriormente, 40mL ha<sup>-1</sup> de zetacipermetrina para controle de pragas da parte aérea, na fase de pleno florescimento.

Para o controle de plantas daninhas aplicou-se o herbicida bispyrac-sodium (Nominee), na dose de 125mL ha<sup>-1</sup> quando as plantas daninhas encontravam-se com 2 a 3 folhas e, antes do início da irrigação definitiva.

O delineamento experimental foi de blocos ao acaso com 4 repetições e 10 tratamentos. As parcelas tiveram dimensões de 3m x 5m (15 m<sup>2</sup>), sendo considerada como área útil para avaliação os 8 m<sup>2</sup> centrais da parcela.

Os tratamentos aplicados constam do Quadro 1, bem como as épocas de aplicação dos tratamentos.

Quadro 1: Tratamentos aplicados e épocas de aplicação

Tratamentos	Dose de produto comercial (mL ha <sup>-1</sup> )	Épocas de aplicação		
		20 DAE <sup>1</sup> (Perfilhamento)	40 DAE (DPF) <sup>2</sup>	60 DAE (Floração)
1. Testemunha	0			
2. Trinexapac-ethyl	200	X		
3. Trinexapac-ethyl	400	X		
4. Trinexapac-ethyl	600	X		
5. Trinexapac-ethyl	200		X	
6. Trinexapac-ethyl	400		X	
7. Trinexapac-ethyl	600		X	
8. Trinexapac-ethyl	200			X
9. Trinexapac-ethyl	400			X
10. Trinexapac-ethyl	600			X

<sup>1</sup> DAE = dias após a emergência das plantas de arroz

<sup>2</sup>DPF = Diferenciação do primórdio floral

Aplicação 1 (20 DAE): 18/01/2012

Aplicação 2 (40 DAE): 07/02/2012

Aplicação 3 (60 DAE): 27/02/2012

Aos 20 DAE, o céu apresentava-se claro, com temperatura de 26,8 °C, umidade relativa do ar de 62,14% e velocidade do vento de 2,86 km/h. O solo encontrava-se com umidade na capacidade de campo. (medidos no equipamento KESTREL 3000 – estação móvel).

Aos 40 DAE, o céu apresentava-se com poucas nuvens, com temperatura de 29,3 °C, umidade relativa do ar de 59,82% e velocidade do vento de 3,12 km/h. O solo encontrava-se úmido (medidos no equipamento KESTREL 3000 – estação móvel).

Aos 60 DAE, o céu apresentava-se claro, com temperatura de 28,2 °C, umidade relativa do ar de 66,25% e velocidade do vento de 2,44 km/h. O solo encontrava-se com umidade abaixo da capacidade de campo (medidos no equipamento KESTREL 3000 – estação móvel).

Para aplicação dos tratamentos utilizou-se pulverizador costal de precisão, propelido a CO<sub>2</sub>, com barra de 1,5 m contendo 4 pontas XR Teejet 110.02, operando com pressão constante de 25 lbs pol<sup>-2</sup> e volume de calda equivalente a 150L ha<sup>-1</sup>.

As características do produto comercial são: Trinexapac ethyl (marca comercial MODDUS). Ingrediente ativo ou nome comum: trinexapaque etílico (trinexapac ethyl). Nome químico: ethyl 4-cyclopropyl(hydroxy)methylene-3-5-dioxocyclohexanecarboxylate. Grupo químico: ácido dioxociclohexanocarboxílico. Classe: regulador de crescimento. Classe toxicológica: IV (pouco tóxica). Concentração do ingrediente ativo: 250 gramas do ingrediente ativo trinexapac ethyl por litro de produto comercial.. Formulação: EC (concentrado emulsionável)

## 2.1 AVALIAÇÕES REALIZADAS:

### Avaliações de características fenológicas

**Floração:** determinado pelo número de dias transcorridos entre a emergência e o florescimento de 50% das panículas das parcelas.

**Ciclo biológico:** determinado pelo número de dias transcorridos entre a emergência das plântulas até a colheita, quando 90% das panículas apresentavam maturidade fisiológica.

### **Avaliações dos componentes vegetativos**

**Altura das plantas:** determinado durante o estágio de grãos na forma pastosa. Foi determinada em 10 plantas ao acaso, na área útil de cada parcela. Medida pela distância média compreendida desde a superfície do solo até a extremidade superior da panícula mais alta; As medições ocorreram 30 dias após a última época de aplicação (90 dias após a emergência das plantas). **Índice de acamamento:** obtido pela observação visual na fase de maturação fisiológica, utilizando-se a seguinte escala de notas: 0 – sem acamamento; 1 – até 5% de plantas acamadas; 2 – de 5 a 25%, 3 – de 25 a 50%; 4 – de 50 a 75% e 5 – de 75 a 100% de plantas acamadas.

### **Avaliações dos componentes de produção**

**Produtividade de grãos (rendimento de grãos):** foi determinada pela pesagem dos grãos em casca, proveniente de 1 m<sup>2</sup> de cada parcela, conferindo o teor de água para 13% na base úmida e convertendo em kg ha<sup>-1</sup>. Para essa determinação foram colhidas todas as plantas incluindo as acamadas. **Rendimento de engenho:** coletada uma amostra de 100 gramas de grãos de arroz em casca de cada parcela, a qual foi processada em engenho de prova, por 1 minuto. Em seguida, os grãos brunidos (polidos) foram pesados e o valor encontrado foi considerado como rendimento de benefício, sendo os resultados expressos em percentagem. Posteriormente, os grãos brunidos (polidos) foram colocados no “Trieur” nº 2 e a separação dos grãos processada por 30 segundos. Os grãos que permaneceram no “Trieur” foram pesados obtendo-se o rendimento de inteiros e os demais, grãos quebrados, ambos expressos em percentagem.

## 2.2. Análise estatística

Os dados foram analisados quanto às pressuposições para verificar a homogeneidade (teste de Bartlett) e a normalidade (teste de Anderson Darling), utilizando-se o programa estatístico Action.

Analisou-se os dados no esquema bifatorial 3 X 3 (três épocas de aplicação e três doses), considerando-se um tratamento adicional (testemunha). Utilizou-se para a análise o programa estatístico SOC, que avaliou o efeito do tratamento testemunha contra todos os outros tratamentos.

Para análise da variância dos dados, utilizou-se o programa estatístico SASM-AGRI e, como teste de médias utilizou-se Scott-Knott, em 5% de probabilidade de erro.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.1. Variáveis Altura de Plantas e Índice de Acamamento

Quadro 2 - Efeito do Trinexapac-ethyl na altura de plantas e no índice de acamamento de plantas de arroz.

Época de aplicação	Tratamento	Dose (mL ha <sup>-1</sup> )	Altura de plantas (cm)	Índice de acamamento
	1. Testemunha	-	74,06 a <sup>1</sup>	3,77 a
20 DAE <sup>2</sup>	2. Trinexapac	200	77,30 a	1,35 b
	3. Trinexapac	400	60,67 b	0,30 c
	4. Trinexapac	600	56,55 c	0,07 d
40 DAE	5. Trinexapac	200	74,68 a	1,17 b
	6. Trinexapac	400	61,59 b	0,52 c
	7. Trinexapac	600	54,42 c	0,10 d
60 DAE	8. Trinexapac	200	73,88 a	1,20 b
	9. Trinexapac	400	63,80 b	0,30 c
	10. Trinexapac	600	57,30 c	0,05 d
CV%			3,50	19,02

<sup>1</sup> médias não seguidas por mesma letra, diferem entre si pelo teste Scott-Knott em 5% de probabilidade de erro

<sup>2</sup> DAE = dias após a emergência das plantas de arroz

O Quadro 2 mostra um comportamento decrescente (efeito negativo), ou seja, um aumento na dose em diferentes épocas (doses  $400\text{mL ha}^{-1}$  e  $600\text{ mL ha}^{-1}$  nas épocas 1, 2 e 3) reduzem a altura da planta. A análise dos resultados obtidos permite verificar que a dose é que está influenciando negativamente nesta variável, sendo que o aumento da dose, nas diferentes épocas de aplicação, provoca redução da altura da planta. Sendo assim, pode-se dizer que a dose é que influencia na interação com época no comportamento da variável.

Observa-se que para a dose  $200\text{mL ha}^{-1}$ , a altura de plantas foi significativamente igual à testemunha nas três épocas de aplicação (20, 40 ou 60 DAE), ou seja, para esta dose não ocorreu redução da altura de plantas em qualquer das épocas de aplicação. Entretanto, o aumento das doses para  $400\text{mL ha}^{-1}$  e  $600\text{mL ha}^{-1}$  provoca redução na altura das plantas nas três épocas avaliadas, sendo que a dose é que influenciou no efeito negativo observado nesta variável. A altura de plantas mostra comportamento decrescente, ou seja, à medida que é aumentada a dose aplicada do regulador de crescimento reduz-se também a altura de plantas.

Estudando o efeito do Trinexapac-ethyl na redução da altura de plantas de arroz irrigado por aspersão, aplicado na diferenciação do primórdio floral (DPF) na dose de  $200\text{g ha}^{-1}$  do ingrediente ativo, Alvarez (2003) verificou que o regulador de crescimento reduziu o porte da planta em 34 cm e, influenciou negativamente nos componentes do rendimento e no rendimento de grãos.

No mesmo sentido, avaliando doses de Trinexapac-ethyl (0, 75, 150, 225 e  $300\text{g ha}^{-1}$  do ingrediente ativo) e épocas de aplicação (perfilhamento ativo, entre o perfilhamento ativo e a diferenciação floral e na diferenciação floral) no desenvolvimento e produtividade da cultura do arroz de terras altas, Nascimento (2008), verificou que em doses superiores a  $150\text{g ha}^{-1}$  na DPF (diferenciação floral) ocorreu redução da altura das plantas em 40cm em relação as outras épocas, porém aumentou o chochamento de grãos, reduziu o perfilhamento e reduziu a produtividade de grãos. Nas doses de  $75\text{g ha}^{-1}$  e  $150\text{g ha}^{-1}$  o uso de Trinexapac-ethyl não interferiu na produtividade e na renda do benefício.

Em relação à variável índice de acamamento (Quadro 2), verifica-se que todos os tratamentos com Trinexapac-ethyl, nas doses avaliadas e nas épocas

aplicadas, possibilitaram menor acamamento das plantas quando comparados com a testemunha. Observa-se diferença significativa pelo teste de médias de Scott-Knott ocorrendo uma redução do acamamento das plantas à medida que aumenta-se a dose do regulador de crescimento. Em todas as doses aplicadas ( $200\text{mL ha}^{-1}$ ,  $400\text{mL ha}^{-1}$  e  $600\text{mL ha}^{-1}$ ), houve redução do acamamento das plantas. Porém, na dose  $200\text{mL ha}^{-1}$  esta redução não foi acompanhada da redução da altura de plantas, ou seja, nesta dose avaliada, a altura de plantas foi semelhante à altura obtida na testemunha. No entanto, o índice de acamamento foi menor. Provavelmente, outro fator, não avaliado neste estudo, tenha influenciado nesta variável para esta dose de Trinexapac-ethyl aplicada, como por exemplo, diâmetro do colmo que, também, pode interferir no índice de acamamento, independente do encurtamento de entre-nós que é um fator que tem fundamental importância na redução da altura de plantas.

Pode-se observar, que nas doses de  $400$  e  $600\text{mL ha}^{-1}$ , nas três épocas de aplicação, o índice de acamamento apresentou a mesma tendência da redução da altura de plantas, ou seja, aumentou a dose, reduziu a altura de plantas e conseqüentemente, também reduziu o índice de acamamento, que teve comportamento decrescente com o aumento da dose.

Estudos realizados por Silva (2009) permitiram verificar que a aplicação de Trinexapac-ethyl resultou em plantas de menor altura e acamamento, apesar do menor rendimento de grãos. Porém, considera-se que o uso do produto é benéfico por permitir colheita mecanizada de cultivares suscetíveis ao acamamento. Assim, o uso deste regulador de crescimento constitui-se em ferramenta importante para o manejo da cultura do arroz.

Os resultados obtidos por estes pesquisadores, corroboram com os encontrados neste estudo, mostrando que o Trinexapac-ethyl pode ser utilizado como regulador de crescimento na cultura do arroz, reduzindo o porte das plantas até uma determinada dose que não influencie negativamente nos componentes do rendimento, especialmente na qualidade de grãos colhidos.

### 3.2. Variável Ciclo Biológico da Planta

Quadro 3 – Efeito do Trinexapac-ethyl nas características fenológicas (ciclo biológico e época de floração do arroz).

Época de aplicação	Tratamento	Dose (mL ha <sup>-1</sup> )	Ciclo biológico (dias)	Floração
	1. Testemunha	0	125,75 c <sup>1</sup>	66,5 d
20 DAE <sup>2</sup>	2. Trinexapac	200	126,75 c	72,5 c
	3. Trinexapac	400	130,75 b	77,5 b
	4. Trinexapac	600	136,5 a	84,0 a
40 DAE	5. Trinexapac	200	125,0 c	73,2 c
	6. Trinexapac	400	130,25 b	76,5 b
	7. Trinexapac	600	135,75 a	83,2 a
60 DAE	8. Trinexapac	200	127,25 c	72,2 c
	9. Trinexapac	400	134,0 a	78,2 b
	10. Trinexapac	600	136,25 a	85,2 a
CV%			1,38	2,19

<sup>1</sup> médias não seguidas por mesma letra, diferem entre si pelo teste Scott-Knott em 5% de probabilidade de erro

<sup>2</sup> DAE = dias após a emergência das plantas de arroz

Verifica-se, que aumentando a dose de Trinexapac-ethyl nas três épocas de aplicação, o ciclo da cultivar IRGA 422 CL aumenta significativamente. Também pode ser observado que a testemunha apresenta os menores valores de ciclo biológico, ou seja, o ciclo biológico foi aquele ciclo normal para a cultivar. Porém, a partir da dose 200mL ha<sup>-1</sup> do regulador de crescimento, apresentou comportamento crescente para o ciclo biológico e, sucessivamente, houve atraso no ciclo biológico de acordo com o aumento da dose (aumentou a dose, aumentou o ciclo biológico da planta). Para a época 3 (60 DAE), observa-se que a dose 400mL ha<sup>-1</sup> apresentou comportamento diferente do obtido nas épocas 1 (20 DAE) e 2 (40 DAE), proporcionando atraso no ciclo equivalente ao obtido nas três épocas na maior dose aplicada de 600mL ha<sup>-1</sup>. Possivelmente porque esta aplicação foi realizada aos 60 DAE, próximo ao florescimento da cultura, provocando um efeito negativo mais acentuado já com 400mL ha<sup>-1</sup> do produto.



### 3.3. Variável Floração

Analisando-se a variável floração e o fator dose (Quadro 3), podemos concluir que elas têm uma relação crescente, conforme aumenta a dose, ocorre um aumento nos dias para a floração (atrasa o ciclo para floração). Esse comportamento também pode ser visto na variável ciclo biológico. Sendo que, a testemunha foi a que apresentou menores dias para a floração. A cultivar IRGA 422 CL teve aumento no número de dias para a floração diretamente proporcional ao aumento da dose, não havendo nenhuma interferência do fator época para essa variável.

### 3.4. Efeito nos componentes do rendimento

#### Variável Grãos Quebrados

Quadro 4 -Efeito do Trinexapac-ethyl nos componentes do rendimento e no rendimento de grãos de arroz cultivar IRGA 422 CL

Época de aplicação	Tratamento	Dose (mL ha <sup>-1</sup> )	Renda do benefício (%)	Grãos inteiros (%)	Grãos quebrados (%)	Rendimento de grãos (kg ha <sup>-1</sup> )
20 DAE <sup>2</sup>	1. Testemunha	0	64,62 a <sup>1</sup>	61,60 a	2,77 b	5969,5 a
	2. Trinexapac	200	65,22 a	61,65 a	3,57 b	6184,7 a
	3. Trinexapac	400	65,20 a	61,10 a	4,12 a	6524,7 a
	4. Trinexapac	600	65,40 a	60,37 a	4,72 a	5905,5 a
40 DAE	5. Trinexapac	200	64,92 a	61,65 a	3,27 b	6117,5 a
	6. Trinexapac	400	65,55 a	61,57 a	3,97 a	6034,2 a
	7. Trinexapac	600	63,62 b	58,70 b	4,90 a	5076,0 b
60 DAE	8. Trinexapac	200	65,65 a	62,45 a	3,20 b	6218,0 a
	9. Trinexapac	400	64,85 a	60,40 a	4,45 a	6195,0 a
	10. Trinexapac	600	61,95 c	56,65 c	5,30 a	5020,7 b
CV%			1,41	1,98	16,74	4,21

<sup>1</sup> médias não seguidas por mesma letra, diferem entre si pelo teste Scott-Knott em 5% de probabilidade de erro

<sup>2</sup> DAE = dias após a emergência das plantas de arroz

A variável grãos quebrados possui um comportamento crescente a partir da dose  $400\text{mL ha}^{-1}$ , ou seja, conforme aumentarmos a dose de Trinexapac-ethyl até  $600\text{mL ha}^{-1}$ , aumenta o número de grãos quebrados da cultivar IRGA 422 CL. Deve-se considerar que a testemunha apresentou o menor número de grãos quebrados, sendo significativamente igual ao obtido na dose de  $200\text{mL ha}^{-1}$  nas três épocas de aplicação.

### **Variável Renda do Benefício**

Podemos concluir que, conforme aumenta a dose a relação renda do benefício mantém comportamento semelhante ao observado para a testemunha. Sendo que, apenas nas épocas 2 (40 DAE) e 3 (60 DAE) e para a dose maior de  $600\text{mL ha}^{-1}$  a renda do benefício diferiu estatisticamente dos demais tratamentos avaliados, sendo inferior a todos os outros, incluída a testemunha. Este comportamento é influenciado pelo efeito do Trinexapac-ethyl sobre os demais componentes do rendimento, especialmente os grãos quebrados, uma vez que a renda do benefício é resultado da soma entre as variáveis grãos inteiros e grãos quebrados.

### **Variável Grãos Inteiros**

Como pode ser observado, o efeito de época e a interação com a dose influenciam no resultado. A combinação entre doses e épocas influenciam no comportamento dessa variável grãos inteiros. Verifica-se que, para a época 1 (20 DAE), o percentual de grãos inteiros na testemunha é estatisticamente igual ao observado para as três doses avaliadas ( $200\text{mL ha}^{-1}$ ,  $400\text{mL ha}^{-1}$  e  $600\text{mL ha}^{-1}$ ).

Para as épocas 2 (40 DAE) e 3 (60 DAE) observa-se que até  $400\text{mL ha}^{-1}$  não há diferença significativa entre os tratamentos com o regulador de crescimento e a testemunha sem Trinexapac-ethyl. Porém, para a dose  $600\text{mL ha}^{-1}$ , nestas duas épocas de aplicação, houve um efeito negativo na variável grãos inteiros, ou seja, aumenta o percentual de grãos quebrados e diminui o percentual de grãos inteiros, o

que tem impacto negativo na qualidade dos grãos colhidos, sendo econômica e comercialmente indesejável.

### Variável Rendimento de Grãos

Em relação à esta variável, podemos afirmar que o rendimento de grãos segue a mesma tendência do observado com o percentual de grãos inteiros, ou seja, para a época 1 (20 DAE), todas as doses avaliadas se equivalem à testemunha e, para as demais épocas, apenas a dose 600mL ha<sup>-1</sup> difere dos demais tratamentos, apresentando os menores valores de rendimento de grãos.

A época de aplicação combinada com a dose, neste caso, influenciou no resultado observado, mostrando que há um limite de dose a ser aplicada de até 200mL ha<sup>-1</sup>, o que permite reduzir o acamamento sem interferir na fenologia das plantas (ciclo biológico e floração), bem como, nos componentes do rendimento que indicam qualidade dos grãos produzidos (grãos inteiros e grãos quebrados), permitindo rendimentos de grãos economicamente viáveis.

### Análise Bifatorial 3 X 3 com tratamento adicional

A análise dos dados como um esquema bifatorial 3 X 3 (três épocas de aplicação e três doses), considerando-se um tratamento adicional (testemunha), permite contrastar a testemunha contra todos os outros tratamentos analisando-se a média dos dados.

Quadro 5 – Contraste de médias entre a testemunha e os tratamentos com Trinexapac-ethyl

Tratamentos contrastados	Ciclo biológico (dias)	Floração (dias)	Renda do benefício (%)	Grãos inteiros (%)	Grãos quebrados (%)
1. Testemunha	125,75 sig	66,5 sig	64,6 ns	61,6 ns	2,8 sig
2. Outros tratamentos	131,39	77,5	64,70	60,50	4,16

sig = significativa a 5% de probabilidade de erro

ns = não significativo a 5% de probabilidade de erro

O Quadro 5 permite inferir que, a aplicação de Trinexapac-ethyl não interfere na renda do benefício e no percentual de grãos inteiros. Ou seja, aplicando-se ou não o produto nas doses de 200mL ha<sup>-1</sup>, 400mL ha<sup>-1</sup> e 600mL ha<sup>-1</sup> nas três épocas (20, 40 e 60 DAE) o resultado é o mesmo, não havendo diferença significativa entre a testemunha e os demais tratamentos contrastados.

Em relação às variáveis ciclo biológico, floração e grãos quebrados, a análise estatística demonstra que há diferença significativa entre a testemunha e os demais tratamentos aplicados. Neste contexto, pode-se afirmar que aplicando o Trinexapac-ethyl há um atraso no ciclo biológico das plantas de arroz IRGA 422 CL, nos dias necessários para a floração, ocorrendo também um maior percentual de grãos quebrados, quando comparado à testemunha, sem o regulador de crescimento. Desta forma, para estas variáveis, o uso de Trinexapac-ethyl proporciona um efeito negativo indesejável do ponto de vista agrônomo.

#### **4. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

O regulador de crescimento Trinexapac-ethyl na dose de 200mL ha<sup>-1</sup> tem viabilidade para uso na cultura do arroz irrigado, cultivar IRGA 422 CL, reduzindo o acamamento de plantas, sem interferir negativamente nos componentes do rendimento e na fenologia das plantas.

O Trinexapac-ethyl, em doses de 400 e 600mL ha<sup>-1</sup>, reduz o acamamento de plantas. Porém, atrasa seu ciclo biológico e o número de dias para a floração, interferindo negativamente nos componentes do rendimento e na qualidade de grãos colhidos, aumentando o percentual de grãos quebrados e reduzindo o percentual de grãos inteiros e o rendimento de grãos colhidos.

## CONCLUSÃO

O regulador de crescimento Trinexapac-ethyl, aplicado na cultura do arroz irrigado, nas cultivares IRGA 422 CL e Bojurú, promove o encurtamento dos entrenós, reduz a altura de plantas, reduz a fitomassa seca da parte aérea e a área foliar, interferindo no rendimento final e na qualidade de grãos (quantidade de grãos inteiros e grãos quebrados).

A dose de Trinexapac-ethyl que reduz o acamamento de plantas sem reduzir a produtividade deve ser inferior a 400mL ha<sup>-1</sup>.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADAMS, R. et al. Studies on the action of the new growth retardant CGA 163935 (cimectacarb). In: KARSEN, C. M.; van LOON, L. C.; VREUGDENHIL, D. (Eds). **Progress in plant growth regulation**. Dordrecht: Kluwer Academic, 1992. p. 818-827.

ALVAREZ, R. de C. F. **Absorção e distribuição e redistribuição de nitrogênio (15N) em cultivares de arroz de terras altas em função da aplicação de reguladores vegetais**, Botucatu, 2003.86 p. Tese (Doutorado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrônomicas, UNESP, Botucatu.

ALVAREZ, R.C.A. **Absorção, distribuição e redistribuição de nitrogênio (15N) em cultivares de arroz de terras altas em função da aplicação de reguladores vegetais**. 2003. 87 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2003.

ALVAREZ, R.C.F.; CRUSCIOL, C.A.C; OCHEUZE, P.C.; RODRIGUES, J.D.; ALVAREZ, A.C.C. Influência do etil- trinexapac no acúmulo, na distribuição de nitrogênio (15N) e na massa de grãos de arroz de terrasaltas. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v.31, p.1487-1496, 2007.

ALVAREZ, R.C.F.; CRUSCIOL, C.A.C.; RODRIGUES, J.D.; ALVAREZ, A.C.C. Aplicação de reguladoresvegetaisnacultura de arroz de terrasaltas. **ActaScientiarum Agronomy**, v.29, p.241-249, 2007b.

ALVES, E.; PALHANO, M. G.; PEREZ, L. L.; LATORRE, D. O.; CORREA, M. R. **desenvolvimento do arroz cultivar iac 103 com aplicações de trynexapac-ethyl**. IN: XXVIII CBCPD, 3 a 6 de setembro de 2012, Campo Grande, MS. p. 646-650

ARF, O.; RODRIGUES, R.A.F.; SÁ, M.E.; CRUSCIOL, C.A.C. Resposta de cultivares de arroz de sequeiro ao preparo do solo e à irrigação por aspersão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.36, n.6, p.871-879, 2001.

ARF, O. **Efeitos de densidades populacionais e adubação nitrogenada sobre o**

**comportamento de cultivares de arroz irrigado por aspersão.** 1993. 63 f. Tese (Livre Docência) - Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 1993.

ARTECA, R.N. **Plant growth substances: principles and applications.** Pensilvânia: Chapman & Hall, 1996. 332p.

BARROS, J. de A.I. Efeitos de ethephon em três cultivares de arroz (*Oryza sativa* L.) irrigado. **Lavoura Arrozeira**, Porto Alegre, v.44, n.398, p.20-23, 1991.

BERTI, M.; ZAGONEL, J.; FERNANDES, E.C. Produtividade de cultivares de trigo em função do trinexapac-ethyl e doses de nitrogênio. **Scientia Agrária**, Curitiba, v. 8, n. 2, p. 127-134, 2007.

BRESINSKY, A.; KÖRNER, C.; KADEREIT, J.W.; NEUHAUS, G.; SONNEWALD, U. **Tratado de botânica de Strasburguer.** Editor Artmed. 36. ed. Porto Alegre. 2012.

BURRILL, L.C.; CARDENAS, J.C.; LOCATELLI, E. **Field manual for weed control research.** Corvallis: International Plant Protection Center, Oregon State University, 1976. 59p.

BUSH, E. W. et al. Controlling growth of common carpetgrass using selected plant growth regulators. **Hortscience**, v. 33, n. 4, p. 704-706, 1998.

BUZETTI, S.; BAZANINI, G.C.; FREITAS, J.G.; ANDREOTTI, M.; ARF, O.; SÁ, M.E.; MEIRA, F.A. Resposta de cultivares de arroz a doses de nitrogênio e do regulador de crescimento cloreto de cloromequat. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.41, p.1731-1737, 2006.

CAMPOS, Marcelo F. **Efeitos de reguladores vegetais no desenvolvimento de planta de soja (*Glycine max* (L.) Merrill).** 2005. 131 f. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas)- Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2005.

CAPELLARI, I. **genótipos de trigo (*Triticum aestivum* L.) submetidos a**

**aplicação de trinexapac-ethyl em diferentes densidades de semeadura.** UNIJUÍ (Trabalho de Conclusão de Curso). IJUÍ. 2011. 38.p.

CARBONE A.; VIDAL, A. Evolución de la producción de etileno en la hoja bandera y la panoja de arroz (*Oryza sativa* L.) y sus efectos sobre la calidad del grano. **Revista de la Facultad de Agronomía**, La Plata, v.102, n.2, p.197-202, 1997.

CARVALHO, L. H.; CHIAVEGATO, E.J.; CIA, E.; KONDO, J. I.; SABINO, J. C., PITTINELLI JUNIOR, A.; BORTOLETTO, N.; GALLO, P. B. Fitorreguladores de crescimento e capação na cultura algodoeira. **Bragantia**, v.53, p.247-254, 1994.

CASTRO, P.R.C. Maturadores químicos em cana-de-açúcar. **Saccharum**, v.1, p.12-16, 1999.

CASTRO, P. R.C; KLUGE, R. A. **Ecofisiologia de cultivos anuais:** Trigo, milho, soja, arroz e mandioca. São Paulo: Nobel, 1999. 125p.

CASTRO, P. R. C.; VIEIRA, E. L. **Aplicações de reguladores vegetais na agricultura tropical.** Guaíba: Livraria e Editora Agropecuária, 2001. 588 p.

CATHEY, G. W.; MEREDITH JUNIOR, W. R. Cotton response to planting date and mepiquat chloride. **Agronomy Journal**, Madison, v. 80, p. 463-466, 1988.

COLLE, C.A. **A cadeia produtiva de trigo no Brasil:** contribuição para geração de emprego e renda. 1998. 160 f. Dissertação (Mestrado em Economia Rural). Centro de Estudos e Pesquisa Econômico- IEPE, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1998.

CONAB – COMPANHIA NACIONAL ABASTECIMENTO. **Indicadores da produção agrícola.** Disponível em <<http://www.conab.gov.br/conabweb>>. Acesso em: 18 dez. 2012.



COSTA, N. V. et al. Características morfológicas de gramas em esposta à aplicação de trinexapac-ethyl. **Planta Daninha**, v. 27, n. 1, p. 113-122, 2009.

COSTA, N.V., MARTINS, D., RODELLA, R.A., RODRIGUES, A.C.P. e CARDOSO, L.A. Efeito do trinexapac-ethyl na anatomia foliar de quatro espécies de grama. **Panta Daninha**, Viçosa-MG, v. 28, n. 3, p. 551-560, 2010.

CRUZ, P. J. et al. Influência do acamamento sobre o rendimento de grãos e outros caracteres em trigo. **Revista Brasileira de Herbicidas**.

CUNHA, G.R.da; PIRES, J.L.F. **Sistemas de cultivo para rendimentos elevado em trigo e o desafio das correlações indesejadas**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2005. 7 p. (Documento Online 48). Disponível em: <[www.cnpt.embrapa.br/biblio/p\\_bo48.htm](http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/p_bo48.htm)>.

DA ROS, C.O.; SALET, R.L.; POR, R.L.; MACHADO, J.N.C. Disponibilidade de nitrogênio e produtividade de milho e trigo com diferentes métodos de adubação nitrogenada no sistema de plantio direto. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.33,n.5, p. 799-804, 2003.

DAVIS, T.D. & CURRY, E.A. Chemical regulation of vegetative growth. **Critical Reviews in Plant Sciences**, v. 10, n. 2, p. 151-188. 1991.

DAVIES, P.J. The plant hormones: their nature, occurrence, and functions. In: DAVIES, P.J. **Plant hormones and their role in plant growth and development**. Netherlands: Kluwer Academic, 1987. p.1-23.

DAVIES. P. J. **Plant hormones physiology biochemistry and molecular biology**. 2.ed. Netherlands: Klumer Academic Publishes, 1995. 823 p.

DERNOEDEN, P. H. Four-year response of a Kentucky bluegrass-red fescue turf to plant growth retardants. **Agronomy Journal**., v. 76, n. 5, p. 807-813, 1984.

DORNELLES, S.H.B.D. **Caracterização de acessos polimórficos de arroz vermelho do Rio Grande do Sul por descritores morfológicos e microssatélites.** UFSM (tese de doutorado). Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, 2009. 101 p.

ENGELKE, M.C. Influence of trinexpac-ethyl on diamond zoysiagrass in a shade environment. **Crop Science** v. 39, p. 202–208. 1999.

ERVIN, E. H.; KOSKI, A. J. Trinexpac-ethyl increases Kentucky bluegrass leaf cell density and chlorophyll concentration. **Hortscience**, v. 36, n. 4, p. 787-789, 2001.

ESPINDULA, M. C., ROCHA, V. S., SOUZA, L. T. DE, SOUZA, M. A. DE, GROSSI, J. A. S. Efeitos de reguladores de crescimento na elongação do colmo de trigo. **Acta Scientiarum**. Agronomy. Maringá, v. 32, n. 1, p. 109-116, 2010.

FAGERNESS, M.; PENNER, D. <sup>14</sup>C-trinexpac-ethyl absorption and translocation in kentucky bluegrass. **Crop Science** v. 38, p. 1023–1027. 1998.

FAGERNESS, M. J., PENNER, D. Spray application parameters that influence the growth inhibiting effects of trinexpac-ethyl. **Crop science**, Madison, v.38, p. 1028-1035, 1998.

FAGERNESS, M. J.; PENNER, D. Evaluation of V-10029 and trinexpac-ethyl for annual bluegrass seedhead suppression and growth regulation of five cool-season turfgrass species. **Crop Science**., v. 12, n. 3, p. 436-440, 1998.

FAHN. A. **Plant Anatomy**. 2 ed. Oxford: Pergamon Press, 1975. 611 p.

FREITAS, F. C. L. et al. Efeitos do trinexpac-ethyl sobre o crescimento e florescimento da grama-batatais. **Planta Daninha**, v. 20, n. 3, p. 477-486, 2002.

FIGUEIREDO, R. O. **Influência de reguladores vegetais na produção de**

**biomassa, teor de óleos essenciais e de citral em *Cymbopogon citratus* (D.C) Stapf, em diferentes épocas do ano.** 1998. 77 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas) – Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1998.

GALLI, A. P. **Competição intraespecífica e o crescimento de trigo e aveia em duas épocas de cultivo.** 1996. 78 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia)-Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio grande do Sul, Porto Alegre, 1996.

GERRITS, P. O. **The application of glycol metacrylate in histotechnology: same fundamental principles.** Germany: Lica Gmgh, 1991. 80 p.

GILMOUR, A.R et al. (2009) **ASReml User Guide** v. 3.0. VSN International Ltd, Hemel Hempstead, 398 pp.

GHELLER A. C. A.; **Resultados da aplicação de maturadores vegetais em cana-de-açúcar, variedades rb72454 e rb835486 na região de araras, SP.** São Paulo – Dissertação de mestrado Rogério do Nascimento (Voluntário); (O); (DBV/UFSCar) 2006.

GONDIN, T. S. A. **Efeito da desfolha nas características fisiológicas e na qualidade de sementes de trigo.** 2006. 60 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia)-Universidade Federal de Viçosa, 2006.

GREEN, R. L. et al. Effects of flurprimidol, mefluidide, and soil moisture on St. Augustinegrass evapotranspiration rate. **Hortscience**, v. 25, n. 4, p. 469-441, 1990.

GRIFFITH, S.M. Changes in dry matter, carbohydrate and seed yield resulting from lodging in three temperate grass species. **Annals of Botany** v. 85, p. 675-680. 2000.

HATSCHBACH, M.; BORTOLOTTTO, R.P.; CAPITANIO, J. Avaliação de acessos de arroz vermelho resistentes a imidazolinonas no Rio Grandedo Sul. IN: XXV CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO. Águas de São Pedro, SP. 2004. **Anais em CD.** SBCPD. 2004. p.486.

HECKMAN, N. L. et al. Heat tolerance of Kentucky bluegrass as affected by trinexapac-ethyl. **Hortscience**, v. 36, n. 2, p. 365-367, 2001.

JIANG, H.; FRY, J. Drought responses of perennial ryegrass treated with plant growth regulators. **Hortscience**, v. 33, n. 2, p. 270-273, 1998.

JOHANSEN, DA. **Plant microtechnique**. New York: McGraw-Hill Book, 1940. 523 p.

JOHNSON, B. J. Frequency of plant growth regulators and mowing treatments: effects on injury and suppression of centipede grass. **Agronomy Journal**., v. 85, n. 2, p. 276-280, 1993.

JOHNSON, B. J. Influence of plant growth regulators and mowing two bermudagrasses. **Agronomy Journal**., v. 86, n. 5, p. 805-810, 1994.

JOHNSON, B. J. Response of 'Tifway' bermudagrass to rate and frequency of flurprimidol and paclobutrazol application. **Hortscience**, v. 27, n. 3, p. 230-233, 1992.

JOHNSON, B. J. Growth of 'Tifway' bermudagrass following application of nitrogen and iron with trinexapac-ethyl. **Hortscience**, v. 32, n. 2, p. 241-242, 1997.

JOSHI, A. K. et al. Stay green trait: variation, inheritance and its association with spot blotch resistance in spring wheat (*Triticum aestivum* L.). **Euphytica**, Dordrecht, v. 153, n. 1, p. 59-71, 2007.

JÚNIOR, R. L., **Influência de retardante vegetal e densidade de plantas no crescimento, componentes da produção, produtividade e acamamento da soja**. (dissertação de mestrado). Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Marechal Cândido Rondon, Setembro de 2006, 51 p.

KERBER, E., LEYPOLD, G., SEILER, A. CGA 163'935 a new plant growth regulator for small grain cereals, rape and turf. BRIGHTON CROP PROTECTION CONFERENCE- WEEDS. **Proceedings...** 1989. P.83-88.

KLAR, A. E.; DENADAI, I. A. M. Resistência à seca em cultivares de trigo: qualidade e rendimento dos grãos e medições fisiológicas. **Irriga**, Botucatu, v. 1, n. 1, p. 1-25, 1996.

LEITE, G.H.P.; CRUSCIOL, C.A.C.; LIMA, G.P.P.L.; SILVA, M. de A. Reguladores vegetais e atividade de invertases em cana-de-açúcar em meio de safra. **Ciência Rural**, v.39, n.3, p.718-725, 2009.

LICKFELDT, D.W., GARDNER, D.S., Branham, B.E.; Voigt, T. B. Implications of repeated trinexapac-ethyl applications on Kentucky Bluegrass. **Agronomy Journal** v. 93, p. 1164-1168. 2001.

LINZMEYER JUNIOR, R.; GUIMARÃES, V. F.; SANTOS, D.; BENCKE, M. H. Influência de retardante vegetal e densidades de plantas sobre o crescimento, acamamento e produtividade da soja. **Acta Scientiarum**. Agronomy, v. 30, n. 3, p. 373-379, 2008.

LOZANO, C.M.; LEADEN, M.I.; COLABELLI, M.N. **Efecto de Trinexapac ethyl sobre la morfología del tallo en dos cultivares de trigo**. Buenos Aires: INTA EEA Balcare, 2002. Disponível em: <<http://www.inta.gov.ar/balcarce/info/documentos/posters/5/MorfoldelTalloLeaden.htm>>. Acesso em: 12 jan. 2013.

MACHADO, J.R. **Desenvolvimento da planta e produtividade de grãos de populações de arroz (*Oryza sativa* L.) irrigado por inundação em função de épocas de cultivo**. 1994. Botucatu, Tese (Livre Docência)-Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, 1994.

MARTINS, M. B. G.; CASTRO, P. R. C. Reguladores vegetais e a anatomia da folha de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) cv. Ângela Gigante. **Scientia agrícola**, Piracicaba, v. 56, n. 3, p. 693-703, 1999.

MATSUSHIMA, S. **Crop science in rice: theory of yield determination and its application**. Tokyo: Fuji, 1970.

McKee, I.F.; Long, S. P.. Plant growth regulators control ozone damage to wheat

yield. **New Phytologist** v. 152, p. 41-51. 2001.

METCALFE, C. R. **Anatomy of the monocotyledons**. I. Gramineae. Oxford: Clarendon Press, 1960. 731 p.

MOTTER, L. **Influência da adubação nitrogenada e de etil-trinexapac no crescimento e produtividade de trigo**. UNOESTE (dissertação de mestrado). Marechal Candido Rondon. 2007.

MUNDSTOCK, C. M. **Planejamento e manejo integrado da lavoura de trigo**. Porto Alegre: UFRGS, 1999, 228 p.

MURPHY, J. S.; BRISKE, D. D. Regulation of tillering by apical dominance: chronology, interpretive value, and current perspectives. **Journal of Range Management** , Denver, v. 45, n. 5, p. 419-429, 1992.

NAQVI, S. S. M. Plant growth hormones: growth promoters and inhibitors. In: PESSARAKLI, M. **Handbook of plant and crop physiology**. New York: Marcel Dekker, 1994. p.527-556.

NASCIMENTO, V. **Resposta do arroz a doses e épocas de aplicação do regulador de crescimento etil-trinexapac**. 2008. 52 f. Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista. Dissertação (Mestrado) -, Ilhasolteira, 2008.

NEENAN, M.; SPENCER-SMITH, J.L. An analysis of the problem of lodging with particular reference to wheat and barley. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v.81, p.495-507, 1971.

OLIVEIRA, G.S. **Efeito de densidade de semeadura no desenvolvimento de cultivares de arroz (*Oryza sativa* L.) em condições de sequeiro e irrigados por aspersão**. 1994. 41 f. Monografia (Graduação em Agronomia) - Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 1994.

ONO, E. O; JUNIOR G. F. J.; RODRIGUES D. J.; Reguladores vegetais na quebra da dominância apical de mamoeiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal SP, v.26 n.2 p. 348-350, 2004.

OLUMEKUN, V. O. An analysis of the response of winter wheat (*Triticum aestivum*) components to cycocel (Chlormequat) application. **Journal of Agronomy and Crop Science**, Berlin, v. 176, n. 3, p. 145-150, 1996.

PENCKOESKI, L. H., FERNANDES, E. C. **Utilizando regulador de crescimento na cultura de trigo** – Aspectos importantes para garantir bons resultados. Castro: Fundação ABC, 2010. 68p.il.

PEREIRA, P.A.; PINHEIRO, B. de S.; TEIXEIRA, S.M. 1990. Rice in Brazil. **Internacional Rice Comission Newsletter**. Roma, v.39, p. 241-248, 1990.

PINTHUS, M.J. Lodging in wheat, barley, and oats: the phenomenon, its causes, and preventive measures. **Advances in Agronomy**, New York, v.25, n.1, p.208-263, 1973.

R Development Core Team (2010) R: **A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL. Available in: <http://www.R-project.org>.

RADEMACHER, W. Growth retardants: effects on giberellin biosynthesis and other metabolic pathways. **Annual Review of Plant Physiology.Plant Molecular Biology** v. 51, p. 501-531. 2000.

REDDY, V. R.; BAKER, D. N.; HODGES, H. F. Temperature and mepiquat chloride effects on cotton canopy architecture. **Agronomy Journal**, v. 82, p. 190-195, 1990.

RESENDE, P. A. P.; SOARES, J. E.; HUDETZ, M. Moddus, a plant growth regulator and management tool for sugarcane production in Brasil. **International Sugar Journal**, Glamorgan, v. 103, n. 1225, p. 2-6, 2001.

RODRIGUES, O. et al. **Características fisiológicas associadas ao avanço no potencial de rendimento de grãos de trigo**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2002. 26 p.

RODRIGUES, O. et al. **Redutores de crescimento**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2003.

RODRIGUES, O.; TEIXEIRA, M. C. C. **Efeito da adubação nitrogenada, arranjo de plantas e redutor de crescimento no acamamento e em características de cevada**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2003.

SCHUCH, L. O. B. et al. Vigor de sementes de populações de aveia preta: II Desempenho e utilização de nitrogênio. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 57, n. 1, p. 121-127, 2000.

SCHUCH, L.O.B.; NEDEL, J.L.; ASSIS, F.N. de; MAIA, M. de S. Vigor de semente de população de aveia preta: II Desempenho e utilização de nitrogênio. **Sci.Agr.**,v.57 ,n. 1, p. 121-127 , 2000.

SHEPARD, D.; DIPAOLA, J.M. Regulate growth and improve turf quality. **Golf Course Management**, s.n., v.68, n.3, p.56-59, 2000.

SOSBAI, Sociedade Sul - Brasileira de Arroz Irrigado. **Arroz Irrigado: Recomendações técnicas da pesquisa para o Sul do Brasil / Sociedade Sul-Brasileira de Arroz Irrigado; Congresso Brasileiro de Arroz Irrigado, 5., Reunião da Cultura do Arroz Irrigado, 27. Pelotas, RS: SOSBAI, 2012.**

SOSBAI. **Recomendações técnicas da cultura do arroz**. Epagri. Itajaí. 2010. Site oficial. [www.sosbai.com.br](http://www.sosbai.com.br)

SILVA, S. A. et al. Genetic basis of stay-green trait in bread wheat. **Journal of New Seeds**, Binghamton, v. 2, n. 1, p. 55-68, 2000.



SILVA, M.R.R., **Regulador de crescimento Etil-trinexapac em diferentes densidades de semeadura na cultura do arroz de terras altas.** (Tese de doutorado) UNESP. Ilha Solteira. 2009. 81 p.

SLEPER, D. A.; POEHLMAN, J. M. **Breeding field crops.** Ames: Blackwell Pub Iowa, 2006. 424 p.

SYNGENTA."Trinexapac-ethyl, Regulador de crecimiento" – No se rinde fortalece el rendimiento de su trigo. **Boletim técnico.** Chile, 2003.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal.**3.ed. Porto Alegre: Artmed, 2004.

TATNELL, J. A. The relationship between height reduction, lodging control and yield in winter barley following use of trinexapac-ethyl. In: BRIGHTON CROP PROTECTION CONFERENCE WEEDS. 1995, Brighton. **Proceedings...** Farnham: BCPC, 1995. v.2, p. 635-640.

TIBOLA, C. S.; FERNANDES, J. M. C.; LORINI, I.; SCHEEREN, P. L.; MIRANDA, M. Z. de. **Produção integrada de trigo – safra 2007.** Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2008. 10 p. (Embrapa Trigo. Circular Técnica Online, 26). Disponível em: <[http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/ci/p\\_ci26.htm](http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/ci/p_ci26.htm)>. Acesso em: 03 dez. 2012.

TOMLIN, C. **The pesticide manual handboock.** British Crop Protection Council, Inglaterra, Tenth Edition,1995. 1341 p.

USDA – UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. **World agricultural production.** Disponível em: <<http://www.usda.gov/wps/portal/>>. Acesso em: 18 sete. 2011.

VIDAL, R. A.; TREZZI, M. M. **Herbicidologia.** Porto Alegre: 2001. p. 25-36.

WIERSMA, D. W.; OPLINGER, E. S.; GUY, S. O. Environment and cultivar effects on winter wheat responses to ethephon plant growth regulator. **Agronomy Journal,** Madison, v. 78, n. 5, p. 761-764, 1986.

WOBETO, C. **Padrão de afilamento, sobrevivência de afilhos e suas relações com o rendimento de grãos em trigo**. 1994. 102f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia)-Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1994.

YOSHIDA, S. **Fundamentals of rice crop science**. Los Baños: IRRI, 1985.

ZAGONEL J. et al. Doses de nitrogênio e densidades de plantas com e sem regulador de crescimento afetando o trigo, Cultivar OR-1. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 32, n. 1, p. 25- 29, 2002.

ZAGONEL, J.; FERNANDES, E. C. Doses e épocas de aplicação do regulador de crescimento afetando cultivares de trigo em duas doses de nitrogênio. **Planta Daninha**, v. 25, n. 2, p. 331-339, 2007.

ZANATTA, A. C. A.; OERLECKE, D. Efeito de genes de nanismo sobre alguns caracteres agronômicos e morfológicos de *Triticum aestivum* (L.) Thell. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 26, p. 1001-1016. 1991.