



**AMANDA MOREIRA LOPES**

**RESPOSTAS FISIOLÓGICAS EM CANA-DE-  
AÇÚCAR SUBMETIDA À APLICAÇÃO  
DEPIRACLOSTROBINA**

**LAVRAS - MG**

**2016**

**AMANDA MOREIRA LOPES**

**RESPOSTAS FISIOLÓGICAS EM CANA-DE-AÇÚCAR SUBMETIDA À  
APLICAÇÃO DE PIRACLOSTROBINA**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fisiologia Vegetal, área de concentração em Fisiologia Vegetal, para a obtenção do título de Doutora.

Prof. Dr. Antonio Chalfun Júnior

Orientador

Prof. Dr. Antônio Paulino da Costa Netto

Coorientador

**LAVRAS – MG**

**2016**

**Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca  
Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).**

Lopes, Amanda Moreira.

Respostas fisiológicas em cana-de-açúcar submetida à aplicação  
de piraclostrobina/ Amanda Moreira Lopes. – Lavras : UFLA, 2016.  
68p. : il.

Tese(doutorado)–Universidade Federal de Lavras, 2016.

Orientador: Antonio Chalfun Júnior.

Bibliografia.

1. *Saccharum* spp.. 2. Trocas gasosas. 3. Produtividade. 4.  
Estrobinurina. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

**AMANDA MOREIRA LOPES**

**RESPOSTAS FISIOLÓGICAS EM CANA-DE-AÇÚCAR SUBMETIDA À  
APLICAÇÃO DE PIRACLOSTROBINA**

**PHYSIOLOGICAL RESPONSES IN SUGARCANE SUBMITTED  
PYRACLOSTROBIN APPLICATION**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fisiologia Vegetal, área de concentração em Fisiologia Vegetal, para a obtenção do título de Doutora.

APROVADA em 23 de fevereiro de 2016.

Professor Dr. Durval Dourado Neto ESALQ

Professor Dr. Joao Domingos Rodrigues UNESP

Professor Dr. Marcelo Angelo Cirillo UFLA

Professor Dr. Adriano Teodoro Bruzi UFLA

Prof. Dr. Antonio Chalfun Júnior  
Orientador

**LAVRAS – MG**

**2016**

Ao meu herói, meu exemplo de vida e pessoa, meu melhor amigo e agora meu  
anjo da guarda, meu pai (*In memorium*)!

**Dedico**

À minha mãe e minha irmã

**Ofereço**

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente, a Deus, que me deu força em todos os momentos desta longa jornada; e por colocar pessoas mais que especiais na minha vida.

Aos meus pais, Antonio Carlos Serra Lopes (*In memorium*) e Silvia Regina Moreira Lopes, por todo apoio ao longo de toda a minha vida, pela confiança, pela amizade, pelos ensinamentos, pelo amor incondicional e por todo esforço feito, ao longo dos anos, para dar o melhor para mim e minha irmã! Esta conquista é nossa! Amo vocês!!

À minha irmã Fernanda, por todo amor, amizade, pelos conselhos, por todo auxílio, ao longo desta jornada, sem palavras para agradecer. Por estar sempre perto mesmo a longa distância! Esta conquista, também, é sua! Te amo!!

À Universidade Federal de Lavras (UFLA) pela oportunidade concedida para a realização deste doutorado.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão de bolsa de doutorado e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) pela oportunidade de bolsa de doutorado sanduíche e de conhecer país.

À empresa BASF pelo material disponibilizado, tornando possível o desenvolvimento deste trabalho, como também a toda equipe envolvida neste projeto.

Aos professores do curso de Pós-Graduação em Agronomia/Fisiologia Vegetal por todos os ensinamentos necessários para a minha formação profissional.

Ao professor Antonio Chalfun Júnior pela orientação, paciência, confiança, amizade, ensinamentos que foram de grande relevância para minhas decisões e pelo apoio em um dos momentos mais difíceis da minha vida.

Aos amigos do Laboratório de Fisiologia Molecular de Plantas por todos os momentos de descontração, companheirismo, apoio nos momentos difíceis e

trabalho vividos em todo esse tempo. Pelas sessões de maceração, ao longo deste projeto, pelos fins de semana, obrigada!

Aos meus queridos amigos Isabel e Pedro Brandão, pelo apoio nos momentos bons e ruins, por serem minha família longe de casa, à Bel pelo companheirismo, ao longo destes quatro anos, desde idas ao hospital a estudos! Muito obrigada, amo vocês!

À Chaiane e Thales, meus amigos, irmãos de coração, que foram meus pilares! Por largarem tudo para me apoiar em um momento difícil! Deus coloca pessoas em nossa vida por um motivo e vocês foram anjos que vieram fazer a diferença em minha vida, uma família longe de casa, uma família por opção! Obrigada pela companhia, pelos almoços, pelos puxões de orelha durante o processo de escrita!! Amo vocês, não tenho palavras para agradecer! Que os momentos bons superem os ruins que vivemos e que sejam os primeiros de uma amizade duradoura!

Às minhas queridas amigas, Barbara e Eunice, por todos os momentos bons que passamos juntas, pelo apoio na hora da necessidade, pelo carinho. Obrigada por tudo, sem palavras para agradecer!!

Às minhas amigas e companheiras de república, Aline, Franciele, Marlucia, Thais e Kiliany, pelo companheirismo, amizade, por estarem presentes em todos os momentos! Vocês estarão sempre em meu coração!

Ao Murilo (Respingo) e Aurora Perez pela amizade, companheirismo em toda as idas ao campo, por passarem o carnaval no canavial avaliando experimento! Sem vocês este trabalho não seria realizado!! Muito obrigada, esta conquista é nossa!

Ao Fernando (Axe) e Vinícius (Trakinas) pela ajuda no plantio deste experimento, muito obrigada!

Ao Anderson Guerra pela ajuda ao longo do desenvolvimento desta tese.



Ao meu amigo e colega Pedro que me ajudou ao longo desta tese, obrigada pela amizade, paciência e companheirismo.

Aos funcionários do setor de Fisiologia Vegetal, Joel e Odorêncio pela ajuda ao longo deste experimento! À Lena (*in memorium*) pelas conversas na cozinha, ombro amigo nas horas em que a saudade de casa bateu!! Obrigada!

Ao professor Justo Olmedo e aos colegas do laboratório de agrobiologia do centro de pesquisa Bioplantas de Cuba por me receberem de braços abertos, pelos ensinamentos não só científicos mas para a vida!!

Ao Centro de pesquisa Bioplantas e à Universidade de Ciego de Avila – UNICA, que me recebeu, durante o doutorado sanduíche, pelas pessoas que conheci neste tempo e pelas oportunidades oferecidas!!

À família Daquinta, minha família cubana, muito obrigada por me receber! Por todos os ensinamentos, companheirismo, aulas de espanhol, viagens, comemorações, preocupação, enfim pelo amor e tempo dispensados não somente a mim, mas a toda minha família!! Amo vocês!!

A todos amigos que fiz e deixei em Cuba, muito obrigada por me ensinarem que a felicidade está nas pequenas alegrias do dia a dia!

Às minhas amigas Gabriela Manzke e Raquel Massot que, mesmo longe, apoiaram-me em todos os momentos, amigas que a faculdade me trouxe para a vida toda!

*“As pessoas tendem a pensar que a felicidade é um golpe de sorte, algo que descerá com o bom tempo se você tiver sorte. Mas a felicidade é o resultado de um esforço pessoal. Você luta por isso, insiste nisso e, às vezes, até mesmo viaja o mundo à procura disso. Você tem que se tornar parte incansável ”.*

*Elizabeth Gilbert*

## RESUMO

Com o aumento de pesquisas por fontes renováveis de energia, as plantas C4 têm ganhado destaque por serem fontes primárias, dentre elas temos a cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.). Esta espécie é de grande importância econômica em decorrência de sua ampla aplicação no setor industrial, mas, principalmente, na produção de etanol. Com o interesse crescente pelo etanol, o investimento em tecnologia de nova geração, para incrementar a produção, tem sido de grande relevância. Portanto, o desenvolvimento de novas tecnologias com o objetivo de aumentar a produtividade é de crucial importância, uma vez que a energia é barata, limpa e renovável. Muitos estudos têm avaliado os possíveis efeitos benéficos de diferentes fungicidas, dentre eles o fungicida piraclostrobina do grupo das estrobilurinas. Estudos relatam que, após a aplicação de estrobilurina, as plantas apresentaram alterações fisiológicas, como folhas mais verdes, com mais clorofila, maior desenvolvimento, aumento da fotossíntese líquida, em virtude da redução da respiração; incremento da assimilação do nitrogênio, por meio do aumento da atividade da enzima redutase do nitrato, provocando melhor balanço hormonal, aumentando os níveis de ácido indolacético (AIA) e o ácido abscísico (ABA) e diminuindo a produção de etileno. Portanto objetivou-se avaliar as respostas fisiológicas em três cultivares de cana-de-açúcar submetidas à aplicação do fungicida à base de piraclostrobina. O experimento foi dividido em dois tratamentos sendo um o controle, sem a aplicação do fungicida, e o outro aplicado, com a aplicação do fungicida piraclostrobina na dose de 1,0 L ha<sup>-1</sup>. As análises de trocas gasosas, biométricas, quantificação de pigmentos fotossintéticos, atividade das enzimas antioxidantes e análises de produtividade foram realizadas nos seguintes tempos: 0,1, 2, 4, 5, 15, 25, 35 e 65 dias após a aplicação do fungicida. As plantas tratadas com fungicida tiveram aumento na taxa fotossintética, a atividade das enzimas antioxidantes foi incrementada com a aplicação do fungicida piraclostrobina e apresentaram um maior teor de massa verde e TCH. Com base nos resultados obtidos, pode-se concluir que a aplicação de piraclostrobina promove um incremento da taxa fotossintética das três cultivares de cana-de-açúcar, ocasionando, assim, o maior acúmulo de biomassa. As plantas tratadas com o fungicida apresentaram maior crescimento que as plantas sem aplicação.

**Palavras-chave:** *Saccharum* spp.. Trocas gasosas. Produtividade. Estrobilurina

## ABSTRACT

With the increased search for renewable energy sources, C4 plants have gained prominence as primary sources, among which is the sugarcane (*Saccharum* spp.). This species is of great economic importance given its wide application in the industrial sector, and especially in the production of ethanol. Considering the increasing interest for ethanol, the investment in new generation technology to increment production have been of great relevance. Therefore, the development of new technologies with the objective of increasing productivity is of paramount importance, given that the energy is cheap, clean and renewable. Many studies have evaluated the possible advantages of different fungicides, among which is the pyraclostrombin, from the strobilurin group. Studies report that, after the application of strobilurin, plants presented physiological changes, such as greener leaves, with more chlorophyll, greater development, increase in liquid photosynthesis, due to the reduction in respiration,; increase of nitrogen assimilation by means of an increase in the activity of enzyme nitrate reductase, causing better hormonal balance, increasing the levels of indolacetic acid (IAA) and abscisic acid (ABA), also decreasing the production of ethanol. We aimed at evaluating the physiological responses of three sugarcane cultivars submitted to the application of the pyraclostrombin-based fungicide. The experiment was divided into two treatments. One was the control, without the application of the fungicide, and the other, applied, with the application of pyraclostrombin fungicide in the dose of 1.0 L ha<sup>-1</sup>. Gas exchange, biometric, quantification of photosynthetic pigments, antioxidant enzyme activities and productivity analyses were performed at the following times: 0, 1, 2, 4, 5, 15, 25, 35 and 65 days after application of the fungicide. The plants treated with fungicide presented increase in photosynthetic rate, the activity of the antioxidant enzymes increased, and presented a higher content of green mass and TCH. Based on the results obtained, we conclude that the application of pyraclostrombin promotes an increment of the photosynthetic rate of all three sugarcane cultivars, causing higher biomass accumulation. The plants treated with the fungicide presented greater growth than the plants without the application.

**Keywords:** *Saccharum* spp.. gas Exchange. Productivity.Strobilurin.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Genealogia da cultivar RB855156 (RIDESA, 2010). .....	25
Figura 2 - Genealogia da cultivar RB867515 (RIDESA, 2010). .....	26
Figura 3 - Genealogia da cultivar RB92579 (RIDESA, 2010). .....	27
Figura 4 - Estrutura química dos princípios ativos do fungicida Opera®; A – estrutura química Piraclostrobina (BRASIL, 2014b) e B – estrutura química Epoxiconazol .....	31
Figura 5 - Pulverizador costal de barra pressurizada com CO <sub>2</sub> munido de ponta modelo teejet-AIRX11002. ....	35
Figura 6 - Taxa fotossintética em três cultivares de cana-de-açúcar submetidas à aplicação de fungicida piraclostrobina em comparação com as plantas controle. ....	41
Figura 7 - Condutância estomática em três cultivares de cana-de-açúcar submetidas à aplicação de fungicida piraclostrobina em comparação com o controle.....	42
Figura 8 - Transpiração em três cultivares de cana-de-açúcar submetidas à aplicação de fungicida piraclostrobina em comparação com o controle.....	42
Figura 9 - Taxa respiratória em três cultivares de cana-de-açúcar submetidas à aplicação de fungicida piraclostrobina em comparação com o controle.....	43
Figura 10 - Altura das plantas de cana-de-açúcar submetidas à aplicação de fungicida piraclostrobina em comparação com o controle.....	44
Figura 11 - Diâmetro do colmo de cana-de-açúcar submetida à aplicação de fungicida piraclostrobina em comparação com o controle. ....	45

Figura 12 - Número de folhas verdes de cana-de-açúcar submetida à aplicação de fungicida piraclostrobina em comparação com o controle.....	46
Figura 13 - Média de altura das plantas de cana-de-açúcar tratadas com fungicida piraclostrobina e controle, no momento da colheita.....	54
Figura 14 - Índice de massa verde das plantas de cana-de-açúcar tratadas com fungicida piraclostrobina e controle. ....	55
Figura 15 - Tonelada de colmo por hectare de cana-de-açúcar tratada com fungicida piraclostrobina e controle. ....	55

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Estrobilurinas sintéticas, relação de quando foi anunciada e iniciou-se a comercialização pelas respectivas companhias. ....	30
Tabela 2 - Teor de clorofila <i>a/b</i> e carotenoides na cultivar RB855156.....	48
Tabela 3 - Teor de clorofila <i>a/b</i> e carotenoides na cultivar RB867515.....	49
Tabela 4 - Teor de clorofila <i>a/b</i> e carotenoides na cultivar RB92579.....	50
Tabela 5 - Atividade das enzimas antioxidantes, SOD, CAT e APX.....	51

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	17
2	REFERENCIAL TEÓRICO.....	20
2.1	Cana-de-açúcar.....	20
2.1.1	Histórico.....	20
2.1.2	Importância econômica.....	20
2.1.3	Fisiologia da cana-de-açúcar.....	21
2.1.4	Importância da escolha das cultivares.....	24
2.1.4.1	Cultivar RB855156.....	24
2.1.4.2	Cultivar RB867515.....	26
2.1.4.3	Cultivar RB92579.....	27
2.2	Fungicida.....	28
2.2.1	Grupo das estrobilurinas.....	29
2.2.1.1	Fungicida Piraclostrobina.....	30
2.2.1.2	Piraclostrobina comercial.....	31
3	MATERIAL E MÉTODOS.....	34
3.1	Local do experimento.....	34
3.2	Material vegetal.....	34
3.3	Plantio.....	34
3.4	Delineamento experimental.....	34
3.5	Aplicação do fungicida.....	35
3.6	Avaliações.....	35
3.7	Análise de trocas gasosas.....	36
3.8	Enzimas antioxidantes.....	36
3.8.1	Dismutase do superóxido (SOD).....	37
3.8.2	Catalase (CAT).....	37
3.8.3	Peroxidase do ascorbato (APX).....	37
3.9	Avaliações Biométricas.....	38
3.10	Quantificação de clorofila e carotenoides.....	38
3.11	Avaliações realizadas na colheita.....	38
3.12	Análise dos dados.....	39
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	40
5	CONCLUSÕES.....	56
6	PERSPECTIVAS FUTURAS.....	57
	REFERÊNCIAS.....	58





## 1 INTRODUÇÃO

A utilização da bioenergia, como uma alternativa promissora para a mitigação dos efeitos das mudanças climáticas, tem recebido um grande incentivo de órgãos governamentais e não governamentais para a redução da emissão de CO<sub>2</sub> em todo o mundo. A substituição do uso de energia de origem fóssil e de outros recursos não renováveis pela utilização da bioenergia traz diversas vantagens tanto econômicas como ambientais (NOGUEIRA; LORA, 2003; THEODORO, 2011).

Com o aumento de pesquisas por fontes renováveis de energia, as plantas C4 têm estado em destaque por serem fontes primárias, dentre elas algumas possuem maior potencial para serem fontes de bioenergia como, por exemplo: o álamo (*Populus* spp.), o salgueiro (*Salix* spp.), o eucalipto (*Eucaliptus* spp.), o milho (*Zea mays*) e a cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.) (SOUZA, 2011). A bioenergia pode ser utilizada tanto para a geração de energia elétrica como para a produção de combustível líquido (KARP; SHIELD, 2008).

Com o início da crise mundial de energia e o Brasil sendo um dos maiores consumidores de energia, têm sido realizadas, desde a década de 70, políticas de incentivo à produção e consumo de bioetanol e muita atenção tem sido dispensada para espécies pioneiras na produção dessa energia, como a cana-de-açúcar (UNITED STATES ENERGY INFORMATION ADMINISTRATION - EIA, 2013).

A cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.) é de grande importância econômica devido à sua ampla aplicação no setor industrial, mas principalmente na produção de etanol (FULTON, 2007). Por ser uma espécie altamente produtiva, em regiões de clima tropical e subtropical, está sujeita às mais diversas condições ambientais, o que pode afetar o seu crescimento e desenvolvimento, justificando o aumento dos estudos sobre a fisiologia dessa planta (INMAN-BAMBER; SMITH, 2005; MESCHEDE et al., 2011).

Este gênero *Saccharum* spp. tem se mostrado como uma das principais fontes de energia renovável e, com o interesse crescente pelo bioetanol, o investimento em tecnologia de nova geração, para incrementar a produção, tem sido de grande relevância. Portanto, o desenvolvimento de novas tecnologias com esse objetivo é de crucial importância, uma vez que a energia é barata, limpa e renovável (MESCHEDE et al., 2011; REGALADO, 2010).

Diversos trabalhos, datados da última década, têm avaliado os possíveis efeitos benéficos de diferentes fungicidas sobre as plantas, dentre eles o do grupo das estrobilurinas. Este foi o estopim para este processo, pois este grupo apresenta influências visíveis no desempenho fisiológico da planta, principalmente, relacionado com o aumento de produtividade (PINTO, 2010).

Estudos relataram que, após a aplicação de estrobilurina, as plantas apresentaram alterações fisiológicas, como folhas mais verdes, com mais clorofila e maior desenvolvimento (BADISCHE ANILIN & SODA FABRIK - BASF, 2005); aumento da fotossíntese líquida, devido à redução da respiração; incremento da assimilação do nitrogênio por meio do aumento da atividade da enzima redutase do nitrato, provocando melhor balanço hormonal, aumentando os níveis de ácido indolacético (AIA) e o ácido abscísico (ABA) e diminuindo a produção de etileno (GLAAB; KAISER, 1999; GROSSMANN; RETZLAFF, 1997; RODRIGUES, 2009; SOARES et al., 2011; VENANCIO et al., 2003; YPEMA; GOLD, 1999).

Dentro deste grupo, destaca-se a piraclostrobina, que apresenta longa duração, amplo espectro de ação e potente atividade fungicida, que são as principais características que permitem com que o produto contribua para altos rendimentos. Além disso, apresenta efeitos positivos e adicionais ao rendimento da cultura devido à sua atuação sobre a fisiologia da planta (BASF, 2005; KOZLOWSKI et al., 2009). Os “efeitos fisiológicos” desta molécula foram observados sob diversos níveis de complexidade, desde o efeito verdejante

(*greening*), influência na regulação hormonal, assimilação de carbono e nitrogênio, retardo na senescência, diminuição do estresse oxidativo em plantas e indução de resistência a vírus (VENÂNCIO et al., 2003).

A piraclostrobina por ser um fungicida à base de estrobilurina e afeta as variáveis fenométricas, fisiológicas e bioquímicas das culturas (FAGAN et al., 2010), no entanto, pouco se pontua sobre o efeito das estrobilurinas na cultura de cana-de-açúcar.

Objetivou-se, com este trabalho, avaliar as respostas fisiológicas em três cultivares de cana-de-açúcar submetidas à aplicação do fungicida à base de piraclostrobina (produto comercial Opera<sup>®</sup>).

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1 Cana-de-açúcar**

#### **2.1.1 Histórico**

A cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.) é originária do Sudeste Asiático e teve como centro de origem a região leste da Indonésia e Nova Guiné (DANIELS;ROACH, 1987) e, ao longo de muitos séculos, disseminou-se para várias ilhas do sul do Oceano Pacífico, tornando-se uma planta produtora de açúcar na Índia. Os persas foram os primeiros a desenvolver técnicas de produção de açúcar estabelecendo as rotas do açúcar entre os países da Ásia e da África (DELGADO; CESAR, 1977).

No Brasil, a cana-de-açúcar foi trazida pelos portugueses, por volta de 1533, sendo considerada a primeira atividade agrícola do país, que logo se tornou o maior produtor de açúcar do mundo (DOOREMBOS; KASSAM, 1979; RODRIGUES, 2009).

#### **2.1.2 Importância econômica**

Desde os tempos do Brasil colônia, a cultura da cana-de-açúcar tem sido uma grande fonte de riqueza para a economia brasileira e a cultura se estabeleceu de forma definitiva nas regiões Centro-Sul e Nordeste do país (CARVALHO; ANDRADE, 1993).

No país, esta cultura aparece em destaque, para a produção de bioetanol, além de ser uma planta adaptada ao clima tropical, o Brasil possui vasta experiência em produzir bioetanol desta planta (CORTEZ, 2010).

Segundo levantamentos realizados pela Companhia Nacional de Abastecimento - CONAB (2015), a lavoura de cana-de-açúcar continua em

expansão no Brasil. As áreas em produção continuam com progressivo aumento nos estados da região Centro-Sul e, no Paraná, na região Sul do país.

A área cultivada com cana-de-açúcar que será destinada à atividade sucroalcooleira, na safra de 2015/2016, está estimada em 8.954,8 mil hectares distribuídas em todos os estados produtores, conforme suas características, acarretando em um crescimento de 3,4% em relação à safra passada (CONAB, 2015).

O maior produtor é o estado de São Paulo com 51,8% (4.648,2 mil hectares), seguido por Goiás com 10,1% (908 mil hectares), Minas Gerais com 8% (715,3 mil hectares), Mato Grosso do Sul com 8% (713,7 mil hectares), Paraná com 6,8% (613,4 mil hectares), Alagoas com 4,2% (380,3 mil hectares), Pernambuco com 3,1% (273,4 mil hectares) e Mato Grosso com 2,6% (230,3 mil hectares). Nos demais estados produtores, as áreas são menores, com representações abaixo de 1,4%, enquanto estes oito estados são responsáveis por 94,6% (CONAB, 2015).

### **2.1.3 Fisiologia da cana-de-açúcar**

A cana-de-açúcar é uma planta alógama pertencente à família Gramineae (Poaceae) do gênero *Saccharum*; este gênero é caracterizado pela sua complexidade, pois todos os representantes dessas espécies são poliploides. O genoma das cultivares modernas corresponde a híbridos que apresentam de 70 a 120 cromossomos (MING et al., 2001). Essa poliploidia é decorrente de cruzamentos interespecíficos derivados de *S. officinarum*, *S. sinense*, *S. barbieri*, *S. spontaneum*, *S. robustum* e *S. edule* (GUPTA et al., 2010), mas sendo essencialmente de cruzamentos envolvendo *S. officinarum* com *S. spontaneum* (BUTTERFIELD; D'HONT; BERDING, 2001; CONTESOTTO et al., 2001). Verifica-se que grande parte dos cromossomos foi herdada de *S. officinarum*, enquanto 10% a 25% foram herdados da *S. spontaneum* (D'HONT et al., 1998).

Este gênero pertence ao grupo das monocotiledôneas que apresentam metabolismo fotossintético de plantas C4. As plantas se desenvolvem em touceiras, podendo chegar a três metros de altura, apresentam caule tipo colmo, segmentado em nós (regiões meristemáticas onde pode ocorrer o enraizamento) e entrenós visíveis, onde ocorre o armazenamento de sacarose. As folhas apresentam-se de forma lanceolada que partem dos nós, são longas, simples, alternadas e possuem nervura central (CASAGRANDE, 1991; RODRIGUES, 2009).

Durante a fase reprodutiva, ocorre a formação de uma panícula aberta, chamada bandeira ou flecha, constituída de flores completas, pequenas e hermafroditas que produzem cariopses com formato elíptico e alongado. Embora possua flores férteis, sua propagação ocorre de forma vegetativa, por meio das brotações das gemas presentes nos colmos (CASAGRANDE, 1991; MOZAMBANI et al., 2006; PARANHOS, 1987).

A fase vegetativa da cana-de-açúcar é altamente dependente de variações nas condições climáticas, exercendo grande influência sobre o desenvolvimento fenológico da cultura. Portanto é necessário um clima quente e úmido e disponibilidade de água, para proporcionar a germinação, o perfilhamento e o desenvolvimento vegetativo; e, seguidamente, um clima frio e seco, para promover a maturação e, assim, favorecer o acúmulo de sacarose nos colmos (INMAN-BAMBER; SIMTH, 2005; SILVA; ARANTES; PINCELLI, 2010).

O colmo é o órgão responsável pelo acúmulo de sacarose na cana-de-açúcar, é constituído de nós e entrenós (PARANHOS, 1987). Entrenós em diferentes estádios fisiológicos podem se encontrar em um mesmo colmo, entrenós imaturos, em maturação e entrenós maduros. À medida que estes entrenós se desenvolvem, a taxa de crescimento diminui ocorrendo diminuição do conteúdo de água e o armazenamento de sacarose (MACHADO, 1987).

A transição do crescimento vegetativo para o reprodutivo é um evento de grande importância para o desenvolvimento de plantas superiores. Assim sendo, a cana-de-açúcar, como as demais gramíneas da família Poaceae, florescem, frutificam e morrem, garantindo a perpetuação da espécie (ARALDI; ORIKA; RODRIGUES, 2010).

O florescimento na cana-de-açúcar se mostra um processo complexo controlado por diversos fatores externos e internos. Os principais fatores externos são: fotoperíodo, temperatura, umidade e radiação solar e os internos: fitocromo, hormônios, florígeno e ácidos nucleicos (ARALDI; ORIKA; RODRIGUES, 2010; CASTRO, 2001; COELHO et al., 2013; GLASSOP; RAE; BONNETT, 2014). Pode a interação desses fatores aumentar, manter ou, ainda, prevenir a transição da fase vegetativa para a fase reprodutiva. Outro fator que deve ser altamente considerado é a escolha da cultivar a ser plantada, levando em consideração a região do país mais propícia ao seu desenvolvimento (ERNANDES, 2005).

A transição para a fase reprodutiva leva à translocação de parte do açúcar para a inflorescência em desenvolvimento, o que ocasiona o decréscimo da quantidade de sacarose nos colmos, conseqüentemente, reduzindo o rendimento da produção de açúcar e etanol (BERDING; HUNEY, 2005).

Atualmente, as alternativas utilizadas para evitar o florescimento da cultura são: o melhoramento genético e o uso de maturadores (ARALDI; ORIKA; RODRIGUES, 2010). O melhoramento genético é uma das principais ferramentas que podem contribuir com esse aumento de produtividade, desenvolvendo cultivares mais adaptadas às condições adversas. Portanto, a existência de uma vasta quantidade de cultivares é considerada uma vantagem para o produtor e para a economia (MARIN, 2014).



#### **2.1.4 Importância da escolha das cultivares**

A escolha da cultivar a ser plantada, em uma determinada região, é um ponto que merece grande atenção, não somente por sua importância econômica, mas também por sua fisiologia ser afetada diretamente pelos fatores externos (ERNANDES, 2005), é de grande relevância constatar que a cultivar melhorada de cana-de-açúcar é a tecnologia que mais tem contribuído na elevação de produtividade, com menor custo (RIDESA,2010).

As cultivares são híbridos obtidos por meio de um cuidadoso e criterioso trabalho de seleção e melhoramento genético entre as cultivares conhecidas, fazendo com que características desejáveis para regiões e situações específicas sejam agrupadas através do cruzamento (MARTINS, 2004).

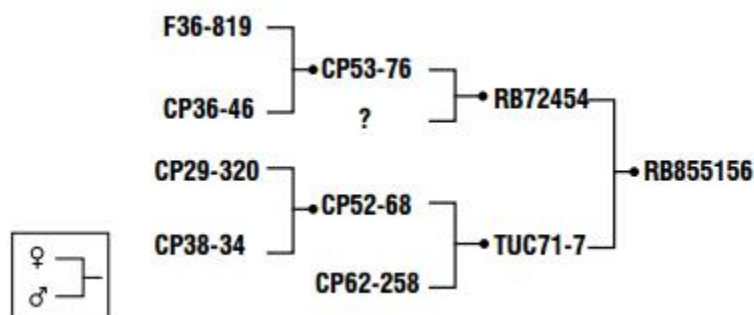
Dentre as características desejáveis dessas cultivares, citam-se as agrônômicas como produtividade, rusticidade, resistência a pragas e doenças, além de características industriais de interesse como alto teor de sacarose e médio teor de fibra (STUPIELLO, 1987). As cultivares de cana são classificadas em precoce, média e tardia, baseando-se no seu estágio de maturação, facilitando, assim, a escolha da cultivar para determinadas regiões e o cultivo em tempo apropriado para aumentar sua produção de açúcar (NETAFIM, 2014). Visto que as cultivares são responsáveis pelo fornecimento de matéria-prima para a indústria, os colmos têm que estar em adequado estado de maturação (MATSUOKA, 2000).

##### **2.1.4.1 Cultivar RB855156**

A RB855156 é uma cultivar, para início de safra, sendo caracterizada como uma cultivar precoce. A precocidade é uma característica que o melhoramento genético busca, pois, nesse período, há uma escassez de matéria-prima com alta riqueza de sacarose (RIDESA, 2010).

Essa cultivar é resultado de um cruzamento biparental, sendo seu genitor a cultivar RB72454, fecundada com pólen da cultivar Tuc71-7 (FIGURA 1).

Figura 1 - Genealogia da cultivar RB855156 (RIDESA, 2010).



Essa cultivar apresenta um palmito de tamanho regular, capitel fechado, com folhas de largura média, longas e arqueadas no terço superior, verde opacas, com bastante joçal na bainha que, no entanto, são decíduas e não muito agressivas; a bainha é de coloração verde, sem cerca e com borda estreita de cor marrom; possui aurícula em forma de lança, comprida e bem evidente (cor de palha); o *dewlap*, também, destaca-se por ser de cor escura. Os colmos têm crescimento ereto, diâmetro médio a fino, com internódios dispostos em leve zig-zag, cilíndricos, de tamanho médio, de cor verde-clara, com tendência a apresentarem rachaduras, e pouca cera, que, porém, é evidente na região abaixo do nó; o anel de crescimento é de cor creme e pouco saliente. A gema é romboide e arredondada, tamanho médio, sem almofada, e o seu topo não atinge o anel de crescimento; não ocorre a canaleta da gema (RIDESA, 2010).

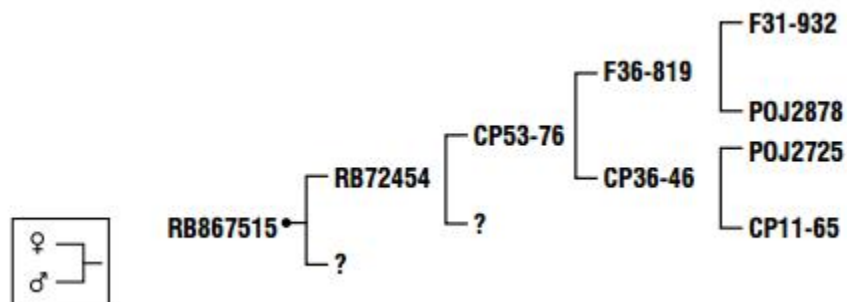
A RB855156 é uma cultivar que apresenta perfilhamento regular em cana-planta e muito boa em soca. Em decorrência de sua caracterização ser precoce, é uma cultivar propensa ao florescimento, portanto sua colheita é recomendada para ser realizada no início da safra. Quanto à suscetibilidade a

doenças, nenhum cuidado especial é requerido, por ser bastante resistente às principais doenças como carvão, escaldadura-das-folhas, estrias vermelhas, ferrugem marrom e mosaico (RIDESA, 2010).

#### 2.1.4.2 Cultivar RB867515

A cultivar RB867515 é resultado de um policruzamento, sendo seu genitor a RB72454, fecundada com pólen de diversas outras cultivares, ao acaso, de modo que não se pode especificar qual foi a variedade “pai” (Figura 2) (RIDESA, 2010).

Figura 2 - Genealogia da cultivar RB867515 (RIDESA, 2010).



Esta cultivar apresenta hábito de crescimento ereto e despalha fácil, seu perfilhamento é médio, com colmos de diâmetro médio e alta uniformidade. Os colmos possuem entrenós cilíndricos, de cor verde arroxeado sob a palha e roxo intenso quando expostos ao sol. Apresentam pouca rachadura e suave zig-zag. O aspecto é liso e com pouca cerra. A zona radicular é de largura média, sem enraizamento aéreo. As gemas são de tamanho médio do tipo pentagonal, pouco proeminente ultrapassando o anel de crescimento e com poro germinativo apical. A almofada é de largura estreita e deprimida (RIDESA, 2010).

Possuem boa capacidade de brotação mesmo em plantio tardio sob baixas temperaturas, em cana planta, no plantio de ano e meio, ocorrendo

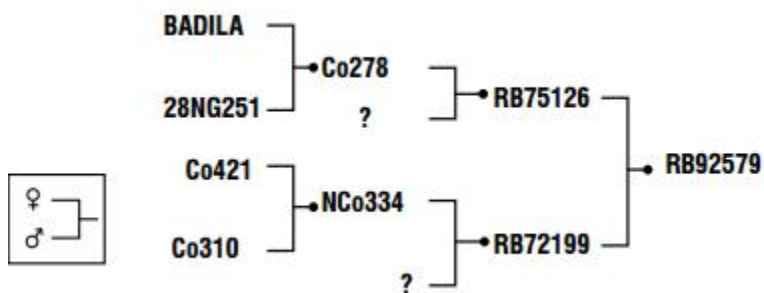
tombamento ao final do ciclo em virtude do crescimento vigoroso. O florescimento pode ocorrer, o qual não compromete a produção em função do crescimento expressivo. Seu teor de fibra é considerado relativamente alto com média 13% nos ensaios colhidos (RIDESA, 2010).

#### 2.1.4.3 Cultivar RB92579

A RB92579 é uma cultivar de excelente produtividade agrícola, ótimo perfilhamento, bom fechamento da entrelinha, ótima brotação da cana soca, garantindo longevidade dos canaviais; porte semiereto, boa recuperação após períodos de seca; altamente responsiva à irrigação e muito eficiente no uso da água; alta eficiência no uso dos principais nutrientes; ótimo teor de sacarose, maturação média recomendada para colheita do meio para o final de safra; florescimento baixo; tolerante em relação ao ataque da broca comum, resistente à ferrugem marrom e escaldadura das folhas e moderadamente resistente ao carvão (RIDESA, 2010).

A cultivar RB92579 resultou de um cruzamento biparental, tendo a cultivar genitora RB75126, fecundada com pólen da cultivar RB72199 (FIGURA 3).

Figura 3 - Genealogia da cultivar RB92579 (RIDESA, 2010).



Possui hábitos de crescimento ereto, arquitetura foliar com pontas curvas, copa de volume regular e tonalidade intermediária, folhas de limbo largo e fraco serrilhamento do bordo, difícil despalha, palmito curto de seção circular de cor verde-roxa e fraca presença de cera, entrenós cilíndricos de comprimento e diâmetro médios de aspecto manchado com pouca cera, de cor roxa ao sol e amarelo-verde sob a palha e gema do tipo triangular (RIDESA, 2010).

A brotação e o perfilhamento são considerados ótimos tanto na planta como na soca, proporcionando ótimo fechamento de entrelinhas. Floresce pouco e possui velocidade lenta de crescimento. Alta produtividade agrícola nas quatro primeiras folhas. Alto teor de açúcares totais recuperáveis (ATR), maturação média (outubro a janeiro), longo PUI (período de utilização industrial) e médio teor de fibra. Amplas épocas de plantio (julho a janeiro), sem restrição a ambientes para produção. Tolerante à seca e a herbicidas. É uma cultivar resistente à ferrugem marrom e ao carvão, tolerante à cigarrinha da folha. Resistência intermediária à escaldadura das folhas e à podridão vermelha. Ausência de amarelinho (RIDESA, 2010).

## **2.2 Fungicida**

Os fungicidas até alguns anos visavam apenas ao controle de patógenos, como foco exclusivo na redução do inóculo (VENANCIO et al., 2003).

Dentre os fungicidas temos uma classe determinada fungicidas sistêmicos, assim classificados em consequência de sua capacidade de penetração e translocação dentro da planta. As principais ações dessa classe seriam a proteção e imunização da planta que é submetida ao tratamento com o fungicida (FERNANDES; PICININI, 2002). Independente da forma como o fungicida é aplicado e se esta planta está ou não apresentando infestação do patógeno, o fungicida pode ou não vir afetar a fisiologia desta planta, bem como a produção desta cultura (FERNANDES; PICININI, 1999).

Ao longo dos anos, as empresas de agroquímicos vêm buscando inovações na área de proteção de plantas; dentre estas inovações registradas nos últimos anos, a de maior relevância foi um novo grupo químico, as estrobilurinas (AZEVEDO et al., 2003).

### **2.2.1 Grupo das estrobilurinas**

No início da década de 80, foi isolada e denominada a estrobilurina A, que foi obtida a partir de um fungo *Strobilurustenacellus* encontrado em cones de *Pinus*, observou-se que esse produzia uma substância que inibia o crescimento de outros fungos, e pertencia ao grupo  $\beta$ - methoxyacrilatos (BARLETT et al., 2001; KOLE et al., 1994).

Até então os fungicidas tinham como foco o controle de fitopatógenos visando, exclusivamente, à redução do inóculo. A partir do lançamento das estrobilurinas, o conceito de controle ganhou novas perspectivas, principalmente, considerando as vantagens obtidas pela ação de efeitos fisiológicos positivos desta substância sobre a planta (VENANCIO et al., 2003).

No ano de 1992, as primeiras estrobilurinas sintéticas foram patenteadas pela ICI (atualmente faz parte da Syngenta) e pela BASF, a azoxistrobina e o kresoxim-methyl, respectivamente, sendo comercializadas somente em 1996, especificamente para controle de doenças em cereais na época (BARLETT et al., 2001; BARLETT et al., 2002). Posteriormente outros fungicidas foram lançados (TABELA 1).

Tabela 1 - Estrobilurinas sintéticas, relação de quando foi anunciada e iniciou-se a comercialização pelas respectivas companhias.

<b>Fungicida</b>	<b>Companhia</b>	<b>Anunciado</b>	<b>Comercialização</b>
Azoxistrobina	Syngenta	1992	1996
Kerosexim- methyl	BASF	1992	1996
Metominostrobin	Shionogi	1993	1999
Trifloxistrobina	Bayer	1998	1999
Picoxistrobina	Syngenta	2000	2002
Piraclostrobina	BASF	2000	2002
Famoxadone	DuPont	1996	1997
Fenamidone	Aventis	1998	2001

Fonte: Adaptado de Bartlett et al. (2002).

Estudos para avaliar o efeito benéfico das estrobilurinas têm sido desenvolvidos desde o final da década de 90 (GERHARD; HABERMEYER; ZINKERNAGEL, 1998) e cada vez se tornam mais intensos em razão de algumas evidências que mostraram que este grupo pode influenciar diretamente processos fisiológicos de plantas não infectadas por fungos, caracterizando esta propriedade como efeito aditivo ou efeito fisiológico positivo (JABS, 2004; HERSHMAN et al., 2004; LIMA; MORAES; SILVA, 2012; MICHAEL, 2002; TOFOLI, 2002; VENANCIO et al., 2004).

#### **2.2.1.1 Fungicida Piraclostrobina**

A piraclostrobina é um fungicida do grupo das estrobilurinas, apresentando efeitos fisiológicos sobre as plantas (KÖEHLE et al., 2003); esta molécula atua inibindo a respiração mitocondrial pelo bloqueio da transferência de elétrons do complexo III (complexo bc1) da cadeia transportadora de elétrons na mitocôndria (AMMERMANN et al., 2000; BARTLETT et al., 2002; PARREIRA; NEVES; ZAMBOLIM, 2010; VENANCIO et al., 2003).

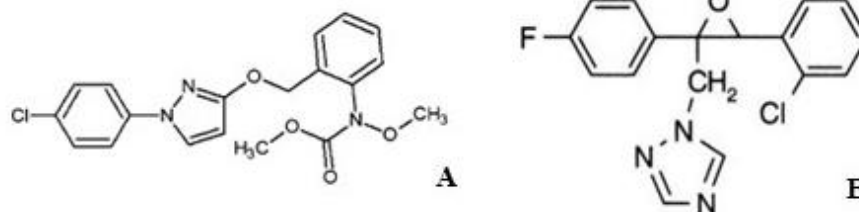
Pelo fato da planta absorver certa quantidade do fungicida aplicado, mudanças no metabolismo e crescimento da planta podem ocorrer, sem ter relação com a defesa da planta contra o ataque de fungos (LIMA; MORAES; SILVA, 2012).

Além da ação fungicida, as moléculas de piraclostrobina atuam de forma positiva sobre a fisiologia da planta (TOFOLI, 2002). Os “efeitos fisiológicos” desta molécula foram revisados sob diversos níveis de complexidade, desde o efeito verdejante (*stay green*), influência na regulação hormonal, assimilação de carbono e nitrogênio, retardo na senescência, estresse oxidativo em plantas e indução de resistência a vírus (VENÂNCIO et al., 2003).

#### 2.2.1.2 Piraclostrobina comercial

Um dos produtos que se encontra no mercado é o fungicida Opera<sup>®</sup>, que é comercializado pela empresa BASF. Em sua composição apresenta dois ingredientes ativos, a Piraclostrobina (estrobilurina) (Figura 4A) e o Epoxiconazol (triazol) (Figura 4B); e ingredientes inertes, sendo caracterizado como um fungicida de ação sistêmica (BASF, 2015).

Figura 4 - Estrutura química dos princípios ativos do fungicida Opera<sup>®</sup>; A – estrutura química Piraclostrobina (BRASIL, 2014b) e B – estrutura química Epoxiconazol



Fonte: (BRASIL, 2014a).



A composição do Opera é de 13,3% do princípio ativo piraclostrobina, 5% do epoxiconazol e 87,9% são de componentes inertes (BASF, 2015).

Em experimentos de campo com cereais onde se utilizou o fungicida piraclostrobina foi observado um aumento significativo na produtividade, sendo esse superior àquelas que utilizam fungicidas convencionais (KÖHLE et al., 2002); em estudos que avaliaram os aspectos fisiológicos sobre plantas de cevada e trigo houve um incremento, nos rendimentos de grãos, um aumento na taxa fotossintética (MICHAEL, 2002).

Fagan (2007) constatou em estudos com soja que: 1) o uso da piraclostrobina altera a atividade fisiológica das plantas e ocasiona acréscimo na produtividade de grãos; 2) em uma das variedades utilizadas, a piraclostrobina incrementa a taxa fotossintética, a atividade da enzima nitrato redutase e diminui a taxa respiratória; 3) no que se refere à curva de resposta do produto, a aplicação da piraclostrobina aumenta a taxa fotossintética e a atividade da nitrato redutase até sete dias após a aplicação (DAA), como valores máximos aos sete DAA para a fotossíntese e, no dia da aplicação para atividade da enzima nitrato redutase, enquanto para a transpiração ocorre em até três DAA.

Na cultura de trigo foi constatado que a aplicação de piraclostrobina ocasiona aumentos na atividade da nitrato redutase (NR) (KAISER; BRENDLE-BEHNISCH, 1995), diminuição na síntese de etileno (GROSSMANN; RETZLAFF, 1997); ainda incrementa a taxa fotossintética e diminui a respiração celular (BRYSON; LEANDRO; JONES, 2000), seu efeito, ainda, está relacionado com a maior tolerância da planta a estresses abióticos devido à sua ação no metabolismo do ácido abscísico e de enzimas antioxidantes (GROSSMANN; KWIATKOWSKI; CASPAR, 1999); com o aumento da atividade da nitrato redutase, aumenta a síntese orgânica, rubisco, clorofila e hormônios, assim, promovendo o aumento da capacidade fotossintética das plantas (JADOSKI, 2012).

A longa duração da ação da piraclostrobina e seu amplo espectro de ação e sua fungitoxidade potente são as principais características biológicas que permitem que o produto contribua para altos rendimentos, além disso, apresentando efeitos positivos adicionais sobre o rendimento por sua atuação sobre a fisiologia das plantas, sendo este comportamento associado ao modo de ação do mesmo (BASF, 2005).

### **3 MATERIAL E MÉTODOS**

#### **3.1 Local do experimento**

O experimento foi conduzido no Centro de Desenvolvimento Científico e Tecnológico em Agropecuária da Universidade Federal de Lavras-UFLA - Fazenda Muquém, no município de Lavras-MG, latitude 21.198551° sul e longitude 44.982641 a 940 metros de altitude, no período compreendido entre 2013/2014.

#### **3.2 Material vegetal**

O experimento foi composto por três cultivares de cana-de-açúcar sendo elas RB855156, RB867515 e RB92579.

#### **3.3 Plantio**

O plantio das três cultivares foi realizado, em maio de 2013, a área experimental foi preparada com sulcos de 0,5 metros de profundidade e linhas com espaçamento de 1,5 metros, sendo 10 metros lineares para cada cultivar em cada bloco para cada tratamento.

A área foi monitorada, ao longo de todo o período, no qual o experimento foi realizado, sendo efetuada manutenção contra plantas daninhas de forma mecânica, para que não houvesse danos ou influência com a aplicação de herbicidas a estas plantas.

#### **3.4 Delineamento experimental**

A área experimental foi dividida em dois tratamentos sendo um o controle, sem a aplicação do fungicida, e o outro com a aplicação do fungicida Opera<sup>®</sup> como fonte de Piraclostrobina na dose de 1,0 L ha<sup>-1</sup> como o indicado pela fabricante (BASF) para esta cultura.

O experimento foi conduzido, em blocos casualizados (DBC), em arranjo de parcelas subdivididas, sendo analisado, nas parcelas, o tratamento

(aplicação e não aplicação do fungicida)e, nas subparcelas,os tempos de análise (0, 1, 2, 4, 5, 15, 25, 35 e 65 DAA), com 3 repetições para cada cultivar utilizada.

### 3.5 Aplicação do fungicida

A aplicação do fungicida Opera® foi realizada, nove meses após o plantio, utilizando um pulverizador costal de barra pressurizada com CO<sub>2</sub>, munido de ponta modelo teejet-AIRX11002, com espaço entre os bicos de 0,5 metros,à pressão de 2 bar (Figura 5). O volume de calda utilizado foi proporcional a150 litros por hectare, sendo utilizado 1 litro de fungicida, e as plantas controle foram pulverizadas com água na mesma proporção do volume da calda.

Figura 5 - Pulverizador costal de barra pressurizada com CO<sub>2</sub> munido de ponta modelo teejet-AIRX11002.



### 3.6 Avaliações

As avaliações de trocas gasosas foram realizadas, em diferentes tempos, 0, 1, 2, 4, 5, 15, 25, 35 e 65 dias após a aplicação (DAA) do fungicida.

Para as análises enzimáticas, teor de clorofila e carotenoides, análises biométricas as avaliações foram realizadas nos tempos de 0, 5, 15, 25, 35 e 65 DAA.

E, para as variáveis de colheita, as avaliações foram realizadas em tempos diferentes para cada cultivar de acordo com a sua maturação. Para a cultivar RB855156, a colheita foi realizada, em maio de 2015, por esta ser uma cultivar denominada precoce; a colheita da cultivar RB92579 foi realizada, em julho de 2015 e da cultivar RB867515 em setembro de 2015.

### **3.7 Análise de trocas gasosas**

Estas foram analisadas, por meio de um sistema aberto portátil de trocas gasosas, IRGA (*Infra Red Gas Analyzer*), modelo LI-6400 (Li-cor®), sempre nas folhas +3, completamente expandidas. As avaliações consideradas foram: taxa fotossintética líquida (A), condutância estomática (gs) e transpiração (E), realizadas entre 9 h e 11 horas (horário solar), foi aplicada uma saturação artificial de fótons ( $1500\mu\text{mol.m}^{-2}\text{s}^{-1}$ , a qual foi determinada por uma curva de luz realizada previamente) a uma concentração ambiente de  $\text{CO}_2$ . Também foram realizadas leituras noturnas entre o período das 21 h e 23 horas, para avaliação da taxa respiratória.

### **3.8 Enzimas antioxidantes**

O extrato enzimático foi obtido pela maceração em nitrogênio líquido de 50 mg de material fresco, aos quais foram adicionados 1,5mL do tampão de extração, contendo tampão fosfato de potássio 400mM (pH 7,8), EDTA 10mM, ácido ascórbico 200mM e água. O extrato foi centrifugado a 13.000g por 10 minutos a 4°C e o sobrenadante foi coletado e armazenado a -20°C durante o período das análises. Os sobrenadantes coletados foram utilizados para as análises enzimáticas da dismutase do superóxido (SOD), catalase (CAT) e peroxidase do ascorbato (APX) (BIEMELT; KEETMAN; ALBRECHT, 1998).

### 3.8.1 Dismutase do superóxido (SOD)

A atividade da SOD foi avaliada pela capacidade da enzima em inibir a fotorredução do azul de nitrotetrazólio (NBT) (GIANNOPOLITIS; RIES, 1977), em um meio de incubação composto por fosfato de potássio 100mM, pH 7,8, metionina 70mM, EDTA 10 $\mu$ M, NBT 1mM, riboflavina 0,2mM e água. Os tubos com o meio de reação e 10 $\mu$ L de amostra foram iluminados, por 7 minutos, com uma lâmpada fluorescente de 20W. Para o controle, o mesmo meio de reação, contendo água no lugar da amostra, foi iluminado. As leituras foram realizadas a 560nm e o cálculo da enzima foi feito com a seguinte equação:

$$\% \text{ DE INIBIÇÃO} = (A_{560} \text{ amostra com extrato enzimático} - A_{560} \text{ controle sem enzima}) / (A_{560} \text{ controle sem enzima})$$

Uma unidade da SOD corresponde à quantidade de enzima capaz de inibir em 50% a fotorredução do NBT nas condições do ensaio.

### 3.8.2 Catalase (CAT)

A atividade da CAT foi avaliada segundo o decréscimo na absorvância de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> a 240nm. O tampão de incubação continha 18 $\mu$ L de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, dissolvidos em tampão fosfato de potássio, 9 $\mu$ L do extrato enzimático e 162 $\mu$ L de tampão fosfato de potássio 50mM (pH 7,8), contendo NaEDTA 0,1mM (MENGUTAY et al., 2013). O coeficiente de extinção molar utilizado foi 36mM<sup>-1</sup> cm<sup>-1</sup>.

### 3.8.3 Peroxidase do ascorbato (APX)

A atividade da APX foi determinada pelo acompanhamento da taxa de oxidação do ascorbato a 290nm, a cada 15 segundos, por 3 minutos. Uma alíquota de 9 $\mu$ L do extrato enzimático foi adicionada a 180 $\mu$ L de tampão de incubação, composto por 90 $\mu$ L de fosfato de potássio 200mM (pH 7,0), 9 $\mu$ L de

ácido ascórbico 10mM, 9 $\mu$ L H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 30mM e 63 $\mu$ L de água para 1 reação (NAKANO;ASADA, 1981). O coeficiente de extinção molar utilizado foi de 2,8mM<sup>-1</sup> cm<sup>-1</sup>.

### **3.9 Avaliações Biométricas**

Para as avaliações biométricas, foram avaliados os seguintes parâmetros: altura das plantas com o auxílio de uma trena, diâmetro dos colmos utilizando-se de um paquímetro digital e a contagem de número de folhas verdes, sendo utilizadas 10 plantas por bloco para cada tratamento e cultivar.

### **3.10 Quantificação de clorofila e carotenoides**

Os teores de clorofila total foram avaliados em extratos obtidos após a maceração de 0,1g de matéria fresca de folhas das porções superiores e inferiores. As amostras foram maceradas em almofariz com 5mL de acetona (80%), sendo o extrato filtrado e o volume completado para 10mL, em sala escura mantida com luz verde. Leituras dos extratos foram realizadas, nos comprimentos de onda de 663 e 645nm, para o cálculo da relação de clorofila *a* e *b*. E, para a quantificação de carotenoides totais, a leitura foi realizada no comprimento de onda de 470nm (ARNON, 1945). Para a quantificação da relação da clorofila *a/b* e carotenoides, foram utilizadas as equações descritas por Lichtenthaler (1987).

### **3.11 Avaliações realizadas na colheita**

Para avaliar a produtividade, cada cultivar foi colhida na sua época de colheita indicada para esta região, sendo a cultivar RB855156 a primeira por ser uma cultivar denominada precoce, maio/2015, posteriormente à RB92579, julho/2015 e à RB867515 em setembro/2015. Nestas datas foram analisadas a altura de plantas.

As avaliações de massa verde e toneladas de colmo por hectare (TCH) foram realizadas com o auxílio de uma balança portátil, o comprimento de plantas foi feito utilizando-se de uma trena e o diâmetro dos colmos foi realizado com auxílio de um paquímetro digital.

A relação de massa verde e TCH, para toneladas por hectare, é feita pela fórmula:

$$\text{Metros lineares em 1 hectare} * \text{kg em 10 metros} / \text{metros da parcela} / 1000$$

### **3.12 Análise dos dados**

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo teste F, ao nível de 5% de probabilidade e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey, também, ao nível de 5% de significância.



#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para todas as análises realizadas, as cultivares foram analisadas de forma independente por apresentarem diferentes períodos de maturação e possuírem desenvolvimento fenológico diferenciado.

Para as análises de trocas gasosas (taxa fotossintética, condutância estomática, transpiração e taxa respiratória), não houve interação significativa entre os tempos avaliados e a aplicação ou não do fungicida.

No entanto, para a taxa fotossintética, houve incremento desta taxa nas três cultivares, quando foram submetidas à aplicação do fungicida, levando em consideração somente os tratamentos e não o tempo de exposição a piraclostrobina. A cultivar RB855156 teve um incremento de, aproximadamente, 13%, a RB867515 de 9% e cultivar RB92579 de 10% quando comparadas às plantas controle (FIGURA 6).

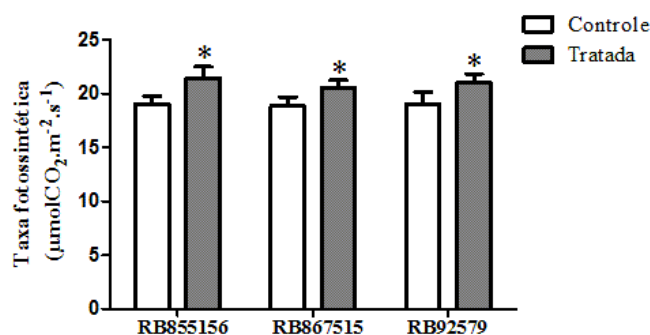
Este incremento da taxa fotossintética poderia ser explicado por uma alteração no ponto de compensação de CO<sub>2</sub>, este incremento poderia ser explicado por uma alteração no ponto de compensação de CO<sub>2</sub>, como visto na literatura (FAGAN et al., 2010; GROSSMANN; RETZLAFF, 1997), no entanto isto é sugerido para plantas C3. A cana por ser uma planta de metabolismo C4, possui mecanismos de concentração de CO<sub>2</sub> nas células do mesofilo, onde o CO<sub>2</sub> é convertido em uma molécula de quatro carbonos, a qual será transportada para as células da bainha do feixe, onde será descarboxilado e incorporado ao ciclo de Calvin-Benson. Portanto o seu ponto de compensação de CO<sub>2</sub> próximo a zero, reflete, assim, seus níveis de fotorrespiração muito baixos (ACOCK; ALLEN JUNIOR, 1985; KLUGE; TEZOTTOULIANA; SILVA, 2014; MOORE; BOTHA, 2014).

O aumento da taxa fotossintética pela aplicação do fungicida piraclostrobina pode influenciar alterações de outros parâmetros como os de crescimento e de produtividade, em milho submetido a aplicação da

piraclostrobina mostrou-se maior altura das plantas tratadas do que as controle (MARAFON & SIMONETTI, 2012; VILELA et al., 2012).

Portanto para compreender melhor esta alteração na taxa fotossintética das plantas de cana-de-açúcar tratadas com piraclostrobina, é de grande importância considerar que o metabolismo do carbono não ocorre de forma independente nas plantas e que está ligado a diversos fatores.

Figura 6 - Taxa fotossintética em três cultivares de cana-de-açúcar submetidas à aplicação de fungicida piraclostrobina em comparação com as plantas controle.

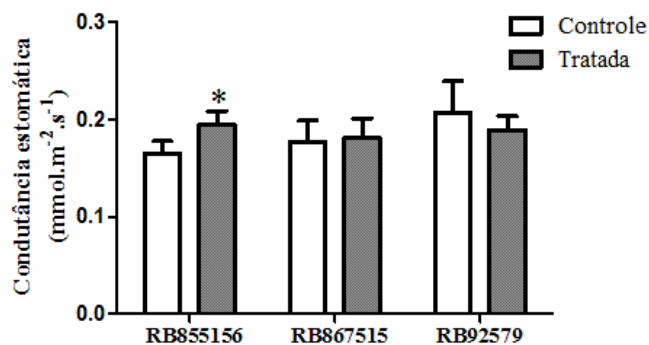


\* indica diferença significativa entre os tratamentos pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Na cultivar RB855156, foi observado o aumento da condutância estomática e transpiração, quando as plantas foram tratadas com piraclostrobina, sendo de 18 e 20 %, respectivamente (FIGURA 7 e 8, respectivamente), enquanto para a taxa respiratória houve diminuição desta taxa em cerca de 18% nas plantas tratadas com este fungicida (FIGURA 9).

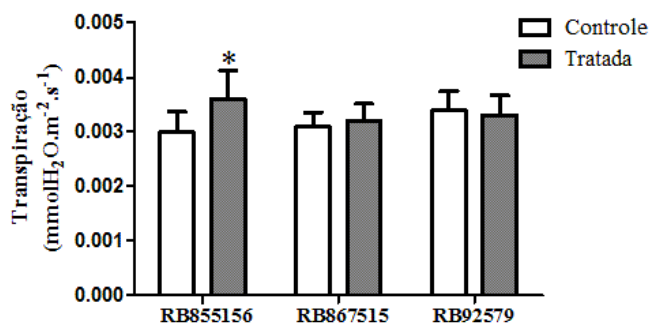
As cultivares RB867515 e RB92579 não apresentaram diferença estatística entre os tratamentos quando avaliados os seguintes parâmetros: condutância estomática (FIGURA 7), transpiração (FIGURA 8) e taxa respiratória (FIGURA 9).

Figura 7 - Condutância estomática em três cultivares de cana-de-açúcar submetidas à aplicação de fungicida piraclostrobina em comparação com o controle.



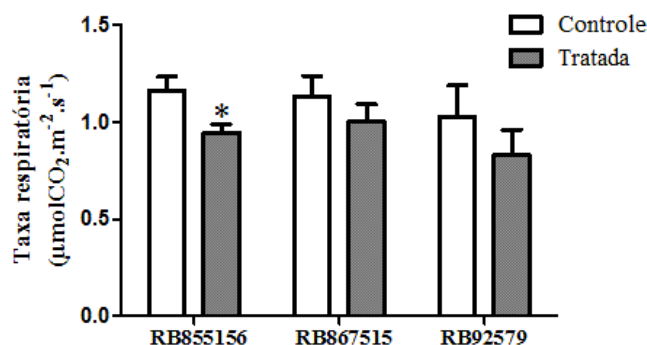
\*indica diferença significativa entre os tratamentos pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Figura 8 - Transpiração em três cultivares de cana-de-açúcar submetidas à aplicação de fungicida piraclostrobina em comparação com o controle.



\* indica diferença significativa entre os tratamentos pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Figura 9 - Taxa respiratória em três cultivares de cana-de-açúcar submetidas à aplicação de fungicida piraclostrobina em comparação com o controle.



\* indica diferença significativa entre os tratamentos pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

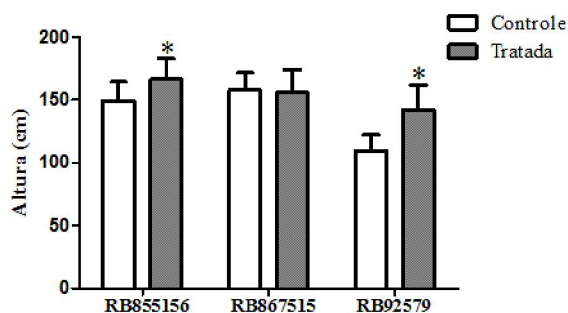
O aumento da condutância estomática e da taxa transpiratória na cultivar RB855156 indica que as plantas tratadas com piraclostrobina apresentam maior troca com o ambiente, o que pode ser observado na Figura 6 onde observamos um aumento de 13% da taxa fotossintética. Com o aumento da atividade fotossintética há um maior consumo de CO<sub>2</sub>, ocasionando assim a diminuição na concentração interna de CO<sub>2</sub>, e este fator pode estimular a maior abertura estomática, permitindo com que haja maior difusão de CO<sub>2</sub> do meio para a cavidade subestomática. Como pode ser observado na Figura 7 onde a cultivar RB855156 apresenta também um incremento nas plantas tratadas com piraclostrobina, este aumento na condutância estomática está diretamente relacionado com o incremento da taxa fotossintética (RASCHKE, 1979; DAI et al., 1992). Conseqüentemente teremos maior transpiração destas plantas como observado para esta mesma cultivar (Figura 8), pois o estômato é responsável pela entrada de CO<sub>2</sub> do meio para a plantas, e concomitante com essa entrada há

perda de água (HUTMACHER & KRIEG, 1983; KAWAI et al., 2003; VAVASSEUR & RAGHAVENDRA, 2005).

Outro fator que foi alterado com a aplicação de piraclostrobina foi a taxa respiratória das plantas de cana-de-açúcar da cultivar RB855156. Esta diminuição ocorre devido à ação do fungicida piraclostrobina que age interferindo na cadeia transportadora de elétrons da respiração, inibindo, assim, a respiração mitocondrial pelo bloqueio da transferência de elétrons no complexo III (FAGAN et al., 2010; KÖHLE et al., 2002).

Para as análises biométricas de crescimento, foi avaliada a altura das plantas, estes parâmetros não mostraram interação entre os dias avaliados e a aplicação ou não do fungicida. No entanto, quando comparados somente os tratamentos, houve aumento significativo, na taxa de crescimento nas plantas tratadas, com exceção da cultivar RB867515 cujo crescimento foi igual. Esse incremento do crescimento foi de, aproximadamente, 20 e 30 cm para as cultivares RB855156 e RB92579, respectivamente (Figura 10).

Figura 10 - Altura das plantas de cana-de-açúcar submetidas à aplicação de fungicida piraclostrobina em comparação com o controle.

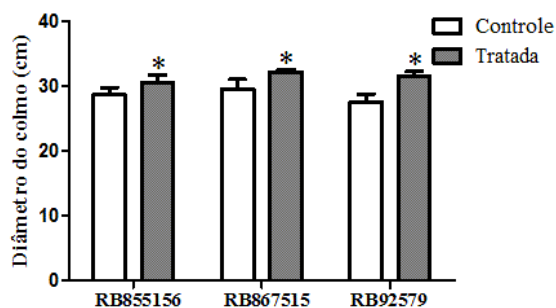


\*indica diferença significativa entre os tratamentos pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A cultivar RB867515 atinge sua maturação no inverno e colheita ocorre na início da primavera, portanto esta tem menor disponibilidade de água para o crescimento uma vez a precipitação é menor a partir de maio. Portanto a condição de disponibilidade de água somada ao processo de maturação e remobilização de reservas das folhas para o enchimento de colmo podem explicar as plantas apresentarem mesmo tamanho (RIDESA, 2010).

O diâmetro de colmo apresentou diferença estatística, quando comparamos os tratamentos; as plantas tratadas apresentaram de 1 a 3 cm de incremento, no diâmetro dos colmos (Figura 11), não havendo interação entre tempo e tratamento.

Figura 11 - Diâmetro do colmo de cana-de-açúcar submetida à aplicação de fungicida piraclostrobina em comparação com o controle.



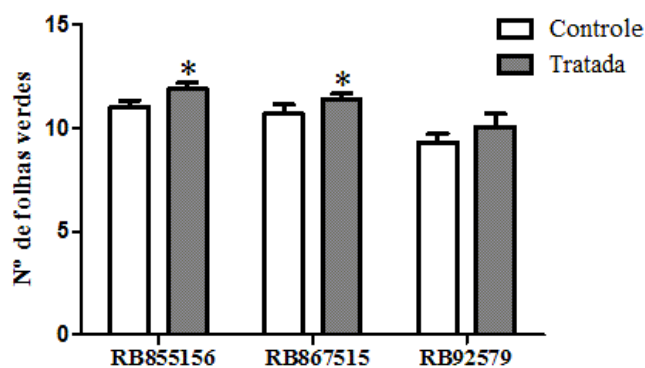
\* indica diferença significativa entre os tratamentos pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Outra variável analisada foi o número de folhas verdes, as plantas tratadas com piraclostrobina apresentaram maior número de folhas verdes, quando comparadas às plantas controle, no entanto esse número não foi significativo para a cultivar RB92579 (FIGURA 12). Isto pode ser explicado por outro efeito potencial relatado da piraclostrobina, que é a inibição da síntese de etileno, que pode retardar a senescência foliar e, assim, aumentar o período que esta folha permanece com a fotossíntese ativa, mesmo sendo por um período

curto de tempo, este fato pode aumentar a produtividade, sendo já observado em soja, milho e trigo (DOURADO NETO et al., 2005; FAGAN, 2007; OLIVEIRA, 2005; VENANCIO et al., 2003).

Outro efeito relatado da piraclostrobina é o aumento das concentrações de citocininas que atuam retardando a senescência foliar ao conservarem as proteínas foliares e a clorofila, estando ainda envolvidas na síntese de diversas proteínas e na manutenção da permeabilidade da membrana dos estômatos. Atuam na quebra da dominância apical ao induzirem o crescimento das gemas em plantas intactas, pois foi verificado que plantas de tabaco selvagem super produtoras de citocininas tendem a ter mais ramificações (SAMPAIO, 1998; KIEBER, 2004).

Figura 12 - Número de folhas verdes de cana-de-açúcar submetida à aplicação de fungicida piraclostrobina em comparação com o controle.



\*indica diferença significativa entre os tratamentos pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Para a relação do teor de clorofila *a/b* e carotenoides, cada cultivar foi avaliada de forma distinta como os parâmetros avaliados anteriormente. A cultivar RB855156 (Tabela 1) apresentou menor teor de clorofila *a/b*, nas

plantas controle, aos 5 e 15 DAA, quando comparadas às plantas com piraclostrobina e, quando avaliamos as plantas tratadas, ao longo do tempo, podemos observar que houve um aumento deste teor de clorofila *a/b*. Para o teor de carotenoides, as plantas tratadas, quando avaliadas antes da aplicação, apresentavam maior teor o que foi reduzido ao longo do tempo após a aplicação.

O maior índice de clorofila *a/b* esta diretamente relacionado neste caso com o aumento da taxa fotossintética pois maior razão de clorofila *a/b* promove maior eficiência da captação de radiação, assim favorecendo uma melhor performance da etapa bioquímica da fotossíntese, uma vez que houve também aumento da transpiração e condutância estomática.

A cultivar RB867515 não apresentou diferença significativa para o teor de clorofila *a/b* e carotenoides quando comparados aos tratamentos e aos tempos avaliados como pode ser observado na Tabela 2.

O teor de clorofila *a/b*, na cultivar RB92579 (TABELA 3), não apresentou diferença significativa entre tempos e tratamentos avaliados. Os teores de carotenoides apresentaram um decréscimo significativo, ao longo do tempo, para as plantas tratadas com a piraclostrobina, no entanto sendo significativo somente no tempo de 65 DAA quando comparamos com o tratamento controle.

Este resultado pode ser relacionado nas plantas tratadas ao melhor aproveitamento de N, necessário para a síntese de clorofila; outro fator que pode influenciar a menor degradação de clorofila são os baixos teores de etileno que são responsáveis pela diminuição da senescência foliar (MERCER; RUDDOCK, 1998; TOFOLI, 2002; YPEMA; GOLD, 1999).



Tabela 2 - Teor de clorofila *a/b* e carotenoides na cultivar RB855156.

Tempo	Teor de Clorofila <i>a/b</i> ( $\mu\text{g}$ clorofila. $\text{g}^{-1}$ .MF)		Carotenoides ( $\mu\text{g}$ carotenoides. $\text{g}^{-1}$ .MF)	
	Controle	Tratada	Controle	Tratada
0	2,96 aA	2,85 cA	2,81 aB	4,17 aA
5	3,02 aA	3,26 bcA	2,52 aA	2,40 bA
15	3,39 aB	3,96 abA	3,53 aA	2,62 bA
25	3,38 aB	4,18 aA	2,62 aA	2,27 bA
35	3,54 aA	3,15 bcA	1,02 bA	1,65 bA
65	3,72 aA	4,11 aA	3,68 aA	2,70 bB

Médias seguidas de letras minúsculas iguais não diferem entre si no mesmo tratamento, ao longo do tempo, coluna; médias seguidas de letras maiúsculas iguais não diferem entre tratamentos ao longo do tempo, linha.

Tabela 3 - Teor de clorofila *a/b* e carotenoides na cultivar RB867515.

Tempo	Teor de Clorofila <i>a/b</i> ( $\mu\text{g}$ clorofila. $\text{g}^{-1}$ .MF)		Carotenoides ( $\mu\text{g}$ carotenoides. $\text{g}^{-1}$ .MF)	
	Controle	Tratada	Controle	Tratada
0	3,11 aA	2,99 aA	3,51 aA	3,43 aA
5	3,78 aA	3,17 aA	2,43 aA	2,83 aA
15	3,69 aA	3,58 aA	2,79 aA	2,90 aA
25	4,03 aA	3,97 aA	2,49 aA	2,35 aA
35	3,17 aA	3,00 aA	1,67 aA	1,49 aA
65	3,22 aA	3,61 aA	3,63 aA	2,83 aA

Médias seguidas de letras minúsculas iguais não diferem entre si no mesmo tratamento, ao longo do tempo, coluna; médias seguidas de letras maiúsculas iguais não diferem entre tratamentos ao longo do tempo, linha.

Tabela 4 - Teor de clorofila *a/b* e carotenoides na cultivar RB92579.

Tempo	Teor de Clorofila <i>a/b</i> ( $\mu\text{g}$ clorofila. $\text{g}^{-1}$ .MF)		Carotenoides ( $\mu\text{g}$ carotenoides. $\text{g}^{-1}$ .MF)	
	Controle	Tratada	Controle	Tratada
0	2,94 aA	2,54 aA	3,53 aA	3,01 abA
5	3,17 aA	2,97 aA	2,53 bcB	3,65 aA
15	3,72 aA	3,59 aA	2,78 abA	3,67 aA
25	3,75 aA	3,88 aA	2,49 bcA	2,39 bcA
35	3,03 aA	2,85 aA	1,67 cA	1,42 cA
65	3,60 aA	3,72 aA	3,66 aA	2,52 bB

Médias seguidas de letras minúsculas iguais não diferem entre si no mesmo tratamento, ao longo do tempo, coluna; médias seguidas de letras maiúsculas iguais não diferem entre tratamentos ao longo do tempo, linha.

Tabela 5 - Atividade das enzimas antioxidantes, SOD, CAT e APX

<b>Cultivar</b>	<b>Tratamento</b>	<b>SOD (U.g<sup>-1</sup>.MF)</b>	<b>CAT (<math>\mu\text{mol.H}_2\text{O}_2.\text{min}^{-1}.\text{mg}^{-1}.\text{MF}</math>)</b>	<b>APX (<math>\mu\text{mol.AsA}.\text{min}^{-1}.\text{mg}^{-1}.\text{MF}</math>)</b>
RB855156	CONTROLE	172,96	1,52	12,86
	TRATADA	195,28*	2,05*	14,32*
RB867515	CONTROLE	164,56	1,96	13,05
	TRATADA	188,87*	2,23*	20,45*
RB92579	CONTROLE	190,12	1,63	14,65
	TRATADA	201,45*	2,04*	24,60*

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste e Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

A atividade das enzimas do sistema antioxidante SOD, CAT e APX mostraram diferença significativa entre os tratamentos para as três cultivares e as plantas tratadas com piraclostrobina apresentaram maior atividade enzimática que as plantas sem aplicação do fungicida, não havendo interação entre tempo e tratamento para esta análise (TABELA 4).

O aumento da atividade das enzimas antioxidantes pode ter ocorrido este aumento em razão do aumento da taxa fotossintética, pois o incremento da fotossíntese promove a formação de EROs, e como forma de defesa a planta aumenta a atividade do sistema antioxidante para prevenir os danos que podem ser causados por estes radicais. O incremento da atividade destas enzimas pode ser um dos fatores que atue na diminuição da senescência foliar e degradação das moléculas de clorofila, pois as enzimas antioxidantes diminuem a produção de EROs, impossibilitando, assim, que estas causem danos a proteínas e estruturas celulares (WU; TIEDEMANN, 2001).

Assim as espécies reativas de oxigênio desempenham um papel importante no afrouxamento da parede celular. Estudos têm demonstrado a participação do  $H_2O_2$  na formação da zona de abscisão e são constituintes intrínsecas de processos como senescência (PROCHÁZKOVÁ; WIHELMOVÁ, 2007).

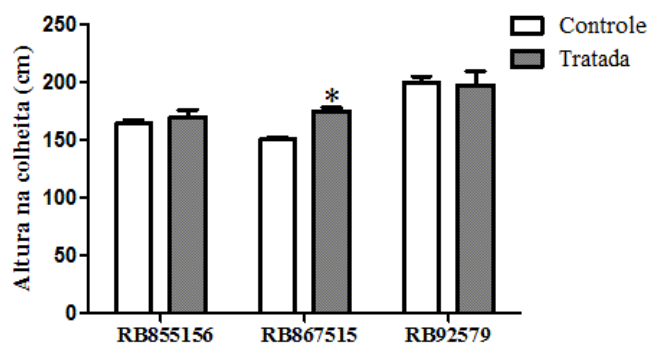
Para avaliar os parâmetros de produtividade das três cultivares de cana-de-açúcar foram consideradas as épocas específicas de colheita de cada cultivar. Dentre elas, a altura das plantas, no momento da colheita, foi uma das variáveis analisadas. Na Figura 13 pode-se observar que somente a cultivar RB867515 apresentou diferença significativa na altura sendo as plantas tratadas 20 cm maiores que as controle.

A cultivar RB867515 por ser uma cultivar tardia ela não apresentou diferença significativa na altura ao longo dos 65 dias de avaliações no entanto no momento da colheita as plantas tratadas com piraclostrobina apresentaram altura

superior as das plantas controle, isto pode ser um efeito residual do fungicida aplicado bem como no momento da colheita a planta atingiu sua maturidade (RIDESA, 2010).

O incremento da altura das plantas tratadas com a piroclostrobrina pode ser um reflexo da maior taxa fotossintética dessas plantas, bem como o incremento da biossíntese de alguns hormônios que podem ser afetados pela aplicação de estrobilurinas. O AIA é um dos hormônios que tem sua biossíntese afetada pelo fungicida piraclostrobina. Isto pode ocorrer devido aos incrementos da atividade da redutase do nitrato, já relatados em muitos estudos, pois irá aumentar a síntese de Nitrogênio, o qual é necessário para a formação de triptofano, que é um precursor da biossíntese de AIA. As auxinas atuam na taxa de alongamento celular (KRIKORIAN, 1991), assim pode ser responsável pelo incremento na altura das plantas (GROSSMANN;KWIATKOWSKI;GASPAR, 1999), bem como o balanço dessas auxinas com o as citocininas que atuam em conjunto no crescimento do caule estimulando a divisão e o alongamento das células, no crescimento de folhas jovens através da divisão, expansão e diferenciação celular (SAMPAIO, 1998).

Figura 13 - Média de altura das plantas de cana-de-açúcar tratadas com fungicida piraclostrobina e controle, no momento da colheita.

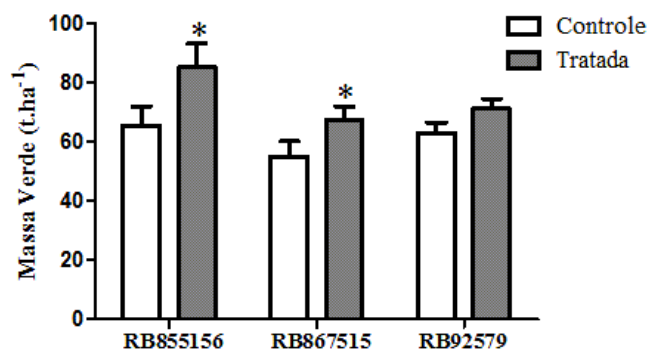


\*indica diferença significativa entre os tratamentos pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

O teor de massa verde mostrou um incremento, para todas as cultivares, quando comparamos os tratamentos, como podemos observar na Figura 14, sendo significativo para as cultivares RB855156 e RB867515, nas quais o aumento foi de, aproximadamente, 20 e 13 t.ha<sup>-1</sup>, respectivamente. Para o índice de TCH, a cultivar RB855156, nas plantas tratadas, apresentou incremento de, aproximadamente, 15 t.ha<sup>-1</sup> e, para as plantas tratadas da cultivar RB867515, o incremento foi de 13 t.ha<sup>-1</sup> (Figura 15).

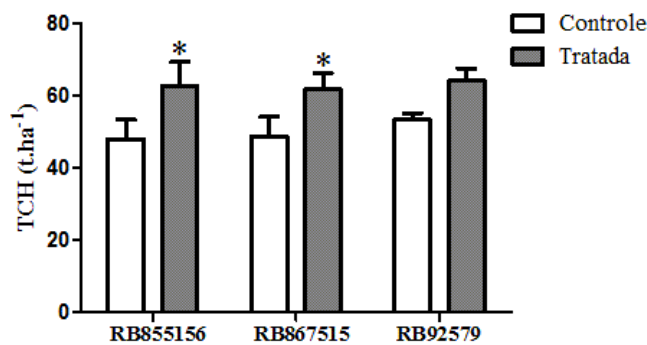
Em estudos com milho a ausência do efeito da piraclostrobina sobre a produtividade foi relatado por diversos autores (ANDRADE et al., 2000), no entanto em estudos com plantas C3 foi observado um aumento da produtividade em soja (FAGAN et al., 2010), feijoeiro (KOZLOWSKI et al., 2009), na cultura do algodoeiro (HARVEY, 2002), na cultura da bananeira (LIMA et al., 2012).

Figura 14 - Índice de massa verde das plantas de cana-de-açúcar tratadas com fungicida piraclostrobina e controle.



\*indica diferença significativa entre os tratamentos pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Figura 15 - Tonelada de colmo por hectare de cana-de-açúcar tratada com fungicida piraclostrobina e controle.



\* indica diferença significativa entre os tratamentos pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.



## **5 CONCLUSÕES**

Com base nos resultados obtidos, pode-se concluir que a aplicação de piraclostrobina promove um incremento da taxa fotossintética das três cultivares de cana-de-açúcar, ocasionando, assim, o maior acúmulo de biomassa. As plantas tratadas com o fungicida apresentaram maior crescimento que as plantas sem aplicação.

As enzimas do sistema antioxidante apresentaram maior atividade nas plantas tratadas com o fungicida do que as plantas controle, colaborando para maior número de folhas verdes e, conseqüentemente, promovendo o aumento da taxa fotossintética.

As plantas de cana-de-açúcar tratadas com o fungicida piraclostrobina apresentam significativo aumento na sua produtividade.

## **6 PERSPECTIVAS FUTURAS**

Para melhor compreender o efeito fisiológico da Piraclostrobina em cana-e-açúcar torna-se necessário um estudo mais completo de diversos fatores que podem influenciar no crescimento e desenvolvimento desta espécie. Portanto é necessário avaliar o efeito do fungicida na regulação hormonal, bem como ele atua no metabolismo do nitrogênio.

E, para se ter um panorama completo da atuação da Piraclostrobina, seria de grande importância avaliar o ciclo completo desta espécie, bem como avaliar se o florescimento da cana-de-açúcar é afetado pela aplicação deste fungicida.

E, com isso, poderemos determinar de que forma a Piraclostrobina atua na fisiologia de plantas C4.

## REFERÊNCIAS

ACOCK, B.; ALLEN JUNIOR, L. H. Crop responses to elevated carbon dioxide concentrations. In: STRAIN, B. R.; CURE, J. D. (Ed.). **Direct effects of increasing carbon dioxide on vegetation**. Washington: Office of Energy Research, 1985. p. 53-98.

AMARO, A. C. E. **Efeitos fisiológicos de fungicidas no desenvolvimento de plantas de pepino japonês enxertadas e não enxertadas, cultivadas em ambiente protegido**. 2011. 86 p. Dissertação (Mestrado em Horticultura) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Botucatu, 2011.

AMMERMANN, E. et al. BAS 500F: the new broad spectrum strobilurin fungicide. In: BCPC CONFERENCE, PESTS & DISEASES, 2000, Brighton. **Proceedings...** Brighton, 2000.p. 541-548.

ANDRADE, F. H.; OTEGUI, M. E.; VEGA, C. Intercepted radiation at flowering and kernel number in maize. **Agronomy Journal**. v. 92, n. 1, p. 92-97, 2000.

ARALDI, R.; ORIKA, F. M. L. S. E.; RODRIGUES, O. J. D. Florescimento em cana-de-açúcar. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 40, n. 3, p. 694-702, 2010.

ARNON, D. J. Cooper enzymes in isolated chloroplast: Polyphenoloxidase in Beta vulgaris. **Plant Physiology**, Minneapolis, v. 24, n. 1, p. 1-15, 1945.

AZEVEDO, J. A. G. et al. Avaliação da divergência nutricional de variedades de cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.). **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 32, n. 6, p. 1431-1442, 2003.

BARTLETT, D. W. et al. The strobilurin fungicides. **Pest Management Science**, Sussex, v. 58, n. 7, p. 649-662, 2002.

BADISCHE ANILIN & SODA FABRIK. **Bula fungicida opera**. Disponível em:  
<[http://www.agro.basf.com.br/agr/ms/apbrazil/pt\\_BR/function/conversions:publish/content/APBrazil/solutions/fungicidas/Bulas/Opera\\_v2.pdf](http://www.agro.basf.com.br/agr/ms/apbrazil/pt_BR/function/conversions:publish/content/APBrazil/solutions/fungicidas/Bulas/Opera_v2.pdf)>. Acesso em: 10 jan. 2015.

BADISCHE ANILIN & SODA FABRIK. **F500 o fungicida premium**. São Bernardo do Campo, 2005. 35 p. Boletim técnico.

BARTLETT, D. W. et al. The strobilurin fungicides. **Pest Management Science**, Sussex, v. 58, n. 7, p. 649-662, 2002.

BARLTETT, D. W. et al. Understanding the strobirulin fungicides. **Pesticide Outlook**, Cambridge, v. 12, n. 4, p. 143-146, 2001.

BERDING, N.; HURNEY, A. P. Flowering and lodging, physiological-based traits affecting cane and sugar yield: what do we know of their control mechanisms and how do we manage them? **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 92, p. 261-275, 2005.

BIEMELT, S.; KEETMAN, U.; ALBRECHT, G. Re-aeration following hypoxia or anoxia leads to activation of the antioxidative defense system in roots of wheat seedlings. **Plant Physiology**, Rockville, v. 116, p. 651-658, Feb. 1998.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Epoxiconazol**. Disponível em:

<<http://portal.anvisa.gov.br/wps/wcm/connect/be02ae80474592869abbde3fbc4c6735/E22++Epoxiconazol.pdf?MOD=AJPERES>>. Acesso em: 10 jan. 2014a.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Piraclostrobina**. Disponível em:

<<http://portal.anvisa.gov.br/wps/wcm/connect/b54d5d004e0bf8ab9b82bbc09d49251b/P46+%E2%80%93+Piraclostrobina.pdf?MOD=AJPERES>>. Acesso em: 10 jan. 2014b.

BRYSON, R. J.; LEANDRO, L.; JONES, D. R. The physiological effects of kresoxim-methyl on wheat leaf greenness and the implication for crop yield. In: RIGHTON CROP PROTECTION CONFERENCE - PESTS AND DISEASES, 2000, Farnham. **Proceedings...** Farnham: British Crop Protection Council, 2000. p. 739-747.

BUTTERFIELD, M. K.; D'HONT, A.; BERDING, N. The sugarcane genome: a synthesis of current understanding, and lessons for breeding and biotechnology. **Proceedings of the South African Sugar Technologists' Association**, Edgecombe, v. 75, p. 1-5, 2001.

CARVALHO, J. G.; ANDRADE, L. A. B. Avaliação do potencial de variedades de cana-de-açúcar (ciclo de ano) em diferentes estádios de desenvolvimento. **STAB**, Piracicaba, v. 11, n. 4, p. 18-23, 1993.

CASAGRANDE, A. A. **Tópicos de morfologia e fisiologia da cana-de-açúcar**. Jaboticabal: FUNEP, 1991. 157 p.

CASTRO, P. R. C. Efeito do Ethefon na maturação e produtividade da cana-de-açúcar. **Revista de Agricultura**, Piracicaba, v. 76, n. 2, p. 277-290, 2001.

COELHO, C. P. et al. Putative sugarcane FT/TFL1 genes delay flowering time and alter reproductive architecture in *Arabidopsis*. **Frontiers in Plant Science**, Lausanne, v. 5, p. 221, 2013.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira cana-de-açúcar**: v. 2, safra 2015/16, n. 2, segundo levantamento. Brasília, 2015. 33 p.

CONTESOTTO, M. G. G. et al. A new member of the chalcone synthase (CHS) family in sugarcane. **Genetics & Molecular Biology**, Ribeirão Preto, v. 24, p. 257-261, 2001.

CORTEZ, L. A. B. Introdução. In: \_\_\_\_\_. **Bioetanol da cana-de-açúcar**: pesquisa e desenvolvimento para produtividade. São Paulo: E. Bluncher, 2010. p. 3-18.

DAI, Z.; EDWARD, G. E.; KU, M. S. B. Control of photosynthesis and stomatal conductance in *Ricinus communis* L. (Castor bean) by leaf to air vapor pressure deficit. **Plant Physiology**, Lancaster, v. 99, n. 4, p. 1426-1434, 1992.

DANIELS, J.; ROACH, B. T. Taxonomy and evolution. In: HEINZ, D. J. (Ed.). **Sugarcane improvement through breeding**. Amsterdam: Elsevier, 1987. p. 7-84.

DELGADO, A. A.; CESAR, M. A. A. **Elementos da tecnologia e engenharia de açúcar de cana**. Piracicaba: ESALQ, 1977. v. 1, 363 p.

D'HONT, A. et al. Determination of basic chromosomal numbers in the genus *Saccharum* by physical mapping of ribosomal RNA genes. **Genome**, Ottawa, v. 41, p. 221-225, 1998.

DOORENBOS, J.; KASSAM, A. H. Yield response to water. **Irrigation and Drainage**, New York, v. 33, p. 257, 1979.

DOURADO NETO, D. et al. F500 em soja e milho: efeitos fisiológicos comprovados. **Atualidades Agrícolas**, São Paulo, n. 5, p. 12-16, 2005.

ERNANDES, M. L. **Comportamento de variedades de cana-de-açúcar (*Saccharum SSP.*) cultivadas em espaçamentos simples e duplos**. 2005. 56 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2005.

FAGAN, E. B. **A cultura da soja: modelo de crescimento e aplicação de estrobilurina**. 2007. 84 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 2007.

FAGAN, E. B. et al. Efeito da aplicação de piraclostrobina na taxa fotossintética, respiração, atividade da enzima nitrato redutase e produtividade de grãos de soja. **Bragantia**, Campinas, v. 69, n. 4, p. 771-777, 2010.

FERNANDES, J. M.; PICININI, E. C. **Controlando as doenças de trigo na hora certa**. 1999. Disponível em: <<https://www.bdpa.cnptia.embrapa.br/consulta/busca?b=ad&id=852200&biblioteca=vazio&busca=autoria:%22FERNANDES,%20J.%20M.%20C.%22&qFacets=autoria:%22FERNANDES,%20J.%20M.%20C.%22&sort=&paginação=t&paginaAtual=2>>. Acesso em: 10 nov. 2015.

FERNANDES, M.; PICININI, E. C. **Atualidades agrícolas BASF**. São Paulo: BASF, 2002. 34 p.

FULTON, L. Some perspectives on liquid biofuels. **Revista Brasileira de Bioenergia**, São Paulo, n. 1, p. 49-52, 2007.

GERHARD, M.; HABERMEYER, J.; ZINKERNAGEL, V. The impact of strobilurins on plant vitality on winter wheat under field conditions. In: INTERNATIONAL REINHARDTSBRUNN SYMPOSIUM, 12., 1998, Andover. **Proceedings...** Andover: Inercept, 1998. p. 197-208.

GIANNOPOLITIS, C. N.; RIES, S. K. Superoxide dismutases: I., occurrence in higher plants. **Plant Physiology**, Rockville, v. 59, n. 2, p. 309-314, Feb. 1977.

GLAAB, J.; KAISER, W. M. Increased nitrate reductase activity in leaf tissues after application of the fungicide Kresoximmethyl. **Planta**, Berlin, v. 207, p. 442-448, 1999.

GLASSOP, D.; RAE, A. L.; BONNETT, G. D. Sugarcane flowering genes and pathways in relation to vegetative regression. **Sugar Tech**, Oxford, v. 16, n. 3, p. 235-240, 2014.

GROSSMANN, K.; KWIATKOWSKI, J.; CASPAR, G. Regulation of phytohormone levels, leaf senescence and transpiration by the strobilurin Kresoxim-methyl in wheat (*Triticum aestivum*). **Journal of Plant Physiology**, Stuttgart, v. 154, p. 805-808, 1999.

GROSSMANN, K.; RETZLAFF, G. Bioregulatory effects of the fungicidal strobilurin kresoxim methyl in wheat (*Triticum aestivum* L.). **Pesticide Science**, Oxford, v. 50, p. 11-20, 1997.

GUPTA, V. et al. The water-deficit stress-and red-rot-related genes in sugarcane. **Functional & Integrative Genomics**, Berlin, v. 10, n. 2, p. 207-214, 2010.

HARVEY, I.C. Epidemiology and control of leaf and awn spot of barley caused by *Ramularia collo-cygni*. **New Zealand Plant Protection**. Wellington, v. 55, p. 331-335, 2002.

HERSNMANN, A. et al. **Quadris and warrior use on soybean: means of capturing additional yield?** 2004. Disponível em: <[http://www.uky.edu/Ag/kpn/kpn\\_04/pn040209.htm#soybeans](http://www.uky.edu/Ag/kpn/kpn_04/pn040209.htm#soybeans)>. Acesso em: 28 nov. 2015.

HUTMACHER, R. B.; KRIEG, D. R. Photosynthetic rate control in cotton: stomatal and nonstomatal factors. **Plant Physiology**, Rockville, v. 73, n. 3, p. 658-661, 1983.

INMAN-BAMBER, N. G.; SMITH, D. M. Water relations in sugarcane and response to water deficits. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 92, n. 2, p. 185-202, 2005.

JABS, T. Can strobilurins still deliver? **Crop Protection**, Guildford, v. 17, p. 19-20, 2004.

JADOSKI, C. J. **Efeitos fisiológicos da piraclostrobina em plantas de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) condicionado sob diferentes tensões de água no solo.** 2012. 80 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2012.

KAISER, W. M.; BRENDLE-BEHNISCH, E. Acid-modulation of nitrate reductase in leaf tissues. **Planta**, Berlin, v. 196, p. 1-6, 1995.

KARP, A.; SHIELD, I. Bioenergy from plants and the sustainable yield challenge. **New Physiologist**, Wellington, v. 179, n. 1, p. 15-39, 2008.

KAWAY, H. et al. Responses of ferns to red light are mediated by an unconventional photoreceptor. **Nature**, London, v. 421, n. 6920, p. 287-290, 2003.

KIEBER, J. Citocininas: Reguladores da divisão celular. In: TAIZ, L. & ZEIGER, E. (Eds). **Fisiologia Vegetal**. 3ª ed. Porto Alegre: Artmed, 2004.

KLUGE, R. A.; TEZOTTO-ULIANA, J. V.; SILVA, P. P. M. Aspectos fisiológicos e ambientais da fotossíntese. **Revista Virtual de Química**, Niterói, v. 7, n. 1, p. 53-56, jan./fev. 2014.

KÖHLE, H. et al. **Physiological effects of the strobilurin fungicide F500 on plants**. Bonn: Agroconcept, 2003. 16 p.

KÖEHLE, H. et al. Physiological effects of the strobilurin fungicide F500 on plants. In: DEHNE, H. W. et al. (Ed.). **Modern fungicides and antifungal compounds III**. Andover: AgroConcept, 2002. p. 61-74.

KOLE, H. et al. Physiologische Einflüsse des neuen Getreidefungizids Jewel auf die Ertragsbildung. **Gesunde Pflanzen**, Berlin, v. 49, p. 267-271, 1997.

KOZLOWSKI, L. A. et al. Efeito fisiológico de estrobilurina f 500® no crescimento e rendimento do feijoeiro. **Revista Acadêmica Ciências Agrárias e Ambientais**, Curitiba, v. 7, n. 1, p. 41-54, 2009.

KRIKORIAN, A. D. Medios de cultivo: generalidades, composición y preparación. In: ROCA, W. M.; MROGINSKY, L. A. (Ed.). **Cultivo de tejidos em la agricultura: fundamentos y aplicaciones**. Cali: CIAT, 1991. p. 41-77.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: RiMa, 2006. 550 p.

LICHTENTHALER, H. K. Chlorophylls and carotenoids: pigment photosynthetic biomembranes. **Methods in Enzymology**, New York, v. 148, p. 362-385, 1987.



LIMA, J. D.; MORAES, W. S.; SILVA, S. M. G. da. Respostas fisiológicas em mudas de bananeira tratadas com estrobilurinas. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 33, n. 1, p. 77-86, jan./mar. 2012.

MACHADO, E. C. Fisiologia de produção de cana-de-açúcar. In: PARANHOS, S. B. (Coord.). **Cana-de-açúcar: cultivo e utilização**. Campinas: Fundação Cargill, 1987. v. 1, cap. 1, p. 56-87.

MARAFON, C.A.; SIMONETTI, A.P.M.M. Avaliação de parâmetros produtivos e severidade de ferrugem na cultura do milho. **Revista Brasileira de Energias Renováveis**. Ponta Grossa, v.1, n.1, p.221-238, 2012.

MARIN, F. R. **Variedades**. 2014. Disponível em:  
<[http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-de-acucar/arvore/CONTAG01\\_42\\_1110200717570.html](http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-de-acucar/arvore/CONTAG01_42_1110200717570.html)>. Acesso em: 1 jul. 2015.

MARTINS, N. G. S. **Os fosfatos na cana-de-açúcar**. 2004. 99 p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2004.

MATSUOKA, S. **Relatório anual do programa de melhoramento genético da cana-de-açúcar**. Araras: UFSCar, 2000. 250 p.

MENGUTAY, M. et al. Adequate magnesium nutrition mitigates adverse effects of heat stress on maize and wheat. **Plant and Soil**, The Hague, v. 368, p. 57-72, July 2013.

MERCER, P. C.; RUDDOCK, A. Evaluation of azoxystrobin and a range of conventional fungicides on yield, *Septoria tritici* and senescence in winter wheat. **Tests of Agrochemicals and Cultivars**, Warszawa, n. 19, p. 24-25, 1998.

MESCHEDE, D. K. et al. Alteração fisiológica da cana-de-açúcar pela aplicação de Glyphosate e Sulfometuron-Methyl. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 29, n. 2, p. 413-419, jun. 2011.

MICHAEL, G. **The influence of strobilurin containing fungicides on physiological processes of yield formation in winter wheat varieties**. 2002. 288 p. Thesis (Ph.D.) - Technical University of Munich, Berlin, 2002.

MING, R. et al. QTL Analysis in a complex autopolyploid: genetic control of sugar content in sugarcane. **Genome Research**, Cold Spring Harbor, v. 11, n. 12, p. 2075-2084, 2001.

MOORE, H. P.; BOTHA, C. F. **Sugarcane**. Oxford: J. Wiley, 2014. 992 p.

MOZAMBANI, A. E. et al. História e morfologia da cana-de-açúcar. In: SEGATO, S. V. et al. (Ed.). **Atualização em produção de cana-de-açúcar**. Piracicaba: Planalsucar, 2006. p. 11-18.

NAKANO, Y.; ASADA, K. Hydrogen peroxide is scavenged by ascorbate-specific peroxidase in spinach chloroplasts. **Plant and Cell Physiology**, Oxford, v. 22, n. 5, p. 867-880, Aug. 1981.

NETAFIM. 2014. Disponível em:  
<[http://www.sugarcanecrops.com/p/agronomic\\_practices/improved\\_varieties](http://www.sugarcanecrops.com/p/agronomic_practices/improved_varieties)>. Acesso em: 10 jun. 2015.

NOGUEIRA, L. A. H.; LORA, E. E. S. **Dendroenergia: fundamentos e aplicações**. 2. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2003. 199 p.

OLIVEIRA, R. F. de. Efeito fisiológico do F500 na planta de soja e milho. **Atualidades Agrícolas BASF**, São Paulo, v. 3, n. 1, p. 9-11, 2005.

PARANHOS, S. B. **Cana-de-açúcar: cultivo e utilização**. Campinas: Fundação Cargill, 1987. 856 p.

PARREIRA, D. F.; NEVES, W. dos S.; ZAMBOLIM, L. Artigo de revisão: resistência de fungos a fungicidas inibidores de quinona. **Revista Trópica: Ciências Agrárias e Biológicas**, Chapadinha, v. 3, n. 2, p. 24-34, 2010.

PINTO, T. L. F. **Fungicida foliar à base de estrobilurina, produtividade e potencial fisiológico de sementes de soja**. 2010. 118 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 2010.

PROCHÁZKOVÁ, D.; WILHELMOVÁ, N. Leaf senescence and activities of the antioxidant enzymes. **Biologia Plantarum**, Prague, v. 51, p. 401-406, Sept. 2007.

RASCHKE, K. Movements using turgor mechanisms. In: HAUPT, W.; FEINLEIB, M. E. (Ed.). **Physiology of movements**. Berlin: Springer-Verlag, 1979. p. 383-441.

REGALADO, A. A reinvenção da folha vegetal. **Scientific American Brasil**, São Paulo, ano 8, n. 102, p. 25-32, nov. 2010.

RIDESA. **Catálogo Nacional de Variedade (RB) República Brasil**. Curitiba, 2010. 64 p.

RODRIGUES, M. A. T. **Avaliação do efeito fisiológico do efeito de fungicidas na cultura da soja**. 2009. 193 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2009.

SAMPAIO, E.S. **Fisiologia vegetal: teoria e experimentos**. Ponta Grossa, Editora UEPG, 1998.

SILVA, M. A.; ARANTES, M. T.; PINCELLI, R. P. **Fenologia da cana-de-açúcar**. Botucatu: FEPAF, 2010. 111 p.  
SOARES, L. H. et al. Aplicação de diferentes estrobilurinas na cultura de soja. **Revista FZVA**, Uruguaiana, v. 18, n. 1, p. 78-87, 2011.

SOUZA, A. P. **Mecanismos fotossintéticos e relação fonte-dreno em cana-de-açúcar cultivada em atmosfera enriquecida com CO<sub>2</sub>**. 2011. 208 p. Tese (Doutorado em Fisiologia e Bioquímica de Plantas) - Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011.

STUPIELLO, J. P. A cana-de-açúcar como matéria prima. In: PARANHOS, S. B. (Ed.). **Cana-de-açúcar: cultivo e utilização**. São Paulo: Fundação Cargill, 1987. v. 2, p. 761-804.

THEODORO, A. D. **Expansão da cana-de-açúcar no Brasil: ocupação da cobertura vegetal do cerrado**. 2011. 132 p. Monografia (Tecnólogo em Tecnologia em Biocombustível) - Faculdade de Tecnologia de Araçatuba, Araçatuba, 2011.

TOFOLI, J. G. **Ação de fungicidas e acibenzolar-s-methyl no controle da pinta preta do tomateiro**. 2002. 127 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2002.

UNITED STATES ENERGY INFORMATION ADMINISTRATION. **Annual energy Outlook 2013 with projections to 2040**. Washington, 2013. 244 p.

VAVASSEUR, A.; RAGHAVENDRA, A. S. Guard cell metabolism and CO<sub>2</sub> sensing. **New Phytologist**, Cambridge, v. 165, n. 3, p. 665-682, 2005.

VENANCIO, W. S. et al. Physiological effects of strobilurin fungicides on plants. **Publicatio UEPG: Ciências Exatas e da Terra, Ciências Agrárias e Engenharias**, Ponta Grossa, v. 9, n. 3, p. 59-68, 2003.

VILELA, R.G.; ARF, O.; KAPPES, C.; KANEKO, F.H.; GITTI, D.D.; FERREIRA, J.P.; Desempenho agrônômico de híbridos de milho, em função da aplicação foliar de fungicidas. **Bioscience Journal**. v.28, n.1, p.25-33, 2012.

WU, Y. X.; TIEDEMANN, A. von. Physiological effects of azoxystrobin and Epoxiconazol on senescence and the oxidative status of wheat. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, San Diego, v. 71, n. 1, p. 1-10, 2001.

YPEMA, H. L.; GOLD, R. E. Kresoxim-methyl: modification of a naturally occurring compound to produce a new fungicide. **Plant Disease**, Saint Paul, v. 83, n. 1, p. 4-19, 1999.