

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JULIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU

**“APLICAÇÃO FOLIAR DE SILÍCIO ASSOCIADO OU NÃO A
MATURADORES EM CANA-DE-AÇÚCAR.”**

RODRIGO FOLTRAN

Tese apresentada à Faculdade de Ciências
Agronômicas da UNESP – Campus de
Botucatu, para obtenção do título de Doutor
em Agronomia (Agricultura)

BOTUCATU – SP

Julho – 2013

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU

**“APLICAÇÃO FOLIAR DE SILÍCIO ASSOCIADO OU NÃO A
MATURADORES EM CANA-DE-AÇÚCAR.”**

RODRIGO FOLTRAN
Engenheiro Agrônomo

Orientador: Prof. Dr. Carlos Alexandre Costa Crusciol

Tese apresentada à Faculdade de Ciências
Agronômicas da UNESP – Campus de
Botucatu, para obtenção do título de Doutor
em Agronomia (Agricultura)

BOTUCATU – SP
JULHO – 2013

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
BIBLIOTECA

APLICAÇÃO FOLIAR DE SILÍCIO ASSOCIADO OU NÃO A MATUREZAS
EM CANA-DE-AÇÚCAR (SACCHARUM spp.)

FOLTRAN, RODRIGO
1969

TESE (DOUTORADO) - UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO
DA INFORMAÇÃO - SERVIÇO TÉCNICO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - UNESP - FCA
- LAGEADO - BOTUCATU (SP)

Foltran, Rodrigo. 1969-
F671a Aplicação foliar de silício associado ou não a matura-
dores em cana-de-açúcar(Saccharum spp.) / Rodrigo Foltran.
- Botucatu : [s.n.], 2013
xi, 115 f., il., tabs.

Tese (Doutorado)- Universidade Estadual Paulista. Fa-
culdade de Ciências Agronômicas, Botucatu, 2013
Orientador: Carlos Alexandre Costa Crusciol
Inclui bibliografia

1. Cana-de-açúcar. 2. Silício. 3. Silicatos. 4. Regula-
dores de crescimento. I. Crusciol, Carlos Alexandre Costa
II. Universidade Estadual Paulista. "Júlio de Mesquita Filho"
(Campus de Botucatu). Faculdade de Ciências Agronômicas.
III. Título.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU

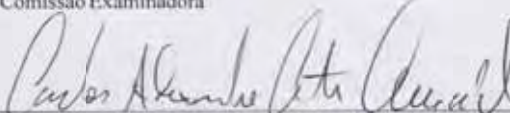
CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: "APLICAÇÃO FOLIAR DE SILÍCIO ASSOCIADO OU NÃO A
MATURADORES EM CANA-DE-AÇÚCAR"

ALUNO: RODRIGO FOLTRAN

ORIENTADOR: PROF. DR. CARLOS ALEXANDRE COSTA CRUSCIOL

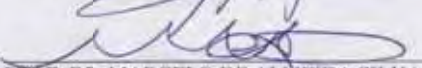
Aprovado pela Comissão Examinadora



PROF. DR. CARLOS ALEXANDRE COSTA CRUSCIOL



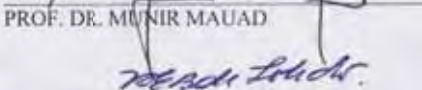
PROF. DR. EDUARDO M. GRISOLI



PROF. DR. MARCELO DE ALMEIDA SILVA



PROF. DR. MUNIR MAUAD



PROF. DR. ROBERTO ESTÊVÃO BRAGION DE TOLEDO

Data da Realização: 01 de julho de 2013.

Como tempo, os conceitos mudam...

Os sonhos mudam...

Os planos mudam...

A vida muda.

Mas não se mudam princípios e valores...

Mudei e continuo igual.

Assim é o ser humano: tão coerente em suas contradições...

Diferente das plantas: tão complexas e misteriosas.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela permissão de estar vivo e pelas pessoas as quais tive a oportunidade de conhecer nessa vida e que contribuem para meu desenvolvimento terreno.

Aos meus pais que sempre mostraram o caminho com poucas palavras e muitos exemplos de dignidade e amor.

A minha namorada Aline Godoy pela colaboração, paciência e companheirismo em todas as etapas que passamos juntos.

Ao Prof. Dr. Carlos Alexandre Costa Crusciol pela orientação, ensinamentos, confiança e amizade. Meu eterno agradecimento. Muito Obrigado.

Aos Professores do Departamento de Agricultura da FCA Dr. Ciro Rosolem e Dr. Rogério Peres Soratto, Dr. Marcelo de Almeida Silva. Aos colaboradores do Departamento de Produção Vegetal/ Agricultura da FCA, Ms. Dorival Pires de Arruda, Vera Lucia Rossi Cereda, Ilanir Rosane, R. Bocetto, Valeria Cristina R. Giandoni, Amanda Bedette e Rubens R. de Souza.

Aos colegas do curso de pós-graduação: Dr. Glauber Leite, Ms. Gabriela Siqueira, Ms. Deise Silva, Dr. Edmar Moro, Dr. André Trevizoli, Dra. Rubia Marques, Dr. Fábio Echer, Bruno Aires, Dr. Gustavo Spadotti. Aos agrônomos Dr. Eduardo Negrisoli, Dr. Marcelo Corrêa, Dr. Roberto Estevão Toledo, Dr. Munir Mauad, Bruno Adamantino (23), Daniel Lorenzo (pederasta), Luciana Nunes (acabada), Fábio (padaria).

A todos os colaboradores da biblioteca 'Paulo de Carvalho Mattos' e da seção de Pós-Graduação. A CNPq pelo apoio financeiro concedido por intermédio de bolsa.

A Raízen Energia S.A / Usina da Barra pela cessão das áreas agrícolas, apoio e contribuição para o desenvolvimento do trabalho. Aos colaboradores Sebastião dos Santos Ribeiro (Coordenador de Desenvolvimento Técnico), Adauto Aparecido (Biega) (Encarregado de Desenvolvimento Técnico), Fernando Zola (Analista de Controles Operacionais), e aos auxiliares de Desenvolvimento Técnico de Campo, Dirceu Olímpio e aos demais colaboradores. A Tereos-Petrobrás/ Usina Guarani S.A pela concessão das áreas agrícolas e auxílio técnico. Seria impossível o trabalho sem o apoio de Leonardo Cintra, César Choeiri e Marcel Chiovato.

Obrigado.

SUMÁRIO

	Página
1 RESUMO	01
2 SUMMARY.....	03
3 INTRODUÇÃO	05
4 REVISÃO DE LITERATURA.....	08
4.1 A cultura da cana-de-açúcar	08
4.2 Silício na cana-de-açúcar.....	11
4.3 Maturação e maturadores na cultura da cana-de-açúcar	14
4.3.1 Etil-trinexapac	19
4.3.2 Sulfometuron metil.....	21
4.3.3 Ethephon	22
5 MATERIAL E MÉTODOS.....	23
5.1 Localização e caracterização da área experimental e das variedades de cana.....	23
5.2 Delineamento experimental e tratamentos	28
5.3 Instalação e condução dos experimentos.....	28
5.4 Avaliações experimentais	29
5.4.1 Determinação tecnológica.....	29
5.4.1.1 Pol (%).....	30
5.4.1.2 Pureza (%)	30
5.4.1.3 Fibra (%).....	30
5.4.1.4 AR (%)	30
5.4.2 Determinação nutricional.....	31
5.4.3 Determinação biométrica.....	31
5.4.3.1 Altura de plantas	31
5.4.3.2 Rebrotas da soqueira.....	32
5.4.3.3 Produtividade de colmos (TCH)	32
5.5 Análise estatística.....	32
6 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	33
6.1 Etil-trinexapac associado ou não ao silício aplicado via foliar.....	33
6.1.1 Início de safra	33
6.1.1.1 Altura de planta.....	33

6.1.1.2 Rebrotas da soqueira.....	36
6.1.1.3 Parâmetros tecnológicos.....	37
6.1.1.4 Teor de silício e potássio nas folhas da cana-de-açúcar.....	43
6.1.1.5 Produtividade de colmos (TCH)	44
6.1.2 Final de safra	46
6.1.2.1 Altura de planta.....	46
6.1.2.2 Rebrotas da soqueira.....	48
6.1.2.3 Parâmetros tecnológicos.....	49
6.1.2.4 Teor de silício e potássio nas folhas da cana-de-açúcar	54
6.1.2.5 Produtividade de colmos (TCH)	55
6.2 Ethephon associado ou não ao silício aplicado via foliar.....	57
6.2.1 Início de safra	57
6.2.1.1 Altura de planta.....	57
6.2.1.2 Rebrotas da soqueira.....	58
6.2.1.3 Parâmetros tecnológicos.....	60
6.2.1.4 Teor de silício e potássio nas folhas da cana-de-açúcar.....	64
6.2.1.5 Produtividade de colmos (TCH)	66
6.2.2 Final de safra	67
6.2.2.1 Altura de planta.....	67
6.2.2.2 Rebrotas da soqueira.....	69
6.2.2.3 Parâmetros tecnológicos.....	70
6.2.2.4 Teor de silício e potássio nas folhas da cana-de-açúcar	74
6.2.2.5 Produtividade de colmos (TCH)	75
6.3 Sulfometuron metil associado ou não ao silício aplicado via foliar.....	76
6.3.1 Início de safra	76
6.3.1.1 Altura de planta.....	76
6.3.1.2 Rebrotas da soqueira.....	78
6.3.1.3 Parâmetros tecnológicos.....	79
6.3.1.4 Teor de silício e potássio nas folhas da cana-de-açúcar	84
6.3.1.5 Produtividade de colmos (TCH)	85
6.3.2 Final de safra	86
6.3.2.1 Altura de planta.....	86
6.3.2.2 Rebrotas da soqueira.....	88

6.3.2.3 Parâmetros tecnológicos	89
6.3.2.4 Teor de silício e potássio nas folhas da cana-de-açúcar	93
6.3.2.5 Produtividade de colmos (TCH)	94
7 CONCLUSÃO	96
8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	97

LISTA DE TABELAS

	Página
Tabela 1. Quadro de análise de variância da altura de plantas em função da aplicação de etil-trinexapac associado ou não ao silício em início de safra.....	35
Tabela 2. Altura de plantas de cana-de-açúcar em função da aplicação de Etil-trinexapac associado ou não ao silício em início de safra	35
Tabela 3. Quadro de análise de variância da rebrota em função da aplicação de etil-trinexapac associado ou não ao silício em início de safra.....	36
Tabela 4. Número de rebrota após colheita em área com aplicação de etil-trinexapac associado ou não ao Si em início de safra.....	37
Tabela 5. Quadro de análise de variância da análise tecnológica da cana-de-açúcar em função da aplicação de etil-trinexapac associado ou não ao Si em início de safra.	38
Tabela 6. Análise de variância dos teores de silício e potássio em função da aplicação de etil-trinexapac associado ou não ao Si em início de safra.	43
Tabela 7. Teor foliar de silício e potássio na cana-de-açúcar em função da aplicação de etil-trinexapac associado ou não ao silício em início de safra	43
Tabela 8. Quadro de análise de variância de TCH em função da aplicação de etil-trinexapac associado ou não ao Si em início de safra.....	45
Tabela 9. Produtividade de colmos (TCH) em função da aplicação de etil-trinexapac associado ou não ao Si em início de safra.....	45
Tabela 10. Quadro de análise de variância da altura de planta em função da aplicação de etil-trinexapac associado ou não ao silício em final de safra.....	46

Tabela 11. Altura de plantas de cana-de-açúcar em função da aplicação de etil-trinexapac associado ou não ao Si em final de safra.....	47
Tabela 12. Quadro de análise de variância da rebrota em função da aplicação de etil-trinexapac associado ou não ao silício em final de safra.....	48
Tabela 13. Número de rebrota após colheita em área com aplicação de etil-trinexapac associado ou não ao Si em final de safra	49
Tabela 14. Quadro de análise de variância da análise tecnológica da cana-de-açúcar em função da aplicação de etil-trinexapac associado ou não ao silício em final de safra.....	50
Tabela 15. Quadro de análise de variância dos teores de silício e potássio em função da aplicação de etil-trinexapac associado ou não ao Si em final de safra.	54
Tabela 16. Teor de silício e potássio na cana-de-açúcar em função da aplicação de etil-trinexapac associado ou não ao Si em final de safra.....	54
Tabela 17. Quadro de análise de variância de TCH em função da aplicação de etil-trinexapac associado ou não ao Si em final de safra.	55
Tabela 18. Produtividade de colmos (TCH) em função da aplicação de etil-trinexapac associado ou não ao Si em final de safra.....	55
Tabela 19. Quadro de análise de variância da altura de planta em função da aplicação de ethephon associado ou não ao silício em início de safra.....	57
Tabela 20. Altura de plantas de cana-de-açúcar em função da aplicação de ethephon associado ou não ao Si em início de safra.....	58
Tabela 21. Quadro de análise de variância da rebrota em função da aplicação de ethephon associado ou não ao silício em início de safra.....	59
Tabela 22. Número de rebrota após colheita em área com aplicação ethephon associado ou não ao Si em início de safra.....	59

Tabela 23. Quadro de análise de variância da análise tecnológica da cana-de-açúcar em função da aplicação de ethephon associado ou não ao silício em início de safra.....	60
Tabela 24. Quadro de análise de variância dos teores de silício e potássio em função da aplicação de ethephon associado ou não ao silício em início de safra.....	64
Tabela 25. Teor foliar de silício e potássio (g kg^{-1}) na cana-de-açúcar em função da aplicação de ethephon associado ou não ao Si em início de safra.....	65
Tabela 26. Quadro de análise de variância da TCH em função da aplicação de ethephon associado ou não ao silício em início de safra.	66
Tabela 27. Produtividade de colmos (TCH) em função da aplicação de ethephon associado ou não ao Si em início de safra.....	66
Tabela 28. Quadro de análise de variância da altura de planta em função da aplicação de ethephon associado ou não ao silício em final de safra.....	67
Tabela 29. Altura de plantas de cana-de-açúcar em função da aplicação de ethephon associado ou não ao Si em final de safra.....	68
Tabela 30. Quadro de análise de variância da rebrota em função da aplicação de ethephon associado ou não ao silício em final de safra.....	69
Tabela 31. Número de rebrota após colheita em área com aplicação ethephon associado ou não ao Si em final de safra.....	69
Tabela 32. Quadro de análise de variância da análise tecnológica da cana-de-açúcar em função da aplicação de ethephon associado ou não ao silício em final de safra.....	70
Tabela 33. Quadro de análise de variância dos teores de silício e potássio em função da aplicação de ethephon associado ou não ao silício em final de safra.....	74

Tabela 34. Teor foliar de silício e potássio (g kg^{-1}) na cana-de-açúcar em função da aplicação de ethephon associado ou não ao Si em final de safra.....	74
Tabela 35. Quadro de análise de variância da TCH em função da aplicação de ethephon associado ou não ao silício em final de safra.	75
Tabela 36. Produtividade de colmos (TCH) em função da aplicação de ethephon associado ou não ao Si em final de safra	76
Tabela 37. Quadro de análise de variância da altura de planta em função da aplicação de sulfometuron metil associado ou não ao silício em início de safra.....	76
Tabela 38. Altura de plantas de cana-de-açúcar em função da aplicação de sulfometuron metil associado ou não ao Si em início de safra.....	77
Tabela 39. Quadro de análise de variância da rebrota em função da aplicação de sulfometuron metil associado ou não ao silício em início de safra.....	78
Tabela 40. Número de rebrota após colheita em área com aplicação de sulfometuron metil associado ou não ao Si em início de safra.....	78
Tabela 41. Quadro de análise de variância da análise tecnológica da cana-de-açúcar em função da aplicação de sulfometuron metil associado ou não ao silício em início de safra.....	79
Tabela 42. Quadro de análise de variância dos teores de silício e potássio em função da aplicação de sulfometuron metil associado ou não ao silício em início de safra.....	84
Tabela 43. Teor foliar de silício e potássio (g kg^{-1}) na cana-de-açúcar em função da aplicação de sulfometuron metil associado ou não ao Si em início de safra.	84
Tabela 44. Quadro de análise de variância da TCH em função da aplicação de sulfometuron metil associado ou não ao silício em início de safra.	85

Tabela 45. Produtividade de colmos (TCH) em função da aplicação de sulfometuron metil associado ou não ao Si em início de safra	85
Tabela 46. Quadro de análise de variância da altura de planta em função da aplicação de sulfometuron metil associado ou não ao silício em final de safra.....	86
Tabela 47. Altura de plantas de cana-de-açúcar em função da aplicação de sulfometuron metil associado ou não ao Si em final de safra.....	87
Tabela 48. Quadro de análise de variância da rebrota em função da aplicação de sulfometuron metil associado ou não ao silício em final de safra.....	88
Tabela 49. Número de rebrota após colheita em área com aplicação de sulfometuron metil associado ou não ao Si em final de safra.....	88
Tabela 50. Quadro de análise de variância da análise tecnológica da cana-de-açúcar em função da aplicação de sulfometuron metil associado ou não ao silício em final de safra.....	89
Tabela 51. Quadro de análise de variância dos teores de silício e potássio em função da aplicação de sulfometuron metil associado ou não ao silício em final de safra.....	93
Tabela 52. Teor foliar de silício e potássio (g kg^{-1}) na cana-de-açúcar em função da aplicação de sulfometuron metil associado ou não ao Si em final de safra.	94
Tabela 53. Quadro de análise de variância da TCH em função da aplicação de sulfometuron metil associado ou não ao silício em final de safra.....	95
Tabela 54. Produtividade de colmos (TCH) em função da aplicação de sulfometuron metil associado ou não ao Si em final de safra	95

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Precipitação pluvial (mm mês ⁻¹) e temperaturas (°C) máxima, mínima e média registrados na Estação Meteorológica da Fazenda Bosque, Igarapu do Tietê (SP).....	26
Figura 2. Precipitação pluvial (mm mês ⁻¹) e temperaturas (°C) máxima, mínima e média registrados na Usina Guarani, Olímpia (SP)	27
Figura 3. Pol cana (%), em função da aplicação de etil-trinexapac, associado ou não ao Si, em início de safra.....	41
Figura 4. Pureza cana (%), em função da aplicação de etil-trinexapac, associado ou não ao Si, em início de safra.....	41
Figura 5. Fibra cana (%), em função da aplicação de etil-trinexapac, associado ou não ao Si, em início de safra.....	42
Figura 6. AR cana (%), em função da aplicação de etil-trinexapac, associado ou não ao Si, em início de safra.....	42
Figura 7. Pol cana (%), em função da aplicação de etil-trinexapac, associado ou não ao Si, em final de safra.....	52
Figura 8. Pureza cana (%), em função da aplicação de etil-trinexapac, associado ou não ao Si, em final de safra.....	52
Figura 9. Fibra cana (%), em função da aplicação de etil-trinexapac, associado ou não ao Si, em final de safra.....	53
Figura 10. AR cana (%), em função da aplicação de etil-trinexapac, associado ou não ao Si, em final de safra.....	53
Figura 11. Pol cana (%), em função da aplicação de ethephon, associado ou não ao Si, em início de safra.....	62
Figura 12. Pureza cana (%), em função da aplicação de ethephon, associado ou	63

não ao Si, em início de safra.....	
Figura 13. Fibra cana (%), em função da aplicação de ethephon, associado ou não ao Si, em início de safra.....	63
Figura 14. AR cana (%), em função da aplicação de ethephon, associado ou não ao Si, em início de safra.....	64
Figura 15. Pol cana (%), em função da aplicação de ethephon, associado ou não ao Si, em final de safra.....	72
Figura 16. Pureza cana (%), em função da aplicação de ethephon, associado ou não ao Si, em final de safra.....	72
Figura 17. Fibra cana (%), em função da aplicação de ethephon, associado ou não ao Si, em final de safra.....	73
Figura 18. AR cana (%), em função da aplicação de ethephon, associado ou não ao Si, em final de safra.....	73
Figura 19. Pol cana (%), em função da aplicação de sulfometuron metil, associado ou não ao Si, em início de safra.	82
Figura 20. Pureza cana (%), em função da aplicação de sulfometuron metil, associado ou não ao Si, em início de safra.	82
Figura 21. Fibra cana (%), em função da aplicação de sulfometuron metil, associado ou não ao Si, em início de safra.....	83
Figura 22. AR cana (%), em função da aplicação de sulfometuron metil, associado ou não ao Si, em início de safra.	83
Figura 23. Pol cana (%), em função da aplicação de sulfometuron metil, associado ou não ao Si, em final de safra.....	91
Figura 24. Pureza cana (%), em função da aplicação de sulfometuron metil, associado ou não ao Si, em final de safra.....	92

Figura 25. Fibra cana (%), em função da aplicação de sulfometuron metil, associado ou não ao Si, em final de safra.	92
Figura 26. AR cana (%), em função da aplicação de sulfometuron metil, associado ou não ao Si, em final de safra.....	93

1. RESUMO

O presente trabalho teve por objetivo avaliar a eficiência da aplicação foliar de silício associado ou não a maturadores químicos em início e final de safra, com diferentes mecanismos de ação, e suas implicações na produtividade, qualidade tecnológica e rebrota da cana-de-açúcar. O presente estudo foi composto por experimento em cana soca. Os experimentos foram instalados e conduzidos em duas áreas com diferentes condições climáticas e tipos de solo, situadas no município de Olímpia/SP, pertencente a Tereos-Petrobrás/Usina Guarani S.A e em Igaracú do Tietê/SP, pertencente à Raízen Energia S.A/Usina da Barra, por dois anos consecutivos e subdivididos em início de safra, nos anos agrícolas de 2009 e 2010 e final de safra, nos anos agrícolas de 2008 e 2009, totalizando 24 experimentos. O delineamento experimental utilizado foi de blocos casualizados com cinco repetições. Nos dois experimentos em início de safra, foi utilizada a variedades de cana-de-açúcar RB855453 (maturação precoce). Nos experimentos em final de safra foi utilizada a variedade SP80-3280 (maturação média-tardia) na área pertencente a Raízen Energia S.A, e a variedade RB867515 (maturação média-tardia) na área pertencente a Tereos-Petrobrás. Os tratamentos foram constituídos da aplicação de três maturadores químicos (sulfometuron metil, etil-trinexapac e ethephon) mais a testemunha (maturação natural), associados à aplicação de silício foliar. Para os maturadores químicos, as doses empregadas foram respectivamente: 20 g p.c. ha⁻¹, 0,8 L p.c. ha⁻¹ e 0,66 L p.c. ha⁻¹. Quanto à aplicação de silício, cuja fonte foi o silicato de potássio, a dose foi: 1,4 kg ha⁻¹. A aplicação dos tratamentos ocorreu nos meses de março, para a variedade de maturação precoce e nos meses de outubro, para a variedade de maturação tardia, dos respectivos anos

agrícolas, utilizando-se equipamento costal pressurizado (CO₂). Foram avaliados os parâmetros biométricos e tecnológicos: altura de plantas, rebrota da soqueira, produtividade de colmos; pureza caldo, Pol cana, açúcares redutores cana, fibra e teores de Si nas folhas. A aplicação dos maturadores foi eficiente na elevação da Pol e na melhoria da qualidade tecnológica da cana em início de safra sem afetar a produtividade de colmos e a rebrota da soqueira. Em final de safra, os maturadores foram eficientes na manutenção da Pol. A aplicação foliar de Si proporcionou incrementos de Pol nos experimentos de início e final de safra.

Palavras-chave: *Saccharum* spp., reguladores vegetais, rebrota, produtividade de colmos, silicato de potássio.

SILICON FOLIAR APPLICATION ASSOCIATED WITH OR WITHOUT CHEMICAL RIPENERS IN SUGARCANE. Botucatu, 2013. 115. Tese (Doutorado em Agronomia/Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”.

Author: RODRIGO FOLTRAN

Adviser: CARLOS ALEXANDRE COSTA CRUSCIOL

2. SUMMARY

This study aimed to evaluate effectiveness of silicon foliar application with or without chemical ripeners in cane productivity and technological analysis changes. This study was consisted in cane ratoon. The experiments were conducted at Guarani mill/Tereos-Petrobras join-stock Company in Olympia, São Paulo State, and Barra mill/Raízen Energy join stock company in Igarapu do Tietê / São Paulo State, for two consecutive years, subdivided into early and end harvest season, totaling 24 experiments. The experimental design was a randomized block with five replications. In the beginning of harvest season was used RB855453 varieties (early maturing) in both local and in the final harvest season was used SP80-3280 variety (late ripening) in the Raízen Energy Company areas and RB867515 (middle-late ripening) in the Tereos-Petrobrás . The treatments consisted of foliar application of silicon associated with three chemical ripeners (ethyl-trinexapac ethephon and sulfometuron methyl) over the control. For chemical ripeners, were used: 0.8 L.ha⁻¹, 0.66 L.ha⁻¹ and 20 g.ha⁻¹. The source of silicon was potassium silicate. The spraying occurred in March and October, using equipment pressurized (CO₂) emissions. Was evaluated biometric parameters and technology: plant height; cane yield; juice purity, Pol

sugar, reducing sugar cane, sugar cane fiber and content of Si in the leaves. The ripeners was effective in technological quality improvement in the early season without effecting the crop yield and regrowth. At the end of season, the ripeners maintained the sugar quality. Silicon application increased sugar content in the beginning and the end of season.

3. INTRODUÇÃO

A agricultura busca a alta rentabilidade financeira por meio de melhores produções por área. Para se obter a alta produtividade, dispõe-se de diversos mecanismos, tais como variedades melhoradas, adequado balanço nutricional da planta, locação do ambiente de produção e do manejo fitotécnico.

No setor sucroalcooleiro, parte do crescente aumento na produtividade agrícola faz referência a um manejo fitotécnico específico, a aplicação dos maturadores químicos.

Os maturadores são definidos como agentes reguladores do crescimento vegetal, similares aos grupos de hormônios vegetais, que quando aplicados na cana em estágio adulto, podem alterar seus processos vitais e estruturais com a finalidade de aumentar a produtividade e melhorar sua qualidade. Podem agir por meio da indução da diminuição do crescimento da planta ou pela atuação sobre as enzimas, que catalisam o acúmulo de sacarose nos colmos. Por definição, a maturação da cana ocorre quando os produtos da fotossíntese são armazenados no colmo como sacarose (VAN DILLEWIJN, 1952), sendo que esse processo natural pode ser catalisado por meio de um leve estresse hídrico (ROBERSTON et al., 1999) ou artificialmente pela aplicação de maturadores. O seu uso na agricultura se justifica pelo fato de que a cana necessita atingir um mínimo teor de sacarose nos colmos no momento da colheita afim de se ter retorno econômico viável. Para Batta et al., (2002), o sucesso econômico da cultura da cana é determinado pelo acúmulo de sacarose nos colmos.

Um fato que ocorre há muitos anos e que ocasionou a necessidade desse novo manejo na cultura foi o aumento da área plantada superar a capacidade operacional das usinas fazendo com que houvesse a necessidade de se expandir o período de colheita para quase o ano todo. Dessa forma, as condições climáticas (alta temperatura e umidade) que normalmente predominam no início e no final da safra na região Centro Sul do Brasil dificultam a maturação da cana, não permitindo que ela apresente teores de sacarose adequados para a industrialização. A safra de cana na região Sudeste inicia-se em meados de março/abril e finaliza-se em novembro/dezembro.

Paralelamente, sabe-se que as condições nutricionais da cana-de-açúcar apresentam correlação direta com a produtividade (DIAS, 1997). As soqueiras representam normalmente o montante de 80-85% da cana a ser processada, a sólida manutenção no fornecimento de nutrientes extraídos pela cultura é fundamental para não comprometer o seu desenvolvimento. A atuação de um produto hormonal pode ser limitada por diversos fatores, dentre eles, a nutrição da planta. Portanto, a nutrição adequada do canavial é imprescindível para se alcançar maiores resultados (ORLANDO FILHO, 1993), principalmente em áreas em que se faz uso de maturadores.

Todos os nutrientes minerais desempenham funções específicas para a produtividade da cana. Os micronutrientes, por sua vez, destacam-se por atuarem em processos enzimáticos nas plantas. A aplicação desses micronutrientes em solução ou suspensão na parte aérea da planta pode corrigir possíveis deficiências nutricionais não atendidas pela adubação de base e devem ser feita por meio da adubação foliar (VITTI; MAZZA, 2002). Pesquisas feitas com fertilização de silício (Si) na cana mostraram resultados positivos com aumentos na produtividade (PREEZ, 1970; KIDDER e GASHO, 1977; SAVANT et al., 1999; PRADO e FERNANDES 2001a; DATNOFF et al., 2001; KORNDÖRFER et al., 2002; KORNDÖRFER et al., 2003). O efeito desse elemento benéfico é maior em situações em que a planta se encontra em estresse biótico ou abiótico. Estudando a aplicação foliar de Si em cana-de-açúcar associado ao paraquat e diquat, Alexander et al. (1970) demonstraram que o Si conservou a integridade do tecido foliar, protegendo reações fotossintéticas, e conseqüentemente, promovendo aumento no nível de sacarose.

Atrelado ao fato do potencial do Brasil na cultura da cana-de-açúcar, a pesquisa nacional tem incentivado a trabalhar em tecnologias para sustentar a produtividade da cultura e estabilidade do setor no mercado mundial. Para elevar o índice

de açúcar recuperável na cana-de-açúcar é fundamental adotar estratégias no sistema de produção como seleção de variedades no campo e uso de produtos com ação na maturação da cana. Além disso, as evidências do mercado mostram tendência de crescimento na produção de açúcar e álcool podendo chegar a 46 milhões de toneladas e 65 bilhões de litros, respectivamente, na safra 2019/20. Com isso, novos plantios de cana-de-açúcar devem ultrapassar um milhão de hectares. Ao mesmo tempo, a viabilidade econômica da produção dos produtos provenientes da cana está diretamente relacionada com a qualidade da matéria prima, ou seja, a quantidade de açúcar presente nos colmos industrializáveis. Isto é, a matéria-prima com qualidade superior pode minimizar o custo de corte, carregamento e transporte (MORGAN, et al. 2007).

A compreensão de como funciona o processo de acúmulo de sacarose é pequena. Acredita-se ser dependente da variedade (CLOWES e INMAN-BAMBER, 1980; DUSKY et al., 1986; MILLHOLLON e LEGENDRE, 2000) e do estado da cultura antes e após a aplicação do maturador (DONALDSON, 1999).

Em função do exposto, o presente trabalho teve por objetivo estudar a eficácia da aplicação foliar de silício associado ou não à maturadores, com diferentes mecanismos de ação, e suas implicações na produtividade e qualidade tecnológica, tanto em aplicação de início como de final de safra.

4. REVISÃO DE LITERATURA

4.1 A cultura da cana-de-açúcar

A cana-de-açúcar ocupa um capítulo importante na história do Brasil, participando desde a sua colonização até os dias de hoje. CORREA (1926) cita que as primeiras mudas de cana-de-açúcar foram plantadas em 1502 e dentro de pouco tempo a cultura teria se expandido para toda a região Nordeste (COSTA, 1958).

Em meados de 1580, o Brasil alcançava a liderança mundial na produção de açúcar. Desde então, o setor prosperou-se movido às crises mundiais e investimentos governamentais. Na década de 30 do século XX, o setor era monitorado pelo Estado, que controlava a produção e os preços do açúcar e do álcool. Aprimoraram-se nesse período os trabalhos com a cultura no Instituto Agrônomo em São Paulo, focados principalmente no melhoramento genético, adubação e tratos culturais (MORAES, 2000).

Para acompanhar o grande desenvolvimento do setor no Estado de São Paulo, a partir de 1950 os ensaios experimentais foram progressivamente intensificados (SEGALLA e ALVAREZ, 1968; ESPIRONELO, 1987). Já na década de 70, com a crise do petróleo, impulsionou-se o desenvolvimento em várias regiões do Estado de São Paulo por meio de incentivos e créditos agrícolas (LOPES, 1996).

As perspectivas do mercado para as safras futuras são otimistas. O aumento na demanda de combustível derivado da cana-de-açúcar no país deve-se ao rápido incremento de carros bicomcombustíveis no mercado. O uso do etanol brasileiro é justificado perante o esgotamento das fontes de energia fósseis mundiais, problemas políticos e religiosos nos países produtores de petróleo além de contribuir para os graves encaixos das mudanças climáticas. Sendo assim, o setor produtivo necessita de investimentos para atender o mercado crescente e garantir o fornecimento no mercado interno e externo com sustentabilidade.

A cana-de-açúcar é uma planta alógama de metabolismos C_4 da família Poaceae, gênero *Saccharum* (CESNIK, 2004; MATSUOKA, et al., 2005), com alta capacidade fotossintética, sendo que as variedades comercializadas são híbridos. Altura de planta, número e comprimento de colmos, arquitetura e largura de folhas são características varietais (RODRIGUES, 1995). As plantas se desenvolvem em forma de touceira com a parte aérea formada por colmos, folhas e inflorescência, enquanto a parte subterrânea é formada por raízes e rizomas. Cada entrenó gera uma nova folha a cada dez dias aproximadamente com concomitante queda de uma folha mais velha, permanecendo o número constante de oito a dez folhas por colmo. As seis folhas mais novas são as responsáveis pela maior interceptação de luz. Do plantio até o momento de sua primeira colheita, a cana é denominada de cana-planta. Esse período pode ser de 12 meses (cana de ano) quando o plantio é realizado em meados de setembro/outubro. Se o plantio for realizado em meados de janeiro/março, a colheita será realizada após 18 meses aproximadamente e denomina-se cana de ano e meio. O plantio de inverno é realizado entre maio/agosto. Após a primeira colheita a cana brota novamente para ser colhida por volta de 12 meses e a partir daí recebe a denominação de soca ou soqueira. Esse processo normalmente se repete por 5 anos ou mais, quando então se faz o plantio novamente.

A cultura necessita de duas estações distintas, uma quente e úmida, ideal para o crescimento, perfilhamento e desenvolvimento, e outra fria e seca, essencial para a maturação e acúmulo de sacarose. As principais regiões produtoras apresentam pluviosidade entre 1.000 e 1.600 mm anuais, distribuídas ao longo do ciclo de desenvolvimento.

Morfologicamente, o último estágio no ciclo da cana-de-açúcar é o seu amadurecimento. Nessa fase do desenvolvimento a planta apresenta seu melhor rendimento industrial. Essa fase pode ser abordada por três características: botânico

(caracterizado por emissão da inflorescência e formação de sementes, fundamental para a produção de híbridos e estudos genéticos.), fisiológico (momento em que os colmos maximizam o acúmulo de sacarose) e econômico (quando a cana atinge o teor mínimo de 13% Pol ideal para a colheita) (DEUBER, 1988; SILVA, 1989; CÂMARA, 1993).

Por esse motivo, Taiz e Zeiger (2004) comentam que essa é uma cultura adaptada às altas temperaturas e intensidade luminosa. Sua área de plantio é ampla, podendo ser cultivada entre os paralelos 35.º A cana-de-açúcar é a gramínea mais cultivada nas regiões tropicais. No Brasil, a região que apresenta melhor microclima apto para a cultura da cana é o estado de São Paulo por possuir condições de déficit hídrico e baixas temperaturas, condições que permitem a melhor maturação (CUNHA et al. 2001).

O cultivo da cana-de-açúcar se estende por 9 milhões de hectares e com perspectiva para um total de 12 milhões de ha (FNP, 2012). A safra 2012/2013 na região centro-sul do Brasil deverá atingir 382 milhões de toneladas. Estima-se produção de 9213.503 milhões de litros de álcool anidro, 14.277 milhões de litros de álcool hidratado (ÚNICA, 2013).

Para Fernandes (2006), a palavra cana é usada genericamente para designar o colmo industrializável, ou seja, cortado na base e despontado no ápice no ponto de quebra natural e livre de folhas, bainha e impurezas. Segundo Lavanholi (2008) a cana-de-açúcar é composta por caldo e fibras. As fibras são os sólidos insolúveis e o caldo é composto por água e sólido solúveis (açúcares e não açúcares). A fibra é importante para a geração de energia na indústria e o excedente é vendido para as companhias energéticas.

Para a indústria, a qualidade da cana-de-açúcar é determinada pelas características da própria planta e que pode ser alterada dependendo do manejo agrícola e industrial decidindo seu potencial de produção de açúcar ou etanol (FERNANDES, 2006).

A qualidade da cana-de-açúcar pode ser influenciada por pragas e doenças, estresse hídrico, danos físicos nos colmos, ataque de microrganismos e os fatores intrínsecos como o teor de fibra e açúcar (MUTTON e MUTTON, 1992; RAVANELI et al., 2006). Lavanholi (2008) comenta também que o uso incorreto de maturadores também pode diminuir a qualidade da cana dependendo da dose empregada, da variedade e das condições ambientais após a aplicação.

O conhecimento sobre a maturação e a qualidade tecnológica da cana-de-açúcar tem sido essencial por ser parâmetro nas decisões tanto para a avaliação de rotina do estágio de maturação para colheita quanto para o pagamento aos produtores pelo

teor de sacarose. Além disso, é de fundamental importância o conhecimento local das respostas das pesquisas para a manutenção da competitividade do setor.

Mesmo com a ampla diversidade de variedades plantadas pelas unidades produtoras, o mercado carece de materiais com precocidade para atender a indústria no começo de safra (abril/maio) devido à extensão da colheita na região Centro-Sul, onde este período pode se estender de fevereiro a dezembro. Com isso fica dificultada a manutenção da POL nos mesmos valores que nos meses de julho/agosto. Rodrigues (1995) alega que a maioria das variedades modernas dispõe-se a amadurecer e atingir o máximo da maturação em 2 a 4 meses após o início da safra. Este fato, explica parte do interesse generalizado em aplicar agentes maturadores.

4.2 Silício na cana-de-açúcar

Como acontece em outras gramíneas, a cana tem a capacidade de acumular grandes quantidades de Si, sugerindo que esse elemento tenha um papel importante tanto fisiológico como morfológico. Isso porque, a cultura com 12 meses de idade pode acumular até 380 kg ha⁻¹ de Si na parte aérea quando comparado com os 180 kg ha⁻¹ de K, 140 kg ha⁻¹ de N e 20 kg ha⁻¹ de P (SAMUELS, 1969). Apesar de a cana conseguir se desenvolver sob pequenas quantidades desse elemento, sua alta capacidade de absorção sugere que o Si possa ser necessário para o desenvolvimento normal da planta. Savant et al. (1999) comentam que o Si é reconhecido como essencial para uma produção agrônômica sustentável na cultura da cana-de-açúcar.

Em se tratando de fertilidade do solo, o manejo dos macronutrientes é o que a maioria dos técnicos considera como essencial para a produtividade das culturas. Sabe-se que a cana-de-açúcar exige adições regulares de nitrogênio, fósforo e potássio para a produção agrícola considerada ideal. Paralelamente, os micronutrientes, assim denominados, são elementos exigidos em proporções diminutas pelas plantas quando comparado com os macronutrientes. No entanto, sua falta pode ocasionar grandes perdas na produtividade.

Uma avaliação de cultivares feita por Deren et al. (1993) foi suficiente para demonstrar que existe grande variabilidade genética quanto à capacidade

das cultivares em acumular Si. RODRIGUES (1997), de forma semelhante, verificou que a cana-de-açúcar apresenta teores de Si nas folhas variável segundo a variedade.

A utilização dos micronutrientes é referida na literatura em termos de produtividade e resistência a pragas e doenças. Apesar de não ser considerado essencial ou funcional para o crescimento e desenvolvimento das plantas, tem-se observado maior produtividade com o aumento da disponibilidade de silício (Si) para as plantas. Epstein (1994) cita este elemento como uma “anomalia” ou um elemento enigmático na “fitotecnia”. O silício ainda não foi considerado essencial para o crescimento das plantas, porém, resultados de pesquisas tem mostrado aumento no crescimento e na produtividade de muitas culturas (ELAWAD & GREEN, 1979; SILVA, 1973; KORNDÖRFER & DATNOFF, 1995). Toda a controvérsia sobre sua essencialidade para as plantas é baseada pela sua presença em quantidades significativas na água e sais nutrientes (WENER & ROTH, 1983). É um macronutriente essencial para diatomáceas do gênero Bacillariophyta. Plantas da família Equisitaceae requerem Si irrestritamente, e em grandes quantidades (CHEN & LEWIN, 1969).

O silício é encontrado nas plantas principalmente sob a forma de sílica amorfa hidratada ($\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$). Apenas uma pequena parte (1%) se apresenta na forma iônica (TAKAHASHI, 1996). Nas folhas, o Si acumula-se abaixo da cutícula formando uma camada de sílica contribuindo para fortalecer a estrutura da planta reduzindo a perda de água (TAKAHASHI, 1995, KORNDÖRFER et al., 2002a), além de manter as folhas mais eretas propiciando o melhor aproveitamento da luz solar e conseqüentemente maior aproveitamento fotossintético (DEREN et al., 1994; TAKAHASHI, 1995) e produção (PEREIRA et al., 2003). O silício fornecido à planta, seja por via solo, foliar ou em solução nutritiva tem demonstrado resultados consistentes no controle de várias doenças tanto em mono quanto em dicotiledôneas (DATNOFF et al., 2007; PEREIRA et al., 2009, RODRIGUES et al., 2009).

Os efeitos positivos do Si em plantas em situações de estresse têm sido largamente comprovados (DATNOFF et al., 2001). A produção da cana-de-açúcar e a síntese de açúcar, por exemplo, podem aumentar significativamente devido à aplicação de silicatos de cálcio.

O Si pode ativar genes relacionados com a produção de fenóis e enzimas envolvidos com o mecanismo de defesa da cana-de-açúcar, principalmente em situações de estresse (LIMA FILHO et al., 2003).

A diminuição do auto-sombreamento, principalmente sob condições de alta densidade populacional de plantas e altas doses de nitrogênio, também se torna um benefício do uso do elemento Si (YOSHIDA et al., 1969; BALASTA et al., 1989).

Para Datnoff et al. (2001) o silício é considerado pouco móvel na planta. Havendo a necessidade do fornecimento desse elemento em canaviais adultos, a via foliar seria a adequada para a eficiente deposição e absorção do Si na parte aérea.

A base da estrutura mineral da maioria dos solos é formada por óxido de silício (SiO_2). Todavia, em razão do avançado grau de intemperização em que se encontram os solos tropicais, o silício é encontrado basicamente na forma de opala e quartzo ($\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$), formas essas de difícil absorção pelas plantas.

As principais fontes de silício para as plantas via solo são resultados da decomposição de resíduos vegetais, dissociação do ácido silícico polimérico, da liberação de silício dos óxidos e hidróxidos de Fe e Al, dissociação de minerais cristalinos e não cristalinos, da adição de fertilizantes silicatados e da água de irrigação. Os drenos principais são constituídos pela precipitação do silício em solução formando minerais, polimerização do ácido silícico, lixiviação, adsorção pelos óxidos e hidróxidos de Fe e Al e a absorção pelas plantas (LIMA FILHO et al., 1999).

Solos tropicais submetidos à intemperização, lixiviação e com cultivos sucessivos, tendem a apresentar níveis baixos de silício trocável devido à chamada dessilicificação. Nesse caso, quando esses solos são utilizados intensivamente, principalmente com a cultura da cana que é considerada acumuladora de silício (KORNDÖRFER et al., 1998a; KORNDÖRFER et al., 1998b), podem tornar-se deficientes no elemento, pois a absorção e exportação do nutriente não é compensada pela adubação silicatada (LIMA FILHO et al., 1999).

A cana-de-açúcar responde favoravelmente a adubação com Si, particularmente nos solos pobres nesse elemento. Ross et al. (1974) citam uma remoção (exportação) de até 408 kg ha^{-1} de Si para uma produtividade de apenas 74 t ha^{-1} de cana-de-açúcar (folhas + colmos). Esta remoção poderia ser ainda maior em áreas intensivamente cultivadas e com maior produtividade. Como resultado desta enorme exportação de Si, pode ocorrer uma diminuição temporária do Si "disponível" no solo.

Segundo Bair (1966), os solos carentes em Si resultam na disseminação mais rápida do vírus causador do mosaico, atraso na maturação e diminuição de sólidos solúveis no caldo da cana. Mas é na produção de colmos o principal efeito do Si.

Segundo Kidder e Gascho (1977), os aumentos de produtividade da cana-de-açúcar podem variar de 10 a 35%.

Em estudo feito por Clements (1965), a aplicação de Si em cana-de-açúcar aumentou a produção de açúcar. Para o autor este fato ocorreu provavelmente devido à diminuição da toxicidade causada pelo Mn (manganês). Porém, pesquisas mostraram uma correlação direta do Si com a síntese de sacarose (ALEXANDER, 1967; ALEXANDER, 1968a; SAMUELS et al., 1969).

Dentre os fertilizantes foliares contendo Si existentes no mercado, o silicato de potássio é uma das fontes mais empregadas e seguras para o fornecimento desse elemento.

Alexander et al. (1970b) aplicaram Si via foliar (silicato de sódio - 500 ppm) combinado com Paraquat e Diquat e observaram que o Si manteve a integridade do tecido foliar, protegendo as reações fotossintéticas e com isso promoveu aumento no nível de sacarose. Além disso, o Si diminuiu a atividade da amilase e invertase. Com isso, os autores concluíram que os possíveis efeitos negativos dos maturadores podem ser regulados com a regulação de enzimas críticas. Em outro estudo, Alexander (1967) sugere ao Si a função fisiológica de inibidor enzimático, uma vez que o elemento fornecido em solução nutritiva (20 e 200 ppm) reduziu a atividade da invertase e tironase.

Prevendo-se aumento na produção de açúcar em cana, fez-se um trabalho onde se aplicou o ácido giberélico (AG) combinado com o Si via foliar e concluíram que a concentração de 100 ppm de Si reduziu a atividade das enzimas fosfatase, ATPase, peroxidase e polifenol oxidase, atribuindo-se o aumento de sacarose, quase que exclusivamente à supressão na atividade da invertase (ALEXANDER, 1968b). Os dados mostraram que tanto o AG quanto o Si podem aumentar a produção e o acúmulo de sacarose quando aplicados isoladamente, mas quando combinados, o incremento é superior.

4.3 Maturação e maturadores na cultura da cana-de-açúcar

A cana-de-açúcar revela suas características genéticas dependendo das condições ambientais como a temperatura, pluviosidade e fertilidade do solo. Nos

períodos do ano em que prevalecem a alta temperatura e umidade, o crescimento vegetativo impera para a formação de folhas, colmos e raízes. Nos períodos com baixa disponibilidade hídrica e temperaturas mais baixas a cana modifica o seu metabolismo, inibindo ou cessando o crescimento. Porém, a fotossíntese continua normalmente na planta e a sacarose produzida é armazenada no vacúolo das células parenquimáticas do colmo (ALEXANDER, 1973; DEUBER, 1988; ANDRADE e CARDOSO, 2004), fase essa denominada de maturação. Andrade (2006) cita a queda da temperatura e a diminuição da precipitação como fundamentais para processo de maturação da cana. Para César et al. (1987), fatores como a interação edafoclimática, manejo da cultura e a cultivar afetam a maturação da cana. Já para Azevedo (1981), os fatores responsáveis pela maturação são as baixas temperaturas, seca moderada e teores de nitrogênio no solo.

Em todos os estádios de desenvolvimento do ciclo da cana-de-açúcar podem ser identificados fatores limitantes ou potencialmente limitantes à produção. Na última fase fenológica, a maturação, se ocorrer condições de anormalidade, como o excesso de pluviosidade, por exemplo, a cultura pode não expressar todo seu potencial produtivo.

Plantas de metabolismo C4 têm como característica a alta afinidade da carboxilase do fosfoenolpiruvato com CO₂ a ponto de saturar os níveis internos permitindo a redução na abertura estomática enquanto fixam o CO₂ nas células da bainha do feixe vascular, possibilitando fotossintetizar com eficiência em altas temperaturas.

A maturação da cana é o resultado da fotossíntese pela formação de açúcares de cadeia de 6 carbonos. Inicialmente forma-se a glicose fosforilada que se converte em frutose-monofosfato e em seguida em frutose-difosfato. Quando a frutose-difosfato se associa a glicose livre transforma-se em sacarose fosfato. A tiamina ou a riboflavina funciona como receptor de fosfato provocando a fosforilação e formando a sacarose livre. O processo de acúmulo e armazenamento é feito contra o gradiente de concentração.

Para Tymowska-Lalanne e Kreis (1998), o acúmulo de sacarose difere entre os tecidos maduros e imaturos devido à necessidade de crescimentos destes. Em tecidos novos do colmo (ápice) a sacarose é convertida em hexoses e translocadas para o citoplasma onde são utilizadas para o crescimento da planta. Já nos tecidos maduros (parte basal), o crescimento é nulo havendo maior acúmulo da sacarose. Esse processo é controlado pelas enzimas invertases ácidas e neutras (GAYLER; GLASZIOU, 1972). Para

Casagrande (1991), o acúmulo de sacarose segue a mesma rota bioquímica para os tecidos imaturos como em adultos sendo: hidrólise da sacarose, formação e interconversão de hexosesfosfatos, formação de sacarose-P e acúmulo de parte da sacarose no vacúolo. Entretanto, pode ocorrer diferença de acúmulos nos tecidos, pela presença de reguladores vegetais e a ação das invertases.

O acúmulo de sacarose nos colmos pode ser resultado da fotossíntese ou da quebra do amido armazenado nas folhas, sendo que no início da maturação esse acréscimo é crescente da parte apical para a parte basal da planta. Com o decorrer do processo, essa diferença é minimizada até se igualar no final da maturação. É com base nessas informações que se define o melhor momento da aplicação de maturadores (FERNANDES; BENDA, 1985).

Nos meses de março e abril, quando se inicia a safra na região Centro-Sul, ainda ocorrem chuvas esparsas, as quais podem atrasar a maturação da cana. O amadurecimento natural da cana tanto no início quanto no final da safra (Out/Dez) pode ficar a desejar mesmo quando se utilizam variedades precoces ou tardias, justamente devido às variações do clima (alta temperatura e umidade).

Segundo Rodrigues (1995) comenta que a cana pode estar com alto teor de açúcar, bastando para isso ausência de água, nutrientes e outros fatores necessários ao seu desenvolvimento, não significando, porém, que estará fisiologicamente madura, ou seja, em ponto de colheita. Desta forma, apenas idade adulta não significa maturação total. Para o autor a carência de cultivares produtivos com maturação precoce, pode ser contornada com a utilização de maturadores químicos para o suprimento da usina durante o ano todo com cana madura. Seu uso se justifica principalmente em anos atípicos chuvosos e precipitações constantes no outono/inverno.

Para Mutton (1993) a maturação pode ser definida como sendo o estágio de desenvolvimento da cana onde ocorre a melhor produtividade quali-quantitativa de açúcar, ou ainda, o momento cujo resultado econômico e industrial são máximos. Segundo Nagumo (1993), a maturação é definida quando ocorre limitação dos fatores de crescimento e a planta armazena os produtos da fotossíntese. Machado et al. (2008) comentam que o rendimento industrial está diretamente relacionado com o conteúdo de sacarose nos colmos. Ou seja, conceitualmente, a maturação consiste em diminuir o crescimento vegetativo da planta sem afetar o processo fotossintético para que se tenha maior saldo de fotossintetizados para armazenamento (CLEMENTS, 1980).

Os vegetais produzem as chamadas moléculas sinalizadoras, como os hormônios vegetais, responsáveis por efeitos em cada aspecto do crescimento e desenvolvimento da planta. Muitos dos processos bioquímicos e fisiológicos são controlados por esses “mensageiros químicos”, que são produzidos em um sítio e translocados para outros locais na planta (HARTMANN et. al. 1988; TAIZ e ZEIGER, 2004). Dentre as funções dos hormônios vegetais, cabem a regulação e orientação da intensidade do crescimento, da atividade metabólica, do transporte, do estoque e da mobilização de materiais nutritivos (LARCHER, 2006). Esses metabólitos são compostos orgânicos, não nutrientes, produzidos pela planta, que em baixas concentrações (10^{-4} M), promovem ou inibem os processos fisiológicos e morfológicos do vegetal (CASTRO; VIEIRA, 2001).

Os maturadores químicos são compostos pertencentes ao grupo dos reguladores de crescimento, capazes de inibir o alongamento dos colmos sem afetar a fotossíntese favorecendo o acúmulo de açúcares no tecido de reserva, antecipar a maturação e modificar qualitativa e quantitativamente a produção (CASTRO, 1992; LAVANHOLI et al., 2002; ALMEIRA et al., 2003).

Para Castro et al. (2002), o mecanismo de ação dos reguladores vegetais é associado à sua interação molecular e específica, que desencadeia uma série de sequências bioquímicas e fisiológicas que produzirão respostas mensuráveis. Os hormônios agem ligando-se a receptores proteicos específicos, formando assim, um complexo hormônio-receptor, que libera um mensageiro secundário que, no núcleo, provoca a expressão gênica. Consequentemente, a formação do RNA mensageiro, a partir do DNA, induz a síntese de enzimas, que agem nas ligações polissacarídicas, promovendo o desenvolvimento celular.

Os reguladores vegetais são empregados há muitos anos no Hawaii e em outros países produtores de cana-de-açúcar e as pesquisas demonstraram que os reguladores podem influenciar quase que todos os estágios de desenvolvimento da cana, desde a germinação até o amadurecimento e indicado sua viabilidade de aplicação sob condições práticas (NICKEL, 1976; DEAN, 1978; CHUN et al, 1980; SASA, 1980, MOORE, 1980; PAGE, 1983). Segundo Gilbert et al. (2002), citado por GOLINSKI (2009), o emprego desses produtos foi incipiente até meados de 1970, quando surgiu o ethephon e os compostos baseados no glyphosate. Dois maturadores utilizados com

frequência pelas indústrias açucareiras Sul Africanas são o Fluazifop-p-butílico e o ethephon combinados ou aplicados isoladamente (McDONALD et al., 2000).

No Brasil, os estudos com reguladores vegetais tiveram início em 1972 no extinto IAA/Planalsucar, visando principalmente estimular a maturação (IAA/PLANALSUCAR, 1972). Os principais maturadores disponíveis no mercado para este fim são o sulfometuron metil, etil-trinexapac, ethephon, dentre outros (ALMEIDA et al., 2005).

A aplicação de maturadores simula as condições ambientais naturais promotoras do amadurecimento, com o único objetivo de promover o acúmulo de açúcares sem prejudicar a produtividade de colmos. Idade da planta, época de aplicação e dose do produto podem interferir na sua eficiência.

Segundo Caputo et al. (2008), estudando a interação de genótipos com a resposta à aplicação de maturadores, observaram resultados diferenciados, sendo que o genótipo PO88-62 foi mais responsivo ao sulfometuron-metil enquanto IAC87-3396, IAC87-3410, IAC91-5155 e SP80-1842 ao ethephon e IAC89-3124 e IAC91-2195 a ambos os maturadores.

Em anos atípicos, onde os problemas climáticos, como o excesso de chuva, podem afetar a colheita da cana provocando a chamada cana bisada, o uso de maturadores torna-se essencial para a obtenção da produção adequada de açúcar.

Os motivos dos produtores iniciarem a safra mais cedo (abril/maio) se baseiam nas melhores condições climáticas para o corte, carregamento, transporte e oferta do produto no mercado antecipadamente. Porém, a cana pode ainda não apresentar boas características tecnológicas para seu processamento. Isso porque a cana deve apresentar algumas condições consideradas mínimas para o processamento industrial rentável como os dados de POL, Brix e fibra. Certamente, a qualidade do caldo da cana pode ser incrementada pelo uso dos maturadores químicos.

Romero et al. (1997) comentam que o uso de maturadores pode favorecer maior uniformidade no acúmulo de açúcar nos entrenós da região mais apical, normalmente, imaturos. Fernandez (1984) cita que o maturador paralisa o desenvolvimento, induz a translocação e armazenamento de açúcar, além de reduzir perdas no campo e facilitar a operação de corte. Rodrigues (1995) explica ainda que a utilização de reguladores vegetais pode evitar o florescimento da cana. Isso porque o florescimento é prejudicial ao acúmulo de sacarose pelo fato de acarretar isoporização dos colmos,

aumento de fibras, brotação da gemas laterais, além consumir altas quantidades desse açúcar para sua formação (SALATA; FERREIRA, 1977; DEUBER, 1988; CAMARA, 1993; ALMEIDA, 2005). Stehle (1955) explica que, normalmente, em anos em que o florescimento é alto o teor de sacarose é menor que em anos de baixo florescimento.

Para que não ocorra perda do investimento realizado na cultura e se consiga rendimentos compatíveis de açúcar por hectare, o uso de maturadores químicos é uma tecnologia que pode e deve ser usada para o sucesso econômico. O uso estratégico do maturador químico possibilita, portanto, melhorar a qualidade da matéria prima, antecipar a colheita de variedades não precoces, flexibilizar o manejo de corte, liberar áreas mais cedo para reforma, reduzir os efeitos da umidade sobre a maturação de início e final de safra e, sobretudo, aliviar os efeitos da predominância de solos argilosos férteis e a concentração de entrega de cana por fornecedores no meio de safra.

4.3.1 Etil-trinexapac

O etil-trinexapac pertence ao grupo químico ciclohexadiona, derivado do ácido carboxílico, cujo nome químico é 4-ciclopropil-a-hidroxi-metileno-3,5-dioxociclohexanocarboxílico ácido etil éster, tendo como nome comum de trinexapac-etil ou etil-trinexapac. Seu uso é registrado como maturador a 250 g L⁻¹ de ingrediente ativo.

Ao se aplicar o produto, este é absorvido pela planta interferindo na síntese de giberelinas, especificamente no GA12-aldeído, que, de forma sequencial, inibe a síntese de giberelinas de maior eficiência biológica, como o GA20. Assim sendo, as plantas ficam menos sujeitas as ações dessas giberelinas altamente ativas sintetizando apenas as GAs biologicamente menos eficientes, como a GA8 e GA19, por exemplo. Com isso, ocorre um menor alongamento celular sem afetar, entretanto, a fotossíntese e a integridade da gema apical (RODRIGUES, 1995; RESENDE et al., 2000; TAIZ; ZEIGER, 2009). O retorno do crescimento normal das plantas após a aplicação desse maturador é dependente da dose utilizada e das condições ambientais.

Pesquisas mostraram que ocorre acúmulo de sacarose no colmo a partir de 30 dias após a sua aplicação mantendo o incremento além dos 90 DAA. Entretanto, há melhores respostas entre 45 e 75 DAA, dependendo da dose aplicada e as condições ambientais reinantes (RESENDE, 1995).

Estudos apresentaram considerável na inibição do crescimento dos entrenós, com capacidade de reduzir a altura da planta (NAQVI, 1994; TAIZ e ZEIGER, 1998). Este fato pode ser devido à supressão da dominância apical, assim como da ramificação lateral que é induzida por concentrações baixas de CCC (cloreto de 2-cloroetil-trimetilamônio) (STEFANINI et al., 2002). Tem sido empregado como maturador na cana e promovido aumento no rendimento de açúcar sem restringir a qualidade e produtividade de colmos (RESENDE et al., 2001). Segundo o autor a dose recomendada é de 200 g i.a. ha⁻¹ com resposta na maturação variando de 45 a 60 dias após a aplicação. Leite et al. (2009), estudando o etil-trinexapac aplicado em início de safra, obtiveram antecipação em 25 dias em relação a testemunha sob condições desfavoráveis a maturação. Os autores não obtiveram resultados na safra seguinte quando as condições foram favoráveis a maturação da cana.

Estudos de Resende et al (2001) mostraram que o etil-trinexapac aumentou significativamente a produção de açúcar, além de propiciar melhor perfilhamento e crescimento radicular na safra seguinte. Indagando o efeito desse maturador em diferentes variedades, Gheller e Nascimento (2001) conseguiram ganhos na qualidade do caldo e conseqüentemente, rendimentos de ATR ton⁻¹ de cana. Nesse caso, os autores destacaram o encurtamento dos entrenós em resposta à aplicação do produto.

Para Martins et. al. (1999), o estudo dos reguladores vegetais tem focado na ação do estímulo ou inibição do crescimento da planta. Para isso, as pesquisas mostram que as mudanças estruturais da planta estão associadas às rotas metabólicas e que o estado nutricional tem efeito importante nas mudanças morfológicas induzidas pelos reguladores vegetais. Foloni et al. (1996) verificaram que a aplicação de etil-trinexapac (250 g i.a ha⁻¹) incrementou precocemente o teor de açúcar na variedade SP 79-1011.

Zillo (2003) estudando o efeito de vários maturadores na Usina Santa Elisa, constatou que o etil-trinexapac melhorou as características tecnológicas da variedade SP80-1816 aos 44 e 65 dias após aplicação. Guimarães et al. (2005) demonstraram que a aplicação de etil-trinexapac reduziu a atividade da invertase ácida nos entrenós mais jovens, porém, não encontrando nenhum efeito nos internódios adultos. Citam que a

atividade da invertase ácida pode ser útil como parâmetro bioquímico para determinar a resposta da planta ao etil-trinexapac. Nesse estudo os autores verificaram aumento na produção de açúcar e efeito repressivo no crescimento da cana, sem afetar, no entanto, a produtividade de colmos.

4.3.2 Sulfometuron metil

Pertencente ao grupo químico das sulfoniluréia, este maturador se caracteriza por ser vigoroso inibidor do crescimento. Apesar de não bloquear a ação dos promotores de crescimento como auxina e giberelina, estimula a produção de etileno devido ao seu efeito estressante. A absorção foliar de sulfoniluréia quando atingem o meio ácido da parede celular, tornam-se neutras, forma altamente permeável e suscetível de sofrer carregamento no floema. Em meio alcalino, as moléculas se dissociam na forma aniônica, tornam-se presas e movem-se de modo sistêmico por fluxo de massa através do floema. As sulfoniluréias inibem a síntese de aminoácidos de cadeia ramificada como a valina, leucina e isoleucina, por meio de ação na enzima ALS (acetolactatosintetase), a qual sofre inibição em sua atividade, impedindo a síntese desses aminoácidos a partir dos substratos piruvato e α -cetobutarato (RODRIGUES, 1995).

Oliveira et al. (1993), estudando o efeito de sulfometuron metil (SM) na variedade SP 70-1143, observaram redução do índice de isoporização e aumento de 0,89 na pol%, redução de açúcares redutores e antecipação da colheita em 21 dias. Os autores não observaram interferência na soqueira. Fernandes et al. (2002) observaram respostas significativas em incrementos na pol e aumento na pureza nas variedades SP80-1816, SP80-1842 e SP81-3250. Verificaram ainda redução de ácidos orgânicos do caldo, responsáveis pela depreciação da qualidade do açúcar.

Em outro estudo, Ravaneli et al. (2003) observaram incrementos de 2,0% na Pol após 43 DAA, utilizando-se de 15 g ha⁻¹ de sulfometuron metil. Além disso, verificaram incrementos nos teores de açúcar redutores totais (ART) e na fibra com antecipação da maturação.

Castro (1994), comparando diferentes maturadores em duas variedades de cana-de-açúcar, observou diminuição no crescimento das plantas tratadas com sulfometuron metil. Verificou também a manutenção da pol% cana até aos 56 dias

após tratamento (DAT). Oliveira (1992) e Pontin (1995) mostram aumento no índice da Pol cana e atenuação no chochamento dos colmos pela aplicação de SM.

A resposta à aplicação do maturador vai depender da variedade estudada. Caputo (2006), aplicando 20 g ha⁻¹ de sulfometuron metil, observou divergências nos resultados. Segundo a autora, as variedades que apresentaram melhores respostas na maturação foram: IAC91-2195 e PO88-62, e que de forma geral, o melhor período para colheita foi entre 105 e 126 dias DAA.

4.3.3 Ethephon

O ethephon (ácido 2-cloroetil fosfônico) é um regulador de crescimento caracterizado por não acarretar a morte da gema apical da planta, retardando apenas o crescimento do entrenó em desenvolvimento. A aplicação desse produto promove a diminuição da isoporização, inibe o florescimento permitindo maior flexibilidade à colheita. A capacidade de inibir o florescimento da cana é considerável para a indústria, pois geralmente ocorre dentro do período de safra provocando perdas econômicas e queda do teor de sacarose (MARTINS; CASTRO, 1999).

Resultados do trabalho de Martins e Castro (1999) demonstraram que o ethephon aplicado para inibir o florescimento e antecipar a maturação da cana-de-açúcar restringiu a atividade do meristema intercalar, provocando a formação de entrenós mais curtos. Em outro estudo com a variedade SP70-1143 e com dose de 2L/ha de ethephon, Guidi (1996) conseguiu a antecipação da maturação e aumentos significativos em POL, Brix e ART%.

Pesquisas realizadas em algumas regiões do Estado de São Paulo mostraram que por aplicação aérea o ethephon evitou o florescimento da cana-de-açúcar além de reduzir o crescimento dos entrenós. Verificou-se que as plantas tratadas apresentaram menor proporção de parênquima sem caldo (isopor), mesmo quando floresceram (RODRIGUES, 1995).

Tavares (1997) estudando o efeito de doses de ethephon em três variedades de cana verificou houve redução no florescimento da cana e melhora na qualidade tecnológica.

5. MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi composto por experimentos com maturadores associados ao silício, totalizando 12 em início de safra e 12 em final de safra. Assim, foram conduzidos 8 experimentos com Sulfometuron metil (4 em início e 4 em final de safra), 8 experimentos com Etil-trinexapac (4 em início e 4 em final de safra) e 8 experimentos com Ethephon (4 em início e 4 em final de safra).

Metade da quantidade total dos experimentos foi conduzida em áreas pertencentes à Raízen Energia S.A/Usina da Barra (safra 2008 e 2009 em final de safra e 2009 e 2010 em início de safra) e a outra metade a Tereos-Petrobrás/Usina Guarani S.A (início e final de safra em 2008 e 2009).

5.1 Localização e caracterização da área experimental e das variedades de cana-de-açúcar

Os experimentos foram instalados em duas áreas pertencentes a Raízen Energia S.A/Usina da Barra, no município de Igarapu do Tietê/SP, com as seguintes características: latitude 22° 38' 45''S e longitude 48° 36' 29''W numa altitude de 509 m, clima predominante da região é o Aw (Köppen), clima seco definido, temperatura média anual de 21,6°C, umidade relativa média de 70 %, com extremos de 77 % em fevereiro e 59 % em agosto e média pluvial é próxima de 1.344 mm, e outra no município de Macatuba/SP, com as seguintes características: latitude 22° 30' 08''S e longitude 48° 42' 41''W numa altitude de 515 m, clima predominante da região é o Aw (Köppen), clima quente com inverno seco, temperatura média anual de oscilando entre 21 °C a 25 °C e

média pluvial é próxima de 1.244 mm e em duas áreas pertencentes a Tereos-Petrobrás/Usina Guarani S.A, ambas no município de Olímpia/SP, com as seguintes características: latitude 20° 46' 15" S e longitude 49° 04' 71" W numa altitude de 521 m, e a outra área com 20° 81' 24" S, 48° 97' 94" W e 503 m de altitude. Para ambas as áreas, o clima predominante da região é o CWA (Köppen), temperatura média anual de 23,4 °C e média pluvial de 1.285 mm.

A área onde foram conduzidos os experimentos em início de safra, pertencente a Raízen Energia S.A/Usina da Barra, no município de Igarapé do Tietê-SP, possui as seguintes características: solo classificado como Latossolo roxo eutrófico, textura argilosa, com ambiente de produção classificado como A (EMBRAPA, 2006). Para os experimentos conduzidos em final de safra no município de Macatuba/SP, possui as seguintes características: solo classificado como Latossolo roxo eutrófico, textura argilosa, com ambiente de produção classificado como A (EMBRAPA, 2006).

Os experimentos conduzidos em início de safra, em área pertencente à Tereos-Petrobrás/Usina Guarani S.A, situada no município de Olímpia/SP, possui as seguintes características: solo classificado como Argissolo vermelho-amarelo eutrófico, textura médio-argilosa, com ambiente de produção classificado como B (EMBRAPA, 2006). Os experimentos conduzidos em final de safra possuem as seguintes características: solo classificado como Argissolo vermelho-amarelo distrófico, textura média, com ambiente de produção classificado como C (EMBRAPA, 2006).

Na Figura 1 estão contidos os dados de precipitação pluvial e temperaturas (máxima, mínima e média), registrados durante a condução dos experimentos na Estação Meteorológica da Raízen Energia S.A/Usina da Barra, município de Igarapé do Tietê, SP. Na Figura 2, os dados meteorológicos referentes aos experimentos realizados em Tereos-Petrobrás/Usina Guarani S.A, no município de Olímpia/SP.

Em ambos os locais foi utilizada a variedade RB855453 para os experimentos de início de safra por dois anos consecutivos. Para os experimentos de final de safra, foi utilizada a variedade SP80-3280 na área pertencente a Raízen Energia S.A/Usina da Barra e a variedade RB867515 na área pertencente a Tereos-Petrobrás/Usina Guarani S.A.

A variedade RB855453 caracteriza-se por apresentar média produtividade de colmos, altíssimo teor de sacarose com alta precocidade de maturação,

média exigência em fertilidade de solos, com boa brotação de soqueira e bom perfilhamento, touceiras eretas, florescimento intenso e chochamento médio (UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS, 1998). A variedade SP80-3280 tem como características alto teor de sacarose e produtividade em soqueira, maturação média para tardia, média exigência em fertilidade de solos, boa brotação de soqueiras e floresce, no entanto apresenta pouco chochamento, além de um perfilhamento intermediário (COOPERATIVA DE PRODUTORES DE CANA, AÇÚCAR E ÁLCOOL DO ESTADO DE SÃO PAULO, 1997). A variedade RB867515 tem como características alta produtividade agroindustrial e boa produtividade em soqueira, maturação média para tardia, baixa exigência em fertilidade de solos, boa brotação de soqueiras, florescimento eventual, com médio chochamento, além de baixa intensidade de perfilhamento (UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS, 1998)

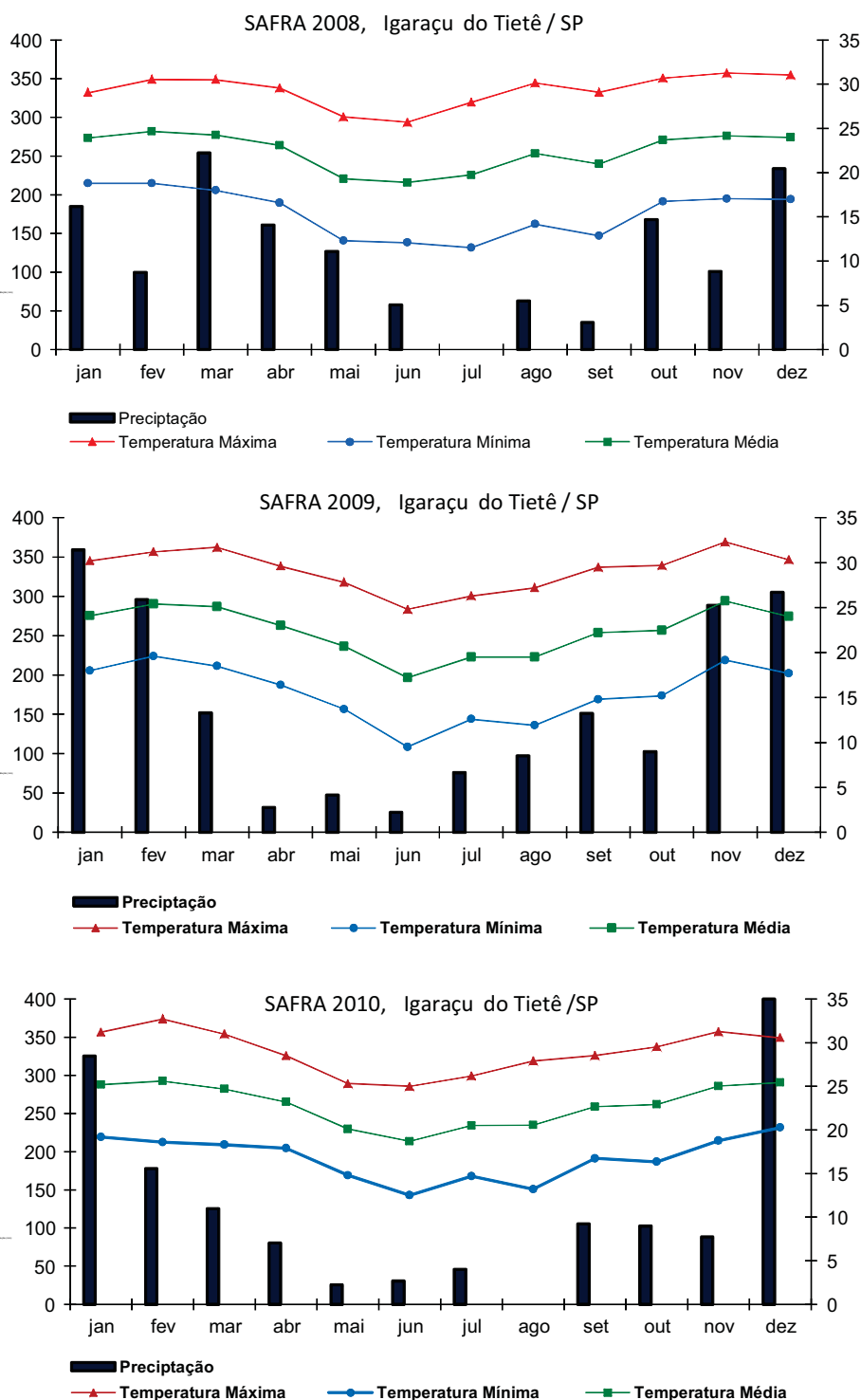


Figura 1. Precipitação pluvial (mm mês⁻¹) e temperaturas (°C) máxima, mínima e média registrados na Estação Meteorológica da Fazenda Bosque, Igarapu do Tietê (SP).

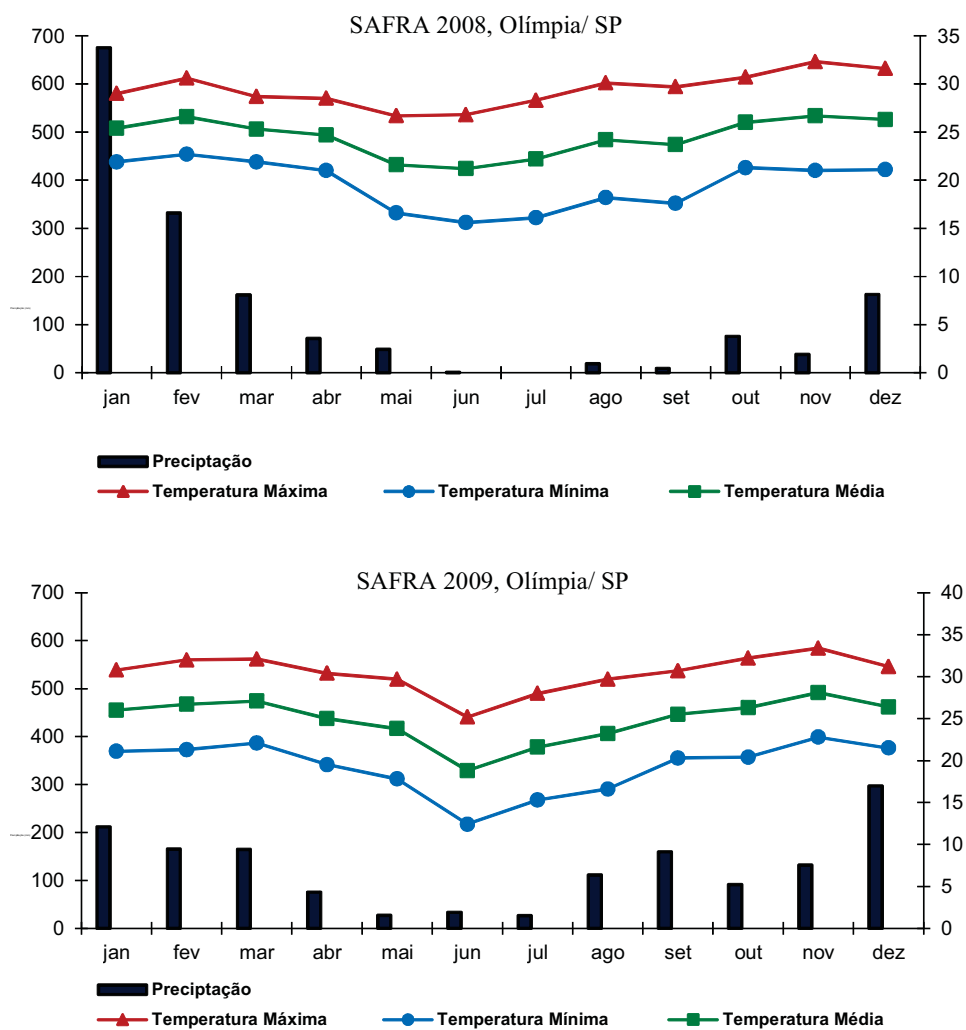


Figura 2. Precipitação pluvial (mm mês¹) e temperaturas (°C) máxima, mínima e média registrados na Usina Guarani, Olímpia (SP).

5.2 Delineamento experimental e tratamentos

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, com cinco repetições. Os experimentos foram constituídos de quatro tratamentos (1- Testemunha (maturação natural), 2-Silício, 3 – Maturador e 4-Maturador + Silício).

Cada parcela foi constituída de 8 linhas espaçadas de 1,5 metros entre si, por 10 metros de comprimento. Utilizou-se de 2 linhas para bordadura e outras 6 linhas de área útil. As avaliações realizadas foram feitas considerando-se as linhas de cana da área útil.

Na aplicação, as dosagens dos maturadores foram calculadas seguindo as especificações dos fabricantes, sendo: silício (p.c Fertilisil (26 % de SiO₂ e 12 % K₂O) na dose de 1,4 kg de Si ha⁻¹), sulfometuron metil 15 g i.a ha⁻¹ (p.c Curavial na dose de 20 g ha⁻¹) e etil-trinexapac 200 g i.a ha⁻¹ (p.c Moddus na dose de 0,8 L ha⁻¹), ethephon (p.c Ethrel na dose de 2, 0 L ha⁻¹). Em relação ao Si, como não há especificação técnica disponível para a aplicação foliar desse elemento em pré maturação, a dose foi determinada baseando-se em sua cinética de absorção e neste caso, utilizou-se a dose de 1,4 kg ha⁻¹. Sabe-se que em elevadas concentrações ou baixo pH, o ácido silícico se gelatiniza formando sílica gel.

5.3 Instalação e condução dos experimentos

Todos os ensaios foram conduzidos em cana soca de áreas comerciais e foram submetidos aos tratos culturais de rotina das empresas envolvidas. Os ensaios foram instalados e conduzidos por anos sucessivos nas mesmas localidades e seguindo a mesma sequência de parcelas nas áreas.

Para a aplicação dos produtos, utilizou-se de equipamento com CO₂ pressurizado costal com barra de 3 metros de comprimento em forma de T com seis bicos tipo leque AXI 11002. A pressão de trabalho foi de 50 PSI e vazão de 100 L ha⁻¹, possibilitando a aplicação de 2 linhas de canas simultaneamente. A aplicação do silício foliar foi feita separadamente dos maturadores.

Com relação ao ensaio de início de safra na Raízen Energia S.A /Usina da Barra, o plantio do cultivar RB855453 foi realizado em 19 de abril de 2007 e a colheita finalizada em 17 de junho de 2008. As aplicações dos produtos ocorreram nos dias 22/03/2009 e 23/03/2009. Para realizarem-se as avaliações tecnológicas e as biometrias, fez-se amostragens de cana na área útil todas as parcelas, até aos 60 dias após a aplicação, sendo que a 1º amostragem foi realizada no dia da aplicação dos maturadores (0 DAA); 2º amostragem aos 15 dias após a aplicação (15 DAA); 3º amostragem aos 30 dias após aplicação (30 DAA); 4º amostragem aos 45 dias após aplicação (45 DAA); 5º amostragem aos 60 dias após aplicação (60 DAA). Da mesma maneira, fez-se no ano posterior a mesma sequência de aplicação e amostragens com a aplicação em 18/03/2010 (0 DAA).

Para o experimento de final de safra, na Raízen Energia S.A /Usina da Barra, as aplicações do Si foliar ocorreram em 21/10/2008 e dos maturadores em 22/10/2008. Da mesma forma, as amostragens foram realizadas aos nos dias 0; 15; 30 e 45 DAA. Na safra seguinte, as aplicações do Si foliar foram feitas em 13/10/2009 e dos maturadores em 14/10/2009.

Em Tereos-Petrobrás/Usina Guarani S.A, as aplicações dos maturadores foram feitas em 10/04/2008 e do silício em 11/04/2008 e as amostragens em ao 0, 15, 30, 45 e 60 DAA. Na safra seguinte, as datas da aplicação foram feitas em 24 e 25/03/2009 e as amostragens até aos 60 DAA conforme descrito acima.

Para o estudo da variedade tardia na Tereos-Petrobrás/Usina Guarani S.A, as aplicações foram feitas em 06 e 07/10/2008. Na safra de 2009, as aplicações dos maturadores foram em 16/10/2009 e do Si em 17/10/2009.

5.4 Avaliações experimentais

5.4.1 Determinação tecnológica

Para avaliação tecnológica dos tratamentos estudados, coletou-se 10 colmos aleatoriamente da área útil de cada parcela fazendo-se o desponte na altura da gema apical e, depois de identificados, foram enviados para o Laboratório de Análise Tecnológica da Usina envolvida para processamento seguindo metodologia descrita pelo CONSECANA.

As avaliações obtidas pela análise do caldo da cana foram:

5.4.1.1 Pol (%)

A Pol cana (%) que é a porcentagem em massa de sacarose aparente contida no caldo, sendo o principal parâmetro de qualidade tecnológica. É obtida pela fórmula:

$$\text{PCC (Pol \% cana)} = \text{Pol \% caldo} * (1 - 0,01 * \text{Fibra}) * C$$
, onde
C = coeficiente de transformação da Pol do caldo extraído em Pol do caldo absoluto, calculado pela equação $C = 1,0313 - 0,00575 * \text{Fibra}$.

5.4.1.2 Pureza (%)

A Pureza (%) representa a porcentagem de sólidos solúveis (°Brix) que estão representados pela sacarose e é determinado por refratômetro digital. Determina pela fórmula: $P (\text{Pureza}) = (\text{Pol \% caldo} / \text{Brix \% caldo}) * 100$.

5.4.1.3 Fibra (%)

A Fibra (%) é estipulada de acordo com o peso do bagaço úmido ou bolo úmido (PBU) e é determinada pelo método da prensa hidráulica, conforme determinado no Ato 13/83, de 21/04/1983 – IAA, citado por Mutton (1984).

5.4.1.4 AR (%)

Os denominados açúcares redutores (AR) atribuem-se aos monossacarídeos (glicose e frutose) contidos no caldo. São determinados pela fórmula:

$$(\text{AR \% cana}) = \text{AR \% caldo} * (1 - 0,01 * \text{Fibra}) * C$$
, sendo C o coeficiente descrito anteriormente. O AR % é calculado pela fórmula: $\text{AR \% caldo} = 3,641 - 0,0343 * P$, sendo P a Pureza do caldo em porcentagem.

5.4.2 Determinação nutricional

Para a determinação de silício nas folhas de cana-de-açúcar (folha +1) (DILLEWIJN, 1952), ou seja, destacando-se a nervura central, e uso somente do terço médio das folhas. As folhas coletadas à campo foram acondicionadas em sacos plásticos sob baixa temperatura. Antes de se realizar a análise nutricional, fez-se a lavagem das mesmas em água corrente e acondicionadas em sacos de papel e dispostas em estufa de circulação forçada de ar à 60 °C até atingirem peso constante. Logo depois, o material foi moído e passado por peneira de 1 mm. As análises foram realizadas no Laboratório de Relação Solo-Planta do Departamento de Produção Vegetal /Agricultura da FCA/UNESP.

O silício foi determinado segundo Elliot e Snyder (1991) adaptado por Korndörfer et al. (1999). Após adição de 0,1 g do material vegetal em tubos plásticos, acrescentou-se 2 ml de H₂O₂(30%) e 3 ml de NaOH (1:1) para digestão. Após agitação, os tubos foram colocados na autoclave pelo período de 1 hora a 123°C e 1,5 atm de pressão. Retirou-se 5 ml do sobrenadante dos tubos e colocado em recipiente plástico e acrescido 15 mL de água destilada, 1 mL de HCL e 2 mL de molibdato de amônio. Com isso, o Si existente na solução transforma-se em H₄SiO₄, que na presença do agente complexante (molibdato de amônio), desenvolve a cor amarela (FARIA, 2000). Após 5 minutos, adicionou-se 2 ml de ácido oxálico e fez-se a leitura em espectrofotômetro no comprimento de onda de 410 nm.

Para a quantificação do potássio (K), empregou-se a metodologia descrita por Sarruge e Haag (1974), utilizando-se para isso o Laboratório de Nutrição Mineral de Plantas do Departamento de Produção Vegetal/Agricultura da FCA/UNESP. Aplicou-se neste caso, a digestão nítrico perclórica e fotometria de chama como método analítico.

5.4.3 Determinação biométrica

5.4.3.1 Altura das plantas

Selecionou-se aleatoriamente 10 plantas na área útil de cada parcela no momento da implantação dos experimentos e nas avaliações periódicas (45 e 60 DAA).

A determinação da altura das plantas foi feita com régua graduada em metros, medindo-se desde o solo até a aurícula visível da folha +1, de acordo com a numeração sugerida por Kuijper (DILLEWIJN, 1952).

5.4.3.2 Rebrotar da soqueira

Após 120 dias da colheita na área onde se realizou a aplicação, fez-se a contagem de brotações em 10 metros lineares da linha de cada parcela e ajustado posteriormente em número de brotações por metro.

5.4.3.3 Produtividade de colmos (TCH)

Por ocasião da colheita foi realizada a queima da cana-de-açúcar e pesagem dos colmos, dos 5 sulcos centrais de cada parcela, com célula de carga. O peso determinado em 50 m de linha foi extrapolado para a obtenção da produtividade em $t\ ha^{-1}$ (TCH).

5.5 Análise estatística

Os dados foram submetidos à análise de variância. Foi realizada análise conjunta dos dados, ou seja, considerando os experimentos como um fator. Assim, a análise estatística foi realizada com os seguintes fatores: Bloco, Dias após aplicação (DAA), Produtos (maturador e silício), Experimento e as Interações.

Para o fator DAA, os dados foram ajustados a equações matemáticas a 10% de significância pelo teste F. Para os fatores Produtos e Experimento os dados foram submetidos a comparação de médias pelo teste Tukey a 10% de significância. Para o fator DAA, com menos de quatro níveis, os dados foram submetidos a comparação de médias pelo teste Tukey a 10% de significância.

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 Etil-trinexapac associado ou não ao silício aplicados via foliar

6.1.1. Em início de safra

6.1.1.1 Altura de plantas

As determinações de altura de plantas em função da aplicação de etil-trinexapac estão contidas na Tabela 2. Para as avaliações iniciais (0 DAA) nota-se que de forma geral não há variação em nenhum dos experimentos.

Na safra 2008 no município de Olímpia nota-se que as plantas tratadas com o maturador etil-trinexapac mostraram redução no crescimento das plantas aos 60 DAA. Observa-se pelo tratamento controle que as plantas continuaram o processo de crescimento normal, da mesma forma como aconteceu com Si e etil-trinexapac + Si. Na safra 2009, o processo de paralisação do crescimento das plantas tratadas com etil-trinexapac ocorreu novamente, confirmando os dados da safra anterior. As plantas tratadas com a associação etil-trinexapac + Si também foram afetadas de forma negativa com diferença significativa em relação a testemunha.

No município de Igarçu do Tietê, verificou-se novamente a redução do crescimento das plantas pela aplicação do maturador na safra 2009. Na safra subsequente, os tratamentos etil-trinexapac e etil-trinexapac + Si foram semelhantes ao controle e superados estatisticamente pelo tratamento Si. A redução no comprimento dos

colmos pela aplicação do etil-trinexapac é explicado pelo fato de sua atuação ser na síntese de giberelina, que quando reduzida sua concentração na planta, diminui o alongamento das paredes celulares. Leite (2005) e Siqueira (2009) também constataram a diminuição no crescimento das plantas pela aplicação do etil-trinexapac como maturador. Da mesma forma, James et al (2001) verificaram redução na altura após 35 DAA da utilização desse composto.

Em outro estudo, com diferentes variedades de cana em Araras,SP, Gheller e Nascimento (2001) observaram encurtamento de entrenós pela aplicação de etil-trinexapac. Para RESENDE et al. (2000), o etil-trinexapac reduz os níveis endógenos da forma mais ativa da giberelina ácida (GA_1), por suprimir sua biossíntese à GA_{20} , isso porque as giberelinas ácidas são responsáveis pela atividade das invertases (TYMOWSKALALANNE; KREIS, 1998), envolvidas exatamente na taxa de alongação dos colmos.

Para Benincasa (1988), o crescimento é determinado por variações em tamanho da planta, normalmente morfológico, demonstrando que a análise de crescimento é fundamentada no fato de que a massa seca acumulada pelas plantas ao longo do seu crescimento é resultante de sua atividade fotossintética.

O tratamento silício não promoveu incrementos em altura de forma geral nos ensaios conduzidos. O fato deste elemento favorece a menor perda de água, melhora na fotossíntese e nos mecanismos de defesa da planta, era de se esperar incrementos em altura de plantas pela sua aplicação foliar.

A associação do maturador com o Si mostrou variação nos resultados dependendo do ano agrícola e do local. Tanto em Olímpia quanto em Igarapu do Tietê, na safra 2009, ocorreu redução no crescimento das plantas quando comparado à testemunha. Nas demais safras não houve esse efeito, provavelmente devido às condições climáticas do período dos experimentos. Como o Si promove melhor condição para a planta suportar condições de estresse ambiental, as plantas tratadas com esse nutriente apresentam a capacidade em promover o crescimento devido à melhora na resistência das plantas aos efeitos bióticos e abióticos, como por exemplo, o estresse hídrico (EPSTEIN, 1999).

Tabela 1. Quadro de análise de variância da altura de plantas em função da aplicação de etil-trinexapac associado ou não ao Si em início de safra.

<u>ANAVA (Probabilidade de F)</u>	
	Altura
Bloco	0,2189
Dias após aplicação (DAA)	0,0403
Produtos (P)	0,0132
Experimento (E)	0,1756
DAA x P	0,0009
DAA x E	0,1983
P x E	0,5891
P x DAA x E	0,2760

Tabela 2. Altura de plantas de cana-de-açúcar em função da aplicação de Etil-trinexapac associado ou não ao silício em início de safra.

<u>Altura de plantas (m)</u>				
<u>Tratamentos</u>	<u>Olímpia (SP)</u>			
	<u>Safra 2008</u>		<u>Safra 2009</u>	
	<u>0 DAA</u>	<u>60 DAA</u>	<u>0 DAA</u>	<u>60 DAA</u>
Testemunha	2,56aB	2,82aA	2,10aB	2,50aA
Etil-trinexapac	2,56aA	2,77bA	2,10aA	2,21bA
Silício	2,56aB	2,90aA	2,10aB	2,51aA
Etil-trinexapac+Si	2,56aB	2,85aA	2,10aA	2,29bA
<u>Igarapu do Tietê (SP)</u>				
	<u>Safra 2009</u>		<u>Safra 2010</u>	
Testemunha	2,26aB	2,59aA	2,29aB	2,50abA
Etil-trinexapac	2,26aA	2,37bA	2,29aB	2,42bA
Silício	2,26aB	2,60aA	2,29aB	2,60aA
Etil-trinexapac+Si	2,26aB	2,40bA	2,29aB	2,50abA

Médias seguidas de letras iguais, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 10 % de probabilidade.

6.1.1.2 Rebrotada da soqueira

Os resultados obtidos com relação à capacidade de rebrotada da soqueira em função da aplicação de etil-trinexapac na variedade RB855453 estão contidos na Tabela 4. Na safra 2009 na Raízen Energia/Usina da Barra (Igaraçu do Tietê/SP), o uso da associação do Si com o maturador ocasionou significativa melhora de 41,6% na rebrotada quando comparado com o tratamento controle. A aplicação de etil-trinexapac não promoveu alteração na brotação, gerando resultado similar ao controle e ao tratamento Si. Esses dados diferem de Leite (2005) e SIQUEIRA (2009) que observaram efeito positivo do etil-trinexapac na rebrotada na cultura da cana. Ainda na Raízen Energia/Usina da Barra, na safra subsequente, a aplicação dos tratamentos não promoveu alterações na brotação da safra seguinte.

Em Tereos-Petrobrás/Usina Guarani S.A (Olimpia/SP), nota-se que os tratamentos utilizados não afetaram o número de perfilhos em ambas as safras estudadas. Sabe-se que a diminuição na brotação pode ser responsável pela queda da produtividade de colmos e acarretar a antecipação da necessidade de reforma do canavial. A ausência de resposta positiva do etil-trinexapac na soqueira pode ser devido à variedade RB855453 apresentar como característica varietal boa brotação de soqueira e bom perfilhamento. Trabalhos realizados por Romero et al. (1998, 2000) e Leite e Crusciol (2008) comentam que dependendo do agente químico utilizado como maturador, pode ocorrer interferência negativa ou positiva na brotação posterior da cana-de-açúcar. Leite (2009) cita ainda que os resultados de brotação em soqueira após o uso de maturadores revelam efeito residual dos produtos químicos, agindo sobre alguns componentes fisiológicos.

Tabela 3. Quadro de análise de variância da rebrotada em função da aplicação de etil-trinexapac associado ou não ao Si em início de safra.

ANAVA (Probabilidade de F)	
	Altura
Bloco	0,1839
Produtos (P)	0,0490
Experimento (E)	0,0387
P x E	0,0165

Tabela 4. Número de rebrota após colheita em área com aplicação de Etil-trinexapac associado ou não ao silício em início de safra.

Tratamentos	Número de perfilhos m ⁻¹	
	Igaraçu do Tietê (SP)	
	Safra 2009	Safra 2010
Testemunha	12,0b	11,0a
Etil-trinexapac	15,0ab	11,0a
Silício	15,0ab	11,0a
Etil-trinexapac + Si	17,0a	10,0a

Tratamentos	Olimpia (SP)	
	Safra 2008	Safra 2009
	Testemunha	18,0a
Etil-trinexapac	18,0a	19,0a
Silício	17,0a	18,0a
Etil-trinexapac + Si	16,0a	19,0a

Médias seguidas de letras distintas na coluna diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 10% de probabilidade.

6.1.1.3 Parâmetros Tecnológicos

Para a avaliação da qualidade na maturação da cana-de-açúcar deve-se considerar alguns índices como o teor aparente de sacarose (Pol) e de açúcares redutores (AR), pelo fato de exporem o grau de maturação que a cana se encontra.

Os parâmetros tecnológicos determinados (Pol, Pureza, Fibra e AR) pela aplicação do etil-trinexapac em início de safra estão demonstrados nas Figuras 3 a 6. Nota-se que o teor de Pol aumentou com o decorrer das épocas amostradas exibindo os incrementos por modelo quadrático tanto para o etil-trinexapac quanto para o etil-trinexapac + Si.

Tabela 5. Quadro de análise de variância da análise tecnológica da cana-de-açúcar em função da aplicação de etil-trinexapac associado ou não ao Si em início de safra.

	ANAVA (Probabilidade de F)			
	Pol	Pureza	Fibra	AR
Bloco	0,2820	0,3404	0,2048	0,1447
Dias após aplicação (DAA)	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001
Produtos (P)	< 0,0001	< 0,0001	0,1704	< 0,0001
Experimento (E)	0,1376	0,1722	0,1196	0,1876
DAA x P	0,0008	0,0411	0,8591	0,3659
DAA x E	0,1203	0,1832	0,1384	0,3520
P x E	0,4651	0,2750	0,3720	0,3209
P x DAA x E	0,2104	0,6166	0,2813	0,2038

Verifica-se que houve diferença significativa entre os tratamentos e a testemunha aos 15 DAA e mantida essa diferença até a última amostragem. Aos 45 DAA, os tratamentos Si e etil-trinexapac apresentaram os maiores incrementos na Pol superando o etil-trinexapac + Si estatisticamente. No momento da colheita (60DAA), os incrementos em Pol comparativos ao tratamento controle para o etil-trinexapac, Si e etil-trinexapac + Si foram de 4,43%, 4,23% e 3,62% ,respectivamente. Zillo (2003) avaliando o efeito do etil-trinexapac na variedade SP80-1816, verificou incremento de 0,5% aos 46 DAA. (Figura 3)

A antecipação na colheita foi de 9 dias para o etil-trinexapac e etil-trinexapac+Si e 10 dias para o Si. Essa antecipação na maturação é importante, pois nos meses extremos da safra (abril, maio), necessita-se de técnicas para antecipar a maturação e maximizar a produção de açúcar por hectare com matéria prima de boa qualidade (BENEDINI; JUNIOR 2009). A maturação natural no início da safra pode ser deficiente, mesmo em variedade precoce. Nessa circunstância, a utilização de maturadores pode ser empregado como ferramenta efetiva no processo e antecipação da maturação (PONTIN, 1995).

Com relação a Pureza (%) (Figura 4), sabe-se que quanto maior o valor deste parâmetro, melhor será a qualidade da matéria-prima na recuperação de açúcar na indústria, pois, a pureza nada mais é do que a percentagem da Pol no brix, o qual é o responsável pela quantificação de açúcares no caldo. Para isso, sugere-se níveis mínimos de 80% para o início de safra e 85% para o decorrer da safra (VENTURINI FILHO; NOGUEIRA, 2005). Se ocorrer a industrialização da cana com baixa pureza o processo de recuperação de sacarose na cristalização é prejudicado (STUPIELLO, 2001). Nos períodos vegetativos da planta, o valor da Pureza é baixo, devido ao consumo de açúcares para o crescimento. Já no período de maturação da mesma, o acúmulo de sacarose eleva o valor

da Pureza devido ao aumento dos açúcares em relação aos sólidos solúveis (STUPIELLO, 2000). Verifica-se que aos 15 DAA o maturador já demonstra melhora de 3,7% na pureza em relação à testemunha. Esse incremento foi acompanhado pelo tratamento Si (3,9%) e etil-trinexapac + Si (4,0%). Os resultados estatisticamente significativos dos tratamentos estão expressos por equações quadráticas, enquanto o tratamento controle mostrou resposta linear para esse parâmetro. O enriquecimento na pureza pela aplicação desse maturador perdurou-se até os 60 DAA, com incremento médio de 3% em relação a testemunha. VIANA (2011) estudando a aplicação de maturadores em diversas variedades observou diversificação nos resultados dos parâmetros tecnológicos, sendo que a variedade RB855453 foi a que apresentou os melhores valores em pureza.

O teor de Fibra (%) da cana-de-açúcar indica a eficiência na extração da moenda, isto é, quanto mais elevado o teor de Fibra, menor a eficiência de extração. Entretanto, os cultivares com baixos teores de fibra são mais susceptíveis a danos mecânicos ocasionados no corte, carregamento e transporte, favorecendo a contaminação e perdas na indústria. Além disso, ocorre maior acamamento e quebra devido ao vento, ocasionando perdas de açúcar por excesso de lavagem na indústria.

Os resultados obtidos para Fibra estão na Figura 5. O etil-trinexapac mostrou aumento expresso por modelo quadrático no teor de fibra no decorrer das amostragens com semelhança estatística quando comparado com a testemunha. Ressalta-se ainda que a aplicação de etil-trinexapac + Si e o Si também mostraram respostas semelhantes ao controle exibidos por modelos quadráticos. Outros autores obtiveram resultados semelhantes pela aplicação de maturadores (CASTRO et al., 2002a; GALDIANO, 2008; CAPUTO, et al., 2008; LEITE et al., 2009). Os açúcares formados na cana são divididos em duas partes. A primeira parte vai para os entrenós em formação para constituir fibra, sendo que essa sacarose é de origem local. A outra parte permanece como sacarose para ser armazenada. Essa sacarose tem a folha como fonte (HUMBERT, 1984).

O aumento no teor de fibra também pode ocorrer devido à escassez hídrica ocorrida durante o período após a aplicação do maturador. Teoricamente, a fibra é definida como toda matéria seca insolúvel em água. Do ponto de vista industrial é importante para a cogeração energética, pois colmos com baixos teores de fibra não apresentam combustão suficiente à indústria. Por outro lado, colmos com altos teores dificultam a extração e recuperação da sacarose (SOUZA et al., 2005). Delgado e Cesar (1977) comentam que o teor de fibra varia de acordo com a variedade estudada e que as

variedades com maior capacidade de acumular sacarose apresentam teor de fibra ao redor de 7% enquanto as variedades com menor capacidade mostram teores até 17%.

A redução nos valores de açúcares redutores (AR%) ao longo das amostragens pelos tratamentos indica ganhos de sacarose nos colmos e, conseqüentemente, a melhoria da qualidade tecnológica da cana (Figura 6). Resultados que corroboram com Golçalves (2000) e Vinhas (2001) que estudaram o efeito desse maturador na cana-de-açúcar. A testemunha teve o decréscimo nos valores de AR expresso por modelo linear enquanto os demais tratamentos mostraram os resultados através de equações quadráticas. Os tratamentos foram semelhantes entre si com ganhos médios de 12% em relação a testemunha aos 15 DAA e 5,5% aos 60 DAA. Viana (2011) observou significativa redução em AR aos 45 DAA pela variedade RB85-5453 seguida pela variedade RB85-5156 e SP80-1842. Elevados teores de AR podem interferir no processo industrial depreciando a qualidade pelo escurecimento na cor do açúcar. Fernandes (2003) comenta que na medida em que a cana começa o processo de maturação, os valores de AR decrescem de aproximadamente 2% para 0,5% enquanto que o teor de sacarose se eleva. O acompanhamento laboratorial desses teores é conveniente principalmente em início de safra. Viana et al. (2008) verificou que o etil-trinexapac promoveu redução nos valores médios de AR até os 100 DAA. Alexander (1968b) observou incremento no acúmulo de sacarose pela aplicação isolada de Si. Em outro estudo, Alexander et al. (1970b) observaram que o Si manteve a integridade do tecido foliar, protegendo as reações fotossintéticas com diminuição da enzima invertase. Conseqüentemente, notaram que os possíveis efeitos negativos provocados pelos maturadores poderiam ser regulados pelo Si.

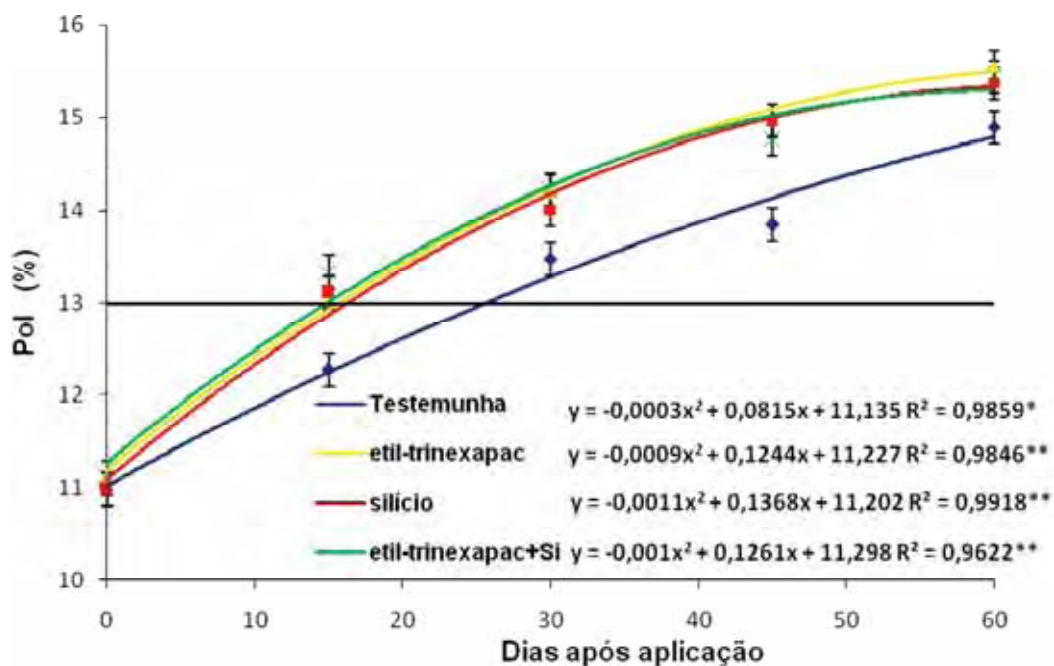


Figura 3. Pol cana (%) em função da aplicação de etil-trinexapac associado ou não ao Si em início de safra. ** significativo a 5% de probabilidade.

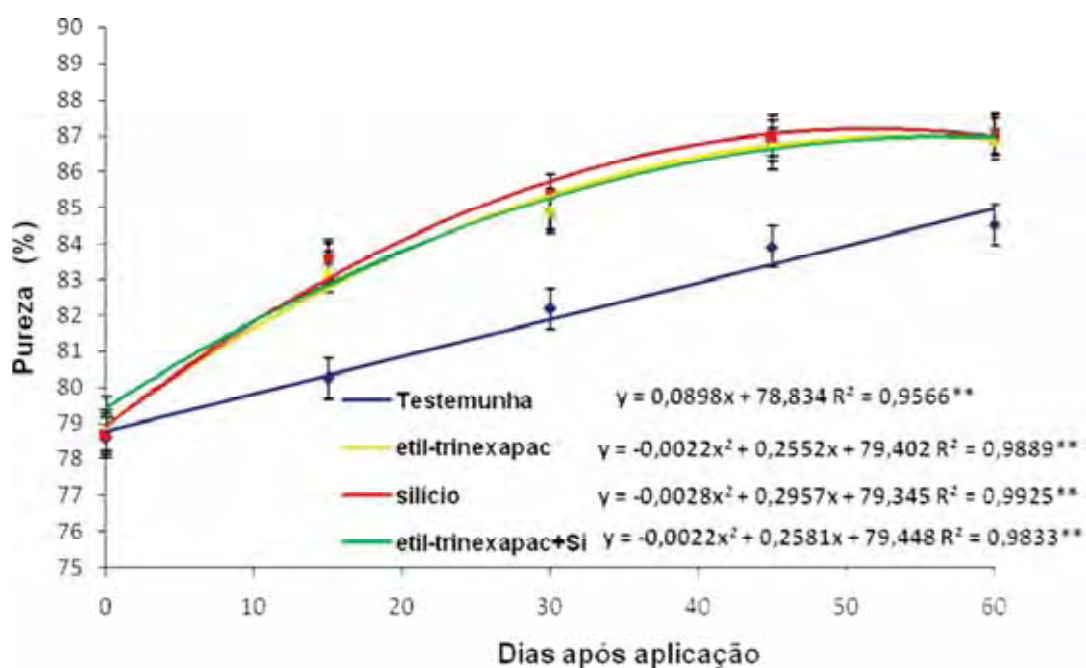


Figura 4. Pureza cana (%), em função da aplicação de etil-trinexapac associado ou não ao Si em início de safra. ** significativo a 5% de probabilidade.

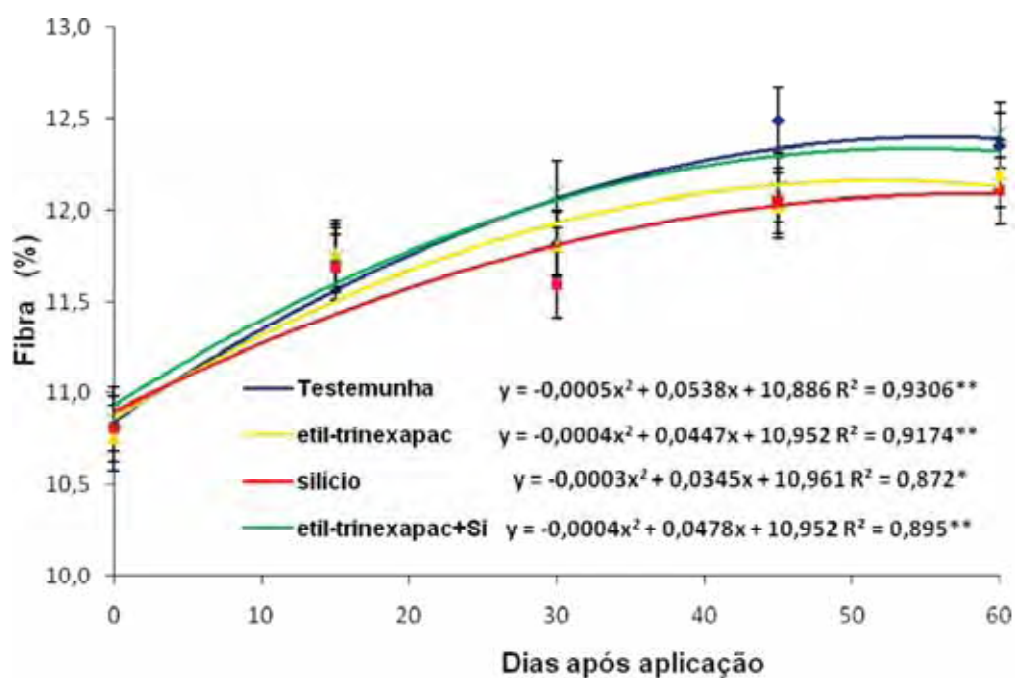


Figura 5. Fibra cana (%) em função da aplicação de etil-trinexapac associado ou não ao Si em início de safra. ** significativo a 5% de probabilidade.

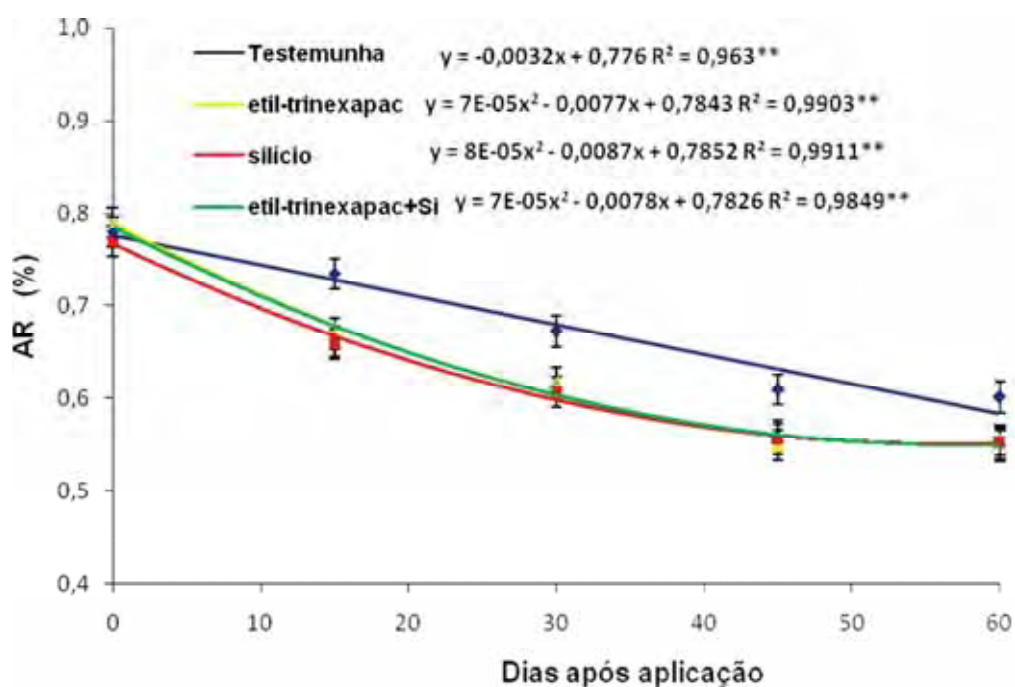


Figura 6. AR cana (%), em função da aplicação de etil-trinexapac associado ou não ao Si em início de safra. ** significativo a 5% de probabilidade. .

6.1.1.4 Teor de silício e potássio nas folhas da cana-de-açúcar

Tabela 6. Quadro de análise de variância dos teores de silício e potássio em função da aplicação de etil-trinexapac e Si em início de safra.

	ANAVA (Probabilidade de F)	
	Teor Si	Teor K
Bloco	0,9799	0,1982
Produtos (P)	0,0183	0,2824
Experimento (E)	0,2293	0,2207
P x E	0,1811	0,3551

Os resultados obtidos com relação ao teor de silício na folha +1 da cana-de-açúcar conforme os tratamentos estudados estão na Tabela 7. Observa-se que ocorreu variação significativa entre os tratamentos que receberam Si e os demais tratamentos.

Tabela 7. Teor de silício e potássio (g kg^{-1}) na cana-de-açúcar função da aplicação de etil-trinexapac associado ou não ao Si em início de safra.

Tratamentos	g .kg ⁻¹ de matéria seca	
	Si	K
Testemunha	10,45b	11,18a
Etil-trinexapac	9,23b	10,60a
Silício (Si)	14,53a	10,30a
Etil-trinexapac + Si	14,04a	10,00a

Médias seguidas de letras iguais, minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 10 % de probabilidade.

Esse aumento no teor foliar de Si fica evidente a eficiência da aplicação foliar desse elemento na cultura da cana. Trabalhos mostram que os teores foliares de Si podem variar conforme a variedade estudada (KORNDÖRFER et al. 2000). Anderson e Bowen (1992) citam concentrações próximas de 7% em plantas adultas. Alexander et al. (1970b) observaram absorção do Si pela aplicação foliar com respostas positivas na qualidade tecnológica da cana. O Si aplicado na forma de silicato de potássio (K_2SiO_3) cuja garantia do fabricante de 26% de SiO_2 e 12% de K_2O não promoveu alteração nos teores foliares para este macronutriente (K) como mostra a Tabela 7. Na média, os resultados obtidos mostram que os teores de K foram semelhantes aos teores

considerados adequados para a cultura da cana, entre 10 e 16 mg kg⁻¹ (RAIJ et al, 1996). Resultados semelhantes foram obtidos por Leite et al. (2009) analisando a folha +3. O autor cita que esses resultados comprovariam que as melhorias ocorridas na produtividade e na qualidade da cana se devam ao silício.

6.1.1.5 Produtividade de colmos

Os dados de produtividade de colmos por hectare (TCH) estão apresentados na Tabela 9. Os resultados variaram dependendo do ano agrícola e da região estudada. Observa-se que na safra 2009 não houve diferença estatística entre os tratamentos em ambos os lugares estudados. Apesar do etil-trinexapac promover o encurtamento de entrenós e afetar a altura de plantas, não houve redução na produtividade de colmos. Esses resultados podem ser explicados pela pouca pluviosidade no período nas regiões estudadas impedindo o maior crescimento do tratamento controle, e conseqüentemente, maior volume em massa de colmos. Os dados corroboram com o de Leite (2005) que observou semelhança entre o tratamento controle e etil-trinexapac.

Na safra 2010 na Raízen Energia S.A/Usina da Barra, o etil-trinexapac aplicado isoladamente e quando associado ao Si não afetaram a produtividade de colmos, sendo semelhantes a testemunha e superando o tratamento Si. A aplicação foliar de Si não resultou em aumento de produção de colmos. A ausência de resposta à aplicação de Si especificamente neste ano agrícola pode estar relacionada com a presença de resquícios deste elemento nos fertilizantes utilizados em cobertura na safra anterior ou ainda a persistência deste elemento devido a aplicação no ano anterior.

Em Tereos-Petrobrás/Usina Guarani S.A., na safra 2008, o tratamento etil-trinexapac+Si mostrou valor semelhante aos demais tratamentos e estatisticamente superior ao tratamento controle. A melhor distribuição de chuvas no período promoveu a manutenção da altura de plantas nos tratamentos e conseqüentemente no volume de massa de colmos. Na safra subsequente, os tratamentos não interferiram na produtividade de colmos e mantiveram a mesma produtividade do tratamento testemunha.

Tabela 8. Quadro de análise de variância de TCH em função da aplicação de etil-trinexapac associado ou não ao Si em início de safra.

<u>ANAVA (Probabilidade de F)</u>	
	TCH
Bloco	0,2820
Produtos (P)	0,0591
Experimento (E)	0,0687
P x E	0,2892

Tabela 9. Produtividade de colmos (TCH) em função da aplicação de etil-trinexapac, associado ou não ao Si em início de safra.

Tratamentos	Igaraçu do Tietê (SP)		Olimpia (SP)	
	TCH		TCH	
	(t cana ha ⁻¹)		(t cana ha ⁻¹)	
	Safra 2009	Safra 2010	Safra 2008	Safra 2009
Testemunha	115,0a	112,3a	89,3b	110,5a
Etil-trinexapac	110,0a	103,3ab	91,0ab	107,9a
Silício	111,8a	100,0b	95,2ab	110,2a
Etil-trinexapac + Si	111,3a	110,8a	100,6a	113,2a

Médias seguidas de letras iguais, minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 10 % de probabilidade. *Colheita aos 60 DAA.

6.1.2 Em final de safra

6.1.2.1 Altura de plantas

Tabela 10. Quadro de análise de variância da altura de plantas em função da aplicação de etil-trinexapac associado ou não ao Si em final de safra.

<u>ANAVA (Probabilidade de F)</u>	
	<u>Altura</u>
Bloco	0,2213
Dias após aplicação (DAA)	0,0481
Produtos (P)	0,0513
Experimento (E)	0,0752
DAA x P	0,0012
DAA x E	0,1497
P x E	0,1804
P x DAA x E	0,2570

Em Olímpia, na safra 2008, os tratamentos não influenciaram o processo de crescimento normal das plantas não diferindo estatisticamente da testemunha (Tabela 11). Esses resultados podem ser explicados observando as condições climáticas da região, responsáveis pelo não favorecimento de um crescimento vigoroso das plantas. Na safra seguinte, apesar das condições climáticas terem sido mais favoráveis ao crescimento, os dados se mostraram similares ao ano anterior. O Si aplicado isoladamente não afetou o desenvolvimento das plantas, em ambas as safras em Olímpia. Provavelmente esses resultados podem ser explicados pela escolha da variedade estudada com as condições de precipitação e de temperatura. Rosetto et al. (2005) estudando seis variedades de cana, observaram diferentes teores de Si entre as mesmas. Segundo os autores, as variedades com maiores teores poderiam suportar melhor uma condição de estresse hídrico, podendo ser indicadas para as regiões com problemas de pluviosidade. A redução no crescimento pela aplicação de etil-trinexapac foi notada na Raízen Energia S.A./Usina da Barra na safra de 2009.

Tabela 11. Altura de plantas de cana-de-açúcar em função da aplicação de etil-trinexapac associado ou não ao silício em final de safra.

Altura de plantas (m)				
Tratamentos	Olímpia (SP)			
	Safra 2008		Safra 2009	
	0 DAA	45 DAA	0 DAA	45 DAA
Testemunha	2,18aA	2,36aA	2,03aA	2,11aA
Etil-trinexapac	2,18aA	2,32aA	2,03aA	2,21aA
Silício	2,18aA	2,30aA	2,03aA	2,15aA
Etil-trinexapac+Si	2,18aA	2,30aA	2,03aB	2,26aA
Igaraçu do Tietê (SP)				
	Safra 2008		Safra 2009	
	0 DAA	45 DAA	0 DAA	45 DAA
Testemunha	2,49aA	2,65aA	1,93aB	2,39aA
Etil-trinexapac	2,49aA	2,58aA	1,93aB	2,17bA
Silício	2,49aB	2,70aA	1,93aB	2,41aA
Etil-trinexapac+Si	2,49aA	2,60aA	1,93aB	2,22bA

Médias seguidas de letras distintas, minúscula na coluna e maiúscula na linha, diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 10% de probabilidade.

A redução em altura pela aplicação de etil-trinexapac é explicada pelo seu efeito na diminuição no alongamento celular devido a inibição da síntese de giberelina altamente ativa (TAIZ e ZEIGER, 2009).

6.1.2.2 Rebrotada da soqueira

Tabela 12. Quadro de análise de variância da rebrota em função da aplicação de etil-trinexapac associado ou não ao Si em início de safra.

<u>ANAVA (Probabilidade de F)</u>	
	Rebrota
Bloco	0,3126
Produtos (P)	0,1410
Experimento (E)	0,0265
P x E	0,1397

A aplicação de etil-trinexapac quando associado ou não ao Si não afetaram a brotação da soqueira quando comparado com o tratamento controle nos ensaios em final de safra (Tabela 13). A variedade estudada em Tereos-Petrobrás/Usina Guarani S.A. foi a RB867515, classificada por apresentar boa brotação de soqueira, porém, com baixa intensidade de perfilhamento.

Em Raízen Energia S.A./Usina da Barra, a variedade utilizada foi a SP803280 que tem como característica boa brotação de soqueira e perfilhamento intermediário. Esses dados diferem dos resultados de Leite (2005) que observaram maior número de brotações pela aplicação deste maturador. O silício mostrou resultados semelhantes dos demais não influenciando na brotação em ambas as safras e locais estudados. Segundo Gascho et al. (1993), o Si evita a senescência prematura das folhas e falhas na brotação, entretanto esses resultados não foram observados neste estudo.

A menor brotação ocorrida em Tereos-Petrobrás/Usina Guarani S.A., Olímpia na safra 2008, foi influenciada pelo clima, caracterizado pela pouca pluviosidade no período. Além disso, a variedade SP803280 apresenta perfilhamento intermediário, respaldando os resultados obtidos.

Tabela 13. Número de rebrota após colheita em área com aplicação de etil-trinexapac associado ou não ao Si em final de safra.

Tratamentos	Número de perfilhos m ⁻¹	
	Igaraçu do Tietê (SP)	
	Safra 2008	Safra 2009
Testemunha	13,0a	9,0a
Etil-trinexapac	13,0a	9,0a
Silício	13,0a	11,0a
Etil-trinexapac + Si	13,0a	10,0a

Tratamentos	Olimpia (SP)	
	Safra 2008	Safra 2009
	Testemunha	7,0a
Etil-trinexapac	7,0a	14,0a
Silício	7,0a	16,0a
Etil-trinexapac + Si	7,0a	15,0a

Médias seguidas de letras distintas na coluna diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 10% de probabilidade.

6.1.2.3 Parâmetros Tecnológicos

Na Tabela 14 pode-se observar os dados da análise de variância do desdobramento entre tratamentos (P), locais (E) e dias após aplicação (DAA).

Os resultados das análises tecnológicas obtidos pela aplicação do etil-trinexapac e de sua associação com Si em final de safra são exibidos nas Figuras 7 a 10.

Os valores de Pol cana (%) obtidos pela aplicação de etil-trinexapac em final de safra mostraram a manutenção significativa da Pol quando comparado com a testemunha, com maior acúmulo aos 45 DAA, sendo representado por equação quadrática como ilustrado na Figura 8. Quando associado ao Si, o etil-trinexapac também manteve o valor da Pol no período amostrado, diferindo-se estatisticamente da testemunha.

A Pol cana (%) permite avaliar a quantidade de sacarose aparente existente na cana e, juntamente com outros parâmetros tecnológicos, permite determinar o

estágio de maturação da cana-de-açúcar ideal para se obter maior rendimento industrial (FERNANDES, 2003).

Tabela 14. Quadro de análise de variância da análise tecnológica em função da aplicação de etil-trinexapac associado ou não ao Si em final de safra.

	ANAVA (Probabilidade de F)			
	Pol	Pureza	Fibra	AR
Bloco	0,1994	0,9272	0,5370	0,7410
Dias após aplicação (DAA)	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001
Produtos (P)	< 0,0001	0,0025	0,0314	0,0331
Experimento (E)	0,1292	0,1741	0,1978	0,1608
DAA x P	0,0309	0,0218	0,0382	0,0197
DAA x E	0,1459	0,1343	0,2219	0,1438
P x E	0,6854	0,4307	0,7945	0,2933
P x DAA x E	0,7312	0,5678	0,8927	0,4701

Usualmente, se faz a aplicação de maturadores em início de safra. No entanto, o período de final de safra na região Centro-Sul é caracterizado por alta umidade e temperaturas altas, fatores que favorecem o crescimento vegetativo da cana. A aplicação de maturadores nesse período tem o objetivo de manter ou melhorar os valores da Pol para o melhor rendimento de açúcar. Apesar de a testemunha exibir valores maiores que 13%, exigidos como o mínimo para a colheita, nos tratamentos onde se aplicou etil-trinexapac foram significativamente superiores até aos 45 DAA, com incrementos de 5,0% e 4,5% para etil-trinexapac e etil-trinexapac + Si, respectivamente. A aplicação de Si foi eficiente na elevação da Pol até aos 30 DAA, com incremento de 8,4%. Provavelmente, o efeito do Si na elevação da Pol seja devido ao melhor aproveitamento fotossintético das plantas pela melhoria da arquitetura da planta tornando as folhas mais eretas como explicado por Deren et al. (1994) e Takahashi (1995). Clements (1965) observou aumento na produção de açúcar pela aplicação de Si em cana-de-açúcar. Para o autor este fato ocorreu provavelmente devido à diminuição da toxicidade causada pelo Mn. Porém, pesquisas mostraram uma correlação direta do Si com a síntese de sacarose (ALEXANDER, 1967; ALEXANDER, 1968a; SAMUELS et al., 1969).

Com relação à Pureza (%), parâmetro calculados com base no Brix e na Pol do caldo, estão representados por equações quadráticas na Figura 8. O efeito dos tratamentos pode ser notado a partir dos 15 DAA, onde os tratamentos foram semelhantes e estatisticamente superiores a testemunha. Aos 30 DAA, os tratamentos que receberam etil-trinexapac se destacaram estatisticamente dos demais. O etil-trinexapac apresentou

maior teor, seguido do etil-trinexapac + Si. Aos 45 DAA o etil-trinexapac foi superior a testemunha e o etil-trinexapac + Si e Si apresentaram semelhança ao controle. Venturini Filho e Nogueira (2005) citam valores de Pureza acima de 85% com ideal para esse período da safra.

O teor de Fibra (%) considerado ideal gira em torno de 12 a 13%, a fim de não comprometer a quantidade de bagaço para queima. Além disso, existe uma correlação negativa entre fibras e açúcar (BARBOSA et al., 2007). Os resultados obtidos nesse estudo, nos experimentos de final de safra, os tratamentos testados estão demonstrados na Figura 9 por modelos lineares. Os teores de fibra estão inseridos dentro do considerado adequado para a cultura. Os valores de fibra obtidos pelos tratamentos etil-trinexapac e etil-trinexapac+Si apresentaram diferença estatística da testemunha aos 15 e 30 DAA, porém aos 45 DAA essa diferença não foi significativa. Esses resultados confirmam o acréscimo nos teores de açúcares obtidos no período. O resultado do tratamento controle está formatado por equação quadrática. O tratamento Si apresentou menor teor de Fibra quando comparado com a testemunha apenas aos 30 DAA.

Como era esperado, os resultados obtidos dos açúcares redutores (AR) mostrado na Figura 10 indicam pequeno aumento para todos os tratamentos estudados, não havendo diferenças estatísticas entre os mesmos. Existe relação direta entre os teores de AR e a sacarose. O período de final de safra na região centro-sul é caracterizado por períodos de altas temperaturas e precipitações, condições essas ideais para o crescimento vegetativo da cana. Dessa maneira, a sacarose acumulada no colmo sofre ação da enzima invertase ácida, convertendo-se em glicose que será utilizada para a retomada do crescimento da planta. Os valores obtidos de AR mostram que devido às condições climáticas no período (out-dez), a manutenção elevada da Pol foi conseguida pela aplicação de etil-trinexapac.

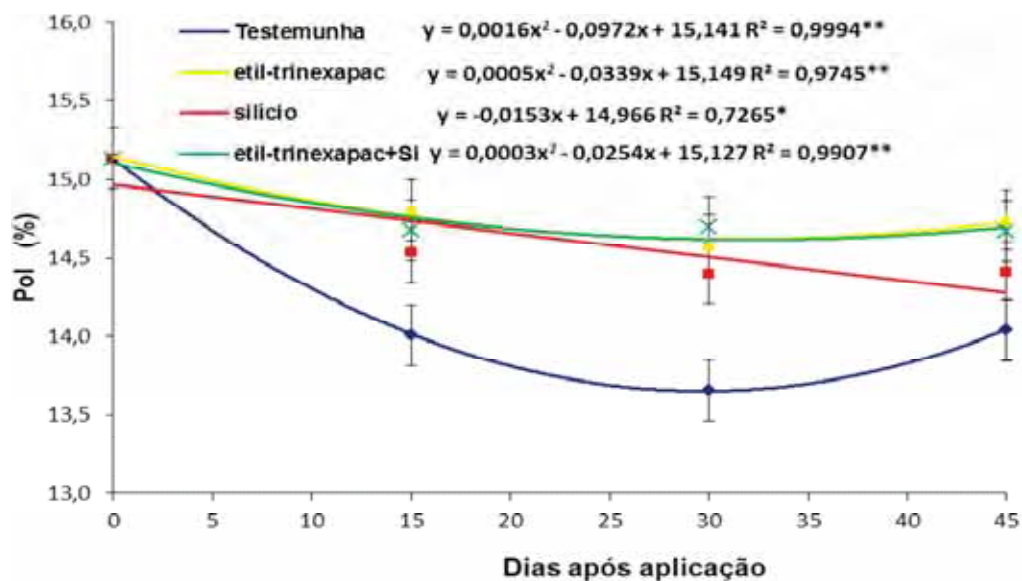


Figura 7. Pol cana (%) em função da aplicação de etil-trinexapac associado ou não ao Si em final de safra. ** e * significativo a 5% e 10% respectivamente.

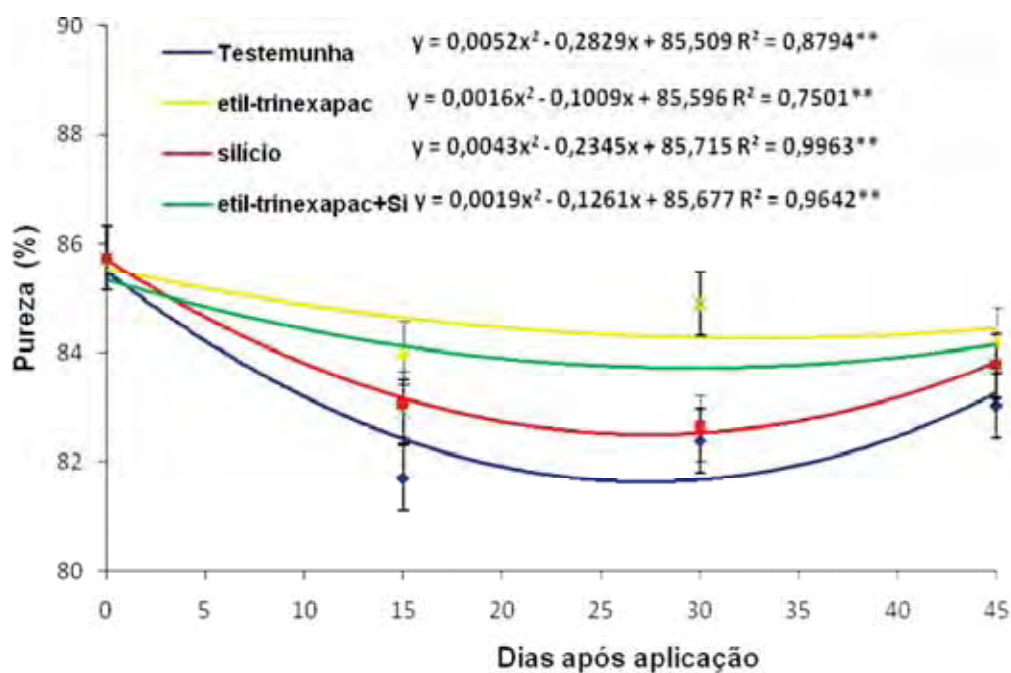


Figura 8. Pureza cana (%) em função da aplicação de etil-trinexapac associado ou não ao Si em final de safra. ** significativo a 5% de probabilidade.

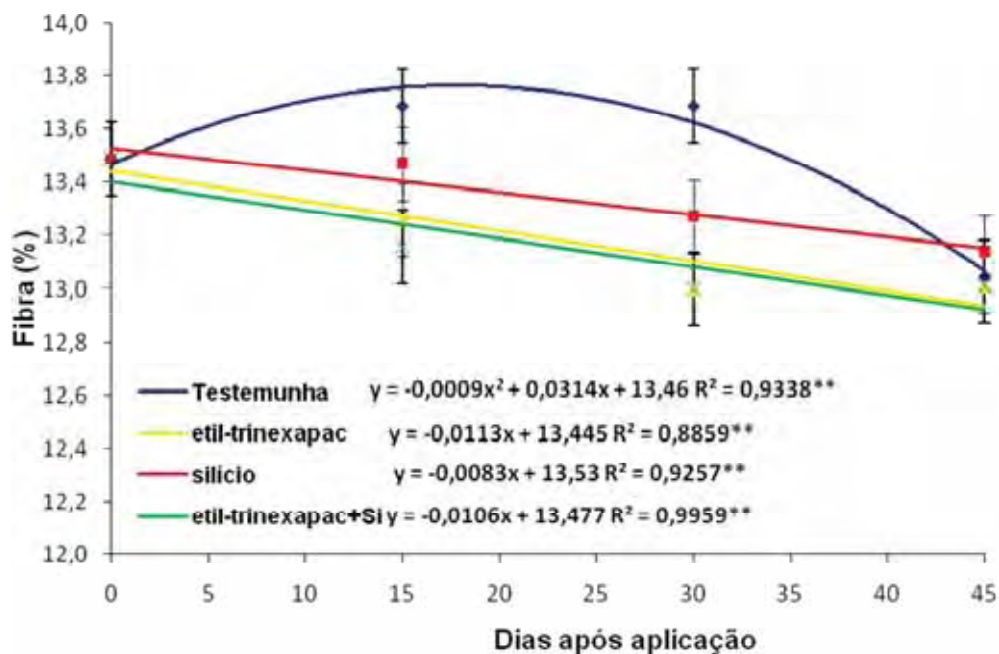


Figura 9. Fibra cana (%) em função da aplicação de etil-trinexapac associado ou não ao Si em final de safra. ** significativo a 5% de probabilidade.

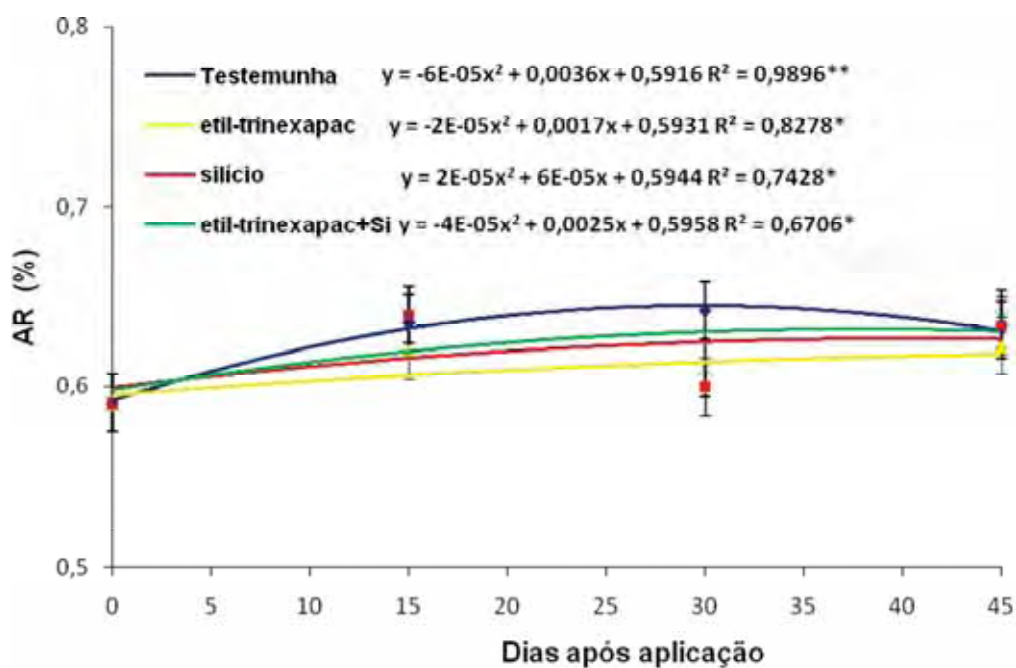


Figura 10. AR cana (%) em função da aplicação de etil-trinexapac associado ou não ao Si em final de safra. ** e * significativo a 5% e 10% respectivamente.

6.1.2.4 Teor de silício e potássio nas folhas da cana-de-açúcar

Tabela 15. Quadro de análise de variância dos teores de silício e potássio em função da aplicação de etil-trinexapac associado ou não ao Si em final de safra.

ANOVA (Probabilidade de F)		
	Teor Si	Teor K
Bloco	0,3252	0,3732
Produtos (P)	0,0389	0,4711
Experimento (E)	0,1924	0,2391
P x E	0,3844	0,2936

Tabela 16. Teor de silício e potássio (g kg^{-1}) na cana-de-açúcar em função da aplicação de etil-trinexapac associado ou não ao Si em final de safra.

g kg^{-1} de matéria seca		
Tratamentos	Si	K
Testemunha	6,03b	8,41a
Etil-trinexapac	6,57b	8,36a
Silício (Si)	9,97a	8,07a
Etil-trinexapac + Si	8,72a	8,16a

Médias seguidas de letras iguais, minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 10 % de probabilidade.

Os teores de Si foliares encontrados nas amostragens do tratamento etil-trinexapac e de sua associação com o Si aplicados em final de safra são apresentados na Tabela 16. Como esperado, os maiores teores foram encontrados nos tratamentos etil-trinexapac + Si e Si. Esses resultados corroboram com o trabalho de Alexander et al. (1970b) e Leite (2009). Anderson e Bowen (1992) encontraram concentrações de 7% em plantas adultas com aplicações foliares de Si.

Como o Si foi aplicado na forma de silicato de potássio, os teores desse macronutriente estão indicados Tabela 16. Observa-se que os teores de K não foram afetados nos tratamentos, não ocorrendo diferença estatística entre os mesmos. Leite et al. (2009) analisando este elemento em função do mesmo produto aplicado também não observou diferenças nas amostragens.

6.1.2.5 Produtividade de colmos

Tabela 17. Quadro de análise de variância de TCH em função da aplicação de etil-trinexapac associado ou não ao Si em final de safra.

ANAVA (Probabilidade de F)	
	TCH
Bloco	0,3411
Produtos (P)	0,0472
Experimento (E)	0,0159
P x E	0,2276

Tabela 18. Produtividade de colmos (TCH) em função da aplicação de etil-trinexapac associado ou não ao Si em final de safra.

Tratamentos	Igarapu do Tietê (SP)		Olimpia (SP)	
	TCH		TCH	
	(t cana ha ⁻¹)		(t cana ha ⁻¹)	
	Safra 2008	Safra 2009	Safra 2008	Safra 2009
Testemunha	79,2ab	76,1b	78,0a	80,3b
Etil-trinexapac	72,8b	90,7a	70,5b	84,7ab
Silício	84,2a	89,4a	67,2b	85,4ab
Etil-trinexapac + Si	79,3ab	81,0b	73,0b	88,7a

Médias seguidas de letras iguais, minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 10 % de probabilidade.

Os resultados de produtividade de colmos (TCH) variaram dependendo do ano agrícola e do local estudado (Tabela 18). Em Igarapu do Tietê na safra 2008, apesar de não ter ocorrido diferenças em altura de plantas, que poderia afetar diretamente a produtividade de colmos, nota-se produtividade de colmos 6,3% maior devido a aplicação do Si quando comparado ao tratamento no qual se aplicou o maturador isolado. Esse maior acúmulo de massa de colmos é o principal efeito do Si, que pode promover aumentos na produtividade variando de 10 a 35% (KIDDER; GASCHO, 1977). No tratamento da associação do maturador com o Si, a produtividade foi semelhante ao controle. Na safra seguinte, as maiores produtividades foram obtidas pelos tratamentos Si (89,4 ton ha⁻¹) e etil-trinexapac (90,7 ton ha⁻¹) superando estatisticamente a testemunha (76,1 ton ha⁻¹) e etil-trinexapac + Si (81,0 ton ha⁻¹). Os dados conflitantes entre as safras

podem ser explicados pela eficiência do maturador ser dependente das condições climáticas. Em anos agrícolas em que a precipitação é menor, o crescimento das plantas é afetado, fazendo com que ocorra menor variação entre o tratamento controle e o maturador.

Os ensaios realizados em Olímpia mostram resultados inversos. Na safra 2008, o tratamento controle mostrou maior produtividade com diferença estatística quando comparado com os demais tratamentos. Contudo, na safra subsequente, o tratamentos etil-trinexapac+Si superou a testemunha em 10,5%. O silício não promoveu incrementos em produtividade, discordando com resultados observados na literatura. Entretanto, Leite (2009) estudando a aplicação de etil-trinexapac, também não observou diferença em produtividade entre o maturador e a testemunha. A ausência de respostas na produtividade pela aplicação de Si, se deve em parte aos fertilizantes possuírem o elemento em sua constituição. Rodrigues et al. (1997) e Rossetto et al. (2005) verificaram que a absorção de Si podem variar conforme a variedade estudada.

6.2 Ethephon associado ou não ao silício aplicados via foliar

6.2.1.Em início de safra

6.2.1.1 Altura de plantas

Tabela 19. Quadro de análise de variância da altura de plantas em função da aplicação de ethephon associado ou não ao Si em início de safra.

<u>ANAVA (Probabilidade de F)</u>	
	<u>Altura</u>
Bloco	0,1603
Dias após aplicação (DAA)	< 0,0001
Produtos (P)	0,0112
Experimento (E)	0,0802
DAA x P	0,0013
DAA x E	0,2138
P x E	0,3348
P x DAA x E	0,4126

Em Tereos-Petrobrás/Usina Guarani S.A., observa-se na Tabela 20 que os tratamentos estudados não afetaram o crescimento das plantas na safra 2008 quando comparados com a testemunha. Na safra seguinte, o ethephon propiciou menor crescimento em altura, diferenciando-se estatisticamente dos demais tratamentos. Castro et al. (1985) observaram que a aplicação de ethephon proporcionou diminuição na altura da cana, sendo que as maiores doses propiciaram os maiores efeitos. Outros autores também observaram redução no comprimento dos colmos pela aplicação deste composto (LUCCHESI et al. 1979; SILVA, et al. 2007). Em outro trabalho, Melloto et al. (1987) não notaram diminuição do colmo pela aplicação de ethephon, dados que corroboram com Leite (2005).

O emprego do maturador não comprometeu o desenvolvimento em altura das plantas em Igarapu do Tietê na safra 2009, comportando-se similarmente como os demais tratamentos. Alguns pesquisadores classificam o ethephon como maturador não estressante e ter como característica não afetar o processo de crescimento da planta, pois atuam pela liberação de etileno, responsável pela maturação. Efeito análogo foi observado na safra 2010 sendo que todos os tratamentos delinearão os mesmos resultados aos 60 DAA. Rodrigues (1995) comenta que pela ação retardadora do etileno, há diminuição dos

entrenós na época da aplicação. Entretanto, os entrenós formados posteriormente retomam o crescimento normal.

Tabela 20. Altura das plantas de cana-de-açúcar em função da aplicação de ethephon, associado ou não ao Si em início de safra.

Altura de plantas (m)				
Tratamentos	Olímpia (SP)			
	Safra 2008		Safra 2009	
	0 DAA	60 DAA	0 DAA	60 DAA
Testemunha	2,60aB	2,80aA	2,09aB	2,48aA
Ethephon	2,60aB	2,80aA	2,09aA	2,22bA
Silício	2,60aB	2,91aA	2,09aB	2,52aA
Ethephon + Silício	2,60aB	2,88aA	2,09aB	2,40aA
Igarapu do Tietê (SP)				
	Safra 2009		Safra 2010	
	0 DAA	60 DAA	0 DAA	60 DAA
Testemunha	2,30aB	2,60aA	2,30aB	2,50aA
Ethephon	2,30aB	2,62aA	2,30aB	2,50aA
Silício	2,30aB	2,54aA	2,30aB	2,60aA
Ethephon + Silício	2,30aB	2,55aA	2,30aB	2,50aA

Médias seguidas de letras iguais, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 10 % de probabilidade.

6.2.1.2 Rebrotas da soqueira

Na safra Tabela 22, estão incluídos os dados de rebrotas da soqueira referentes aos tratamentos ethephon e Si aplicados em início de safra. Na safra 2009, em Raízen Energia S.A/Usina da Barra, todos os tratamentos apresentaram melhora na rebrota da soqueira comparando-se a testemunha, corroborando com Silva et al. (2007). Na safra subsequente, tanto o efeito do ethephon, do Si e da combinação destes foram praticamente idênticos ao tratamento controle, não diferindo estatisticamente.

Tabela 21. Quadro de análise de variância da rebrota em função da aplicação de ethephon associado ou não ao Si em início de safra.

<u>ANAVA (Probabilidade de F)</u>	
	Altura
Bloco	0,3356
Produtos (P)	0,0115
Experimento (E)	0,0376
P x E	0,1475

Tabela 22. Número de rebrota após colheita em área com aplicação de ethephon associado ou não ao Si em início de safra.

Tratamentos	Número de perfilhos m ⁻¹	
	Igarapu do Tietê (SP)	
	Safra 2009	Safra 2010
Testemunha	12,0b	11,0a
Ethephon	14,0a	10,0a
Silício	15,0a	11,0a
Ethephon + Si	16,0a	8,0a

Tratamentos	Olimpia (SP)	
	Safra 2008	Safra 2009
	Testemunha	18,0a
Ethephon	18,0a	20,0a
Silício	17,0a	18,0a
Ethephon + Si	14,0a	18,0a

Médias seguidas de letras distintas na coluna diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 10% de probabilidade

Na Tereos-Petrobrás/Usina Guarani S.A, constatou-se que as plantas tratadas não sofreram efeito dos tratamentos em ambas as safras. Wiedenfeld (2003) cita que quando há respostas diferentes à aplicação de reguladores vegetais, é necessária a calibração de doses para cada variedade. Silva et al. (2010) estudando a aplicação de ethephon em soqueira de diversas variedades de cana, observaram incremento no perfilhamento, porém sendo dependente da variedade. Outros trabalhos mostraram que plantas tratadas com ethephon promoveram aumento no perfilhamento (DENDSAY, 1991;

YANG & PAO, 1974). Em contrapartida, com o objetivo de estudar o efeito do ethephon em toletes, Melloto et al. (1987) não observaram diferença entre a testemunha e o tratamento com o produto ethephon.

6.2.1.3 Parâmetros Tecnológicos

Tabela 23. Quadro de análise de variância da análise tecnológica da cana-de-açúcar em função da aplicação de ethephon associado ou não ao Si em início de safra.

	ANAVA (Probabilidade de F)			
	Pol	Pureza	Fibra	AR
Bloco	0,1054	0,1689	0,9210	0,6801
Dias após aplicação (DAA)	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001
Produtos (P)	< 0,0001	< 0,0001	0,0714	< 0,0001
Experimento (E)	0,1116	0,1511	0,2466	0,1687
DAA x P	0,0347	0,0290	0,2716	0,3659
DAA x E	0,1393	0,2022	0,1981	0,1314
P x E	0,1596	0,1278	0,1482	0,2941
P x DAA x E	0,3716	0,1730	0,4240	0,7038

Na Tabela 23, pode-se observar que houve resposta na interação entre os tratamentos (P) e dias após aplicação (DAA) para o parâmetro Pol (%). Esse parâmetro é responsável pela porcentagem de sacarose, tem como índice mínimo de 13% para a cana ser considerada madura (SILVA, 1989).

Pela Figura 11, concluiu-se que o ethephon foi eficiente no incremento de Pol (%) quando comparado com a testemunha com acréscimo de 2,3 pontos percentuais. A associação do maturador com o nutriente obteve acréscimos de 2,5% e o Si aplicado isoladamente, 3%. Os tratamentos foram semelhantes entre si e superiores a testemunha. Guidi (1996) obteve incrementos na Pol% pela aplicação de ethephon, com antecipação de cerca de 4 semanas na variedade SP70-1143. Leite et al. (2009), estudando o efeito do ethephon aplicado em início de safra, verificou que houve antecipação de 8 dias na colheita em relação a testemunha. Ainda segundo os autores, cita que na safra subsequente o efeito foi menor devido as condições climáticas serem favoráveis ao processo de maturação.

No presente estudo, a antecipação ocorreu em 5 dias para colheita e foi similar para os tratamentos.

Como a Pol é um parâmetro da qualidade da cana e está correlacionado com AR e Brix, a determinação deste parâmetro possibilita estimar seu estágio de maturação (FERNANDES, 2003). O modelo quadrático expressa o acúmulo e seu ponto de máximo com o conseqüente declínio de sacarose, ou seja, o maturador atua até certo ponto na planta, quando seu efeito diminui e a planta retoma o crescimento normal, diminuindo a concentração de sacarose nos colmos.

A pureza (%) aponta a qualidade da matéria-prima, ou seja, é calculada baseado no Brix e na Pol do caldo. Na Figura 12 nota-se que a aplicação de ethephon proporcionou melhora significativa nesse parâmetro diferindo-se do tratamento controle a partir dos 30 DAA. Aos 60 DAA, o incremento na pureza em relação a testemunha foi de 3%. Tanto o ethephon + Si quanto o Si isolado mostraram resultados semelhantes ao maturador, expressos por modelos quadráticos, proporcionando melhoria da matéria-prima quando comparado ao controle em 3,7 e 3,2% respectivamente.

O teor de Fibra, parâmetro essencial na determinação do ATR ampara as unidades produtoras na quantificação do bagaço disponível. Nesse caso, os resultados estão exibidos na Figura 13 por equações quadráticas. O ethephon propiciou redução nos valores de fibra apenas na amostragem aos 45 DAA. O Si mostrou diferença estatística com relação ao controle apenas na coleta aos 30 DAA não mostrando diferença nas demais amostragens. O ethephon+Si seguiu a mesma tendência de acréscimo na fibra dos demais tratamentos obtendo maiores valores aos 60 DAA sem diferir-se estatisticamente. O aumento do teor de Fibra no tratamento ethephon + Si foi linear até a última amostragem. Os teores de fibra estão inseridos dentro do considerado adequado para a cultura. Leite et al. (2009), Galdiano (2008), Caputo (2008) e Castro et al. (2002) também não observaram alterações significativa no teor de fibra devido a aplicação de maturadores.

Os açúcares redutores (AR) são constituídos principalmente por glicose e frutose que sintetizados nas folhas são translocados para todas as partes da planta estimulante o seu crescimento. Essa variável interfere diretamente na recuperação da sacarose na indústria. São importantes precursores da cor do açúcar no processo industrial, depreciando a qualidade da matéria-prima (COPERSUCAR, 1987). Os resultados obtidos em AR nesse estudo são mostrados na Figura 14. O Si diferiu-se estatisticamente quando comparado com a testemunha a partir dos 15 DAA. O ethephon proporcionou decréscimo nos açúcares redutores em 38% nos período avaliado. Essa redução em AR mostra que o

maturador obteve bom resultado em melhoria da qualidade do produto aumentando o acúmulo de sacarose na cana. O maior efeito do ethephon foi aos 30 DAA, sendo que aos 60 DAA não houve diferença em relação a testemunha. Provavelmente esse efeito se deve as condições climáticas que favoreceram a retomada de crescimento da planta aos 60 após a aplicação. O ethephon + Si teve redução em 46% em AR no período estudado, sendo que aos 60 DAA ocorreu a maior amplitude com relação à testemunha (11%) divergindo estatisticamente. É normal essa tendência de queda no valor de AR ao longo do período amostrado. Entretanto, com o uso de maturadores, a curva de redução torna-se mais acentuada, em função justamente do maior acúmulo de sacarose.

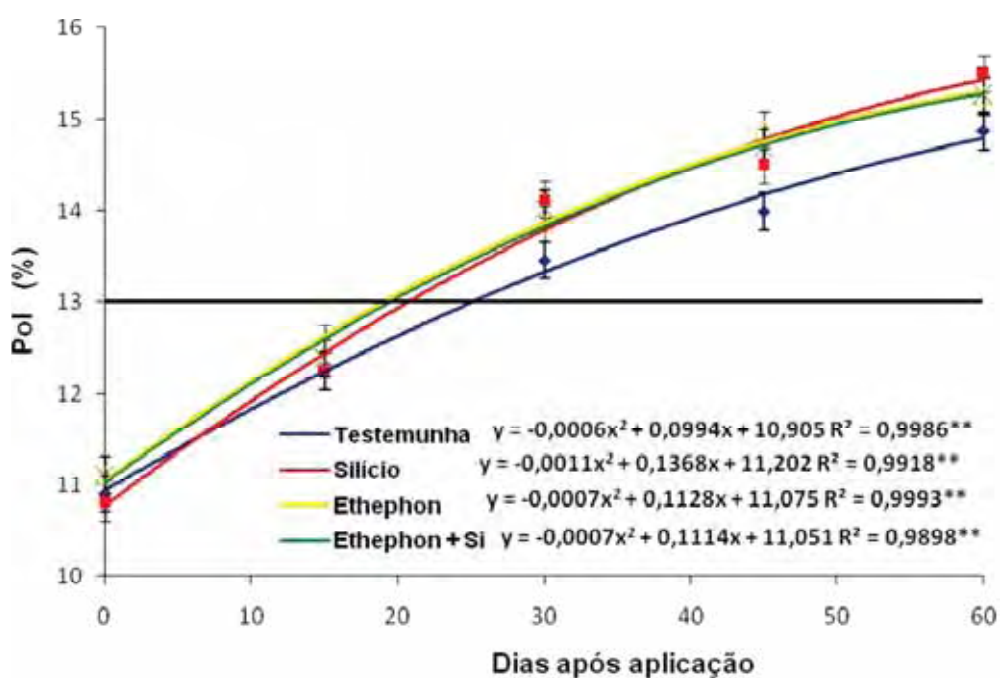


Figura 11. Pol cana (%), em função da aplicação de ethephon, associado ou não ao Si, em início de safra. ** significativo a 5% de probabilidade.

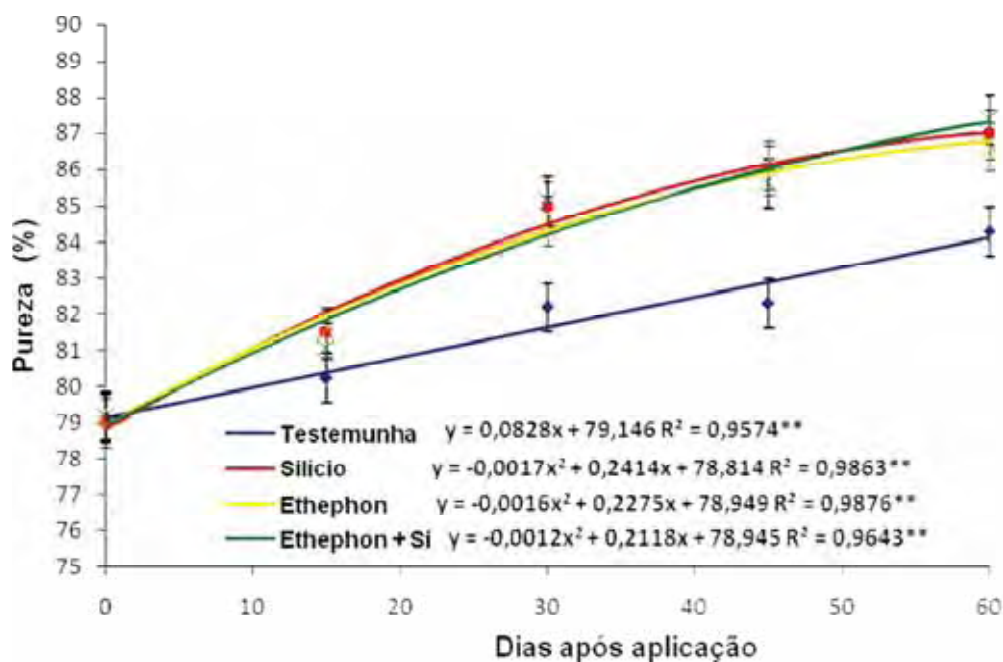


Figura 12. Pureza cana (%), em função da aplicação de Ethephon, associado ou não ao Si, em início de safra. ** significativo a 5% de probabilidade.

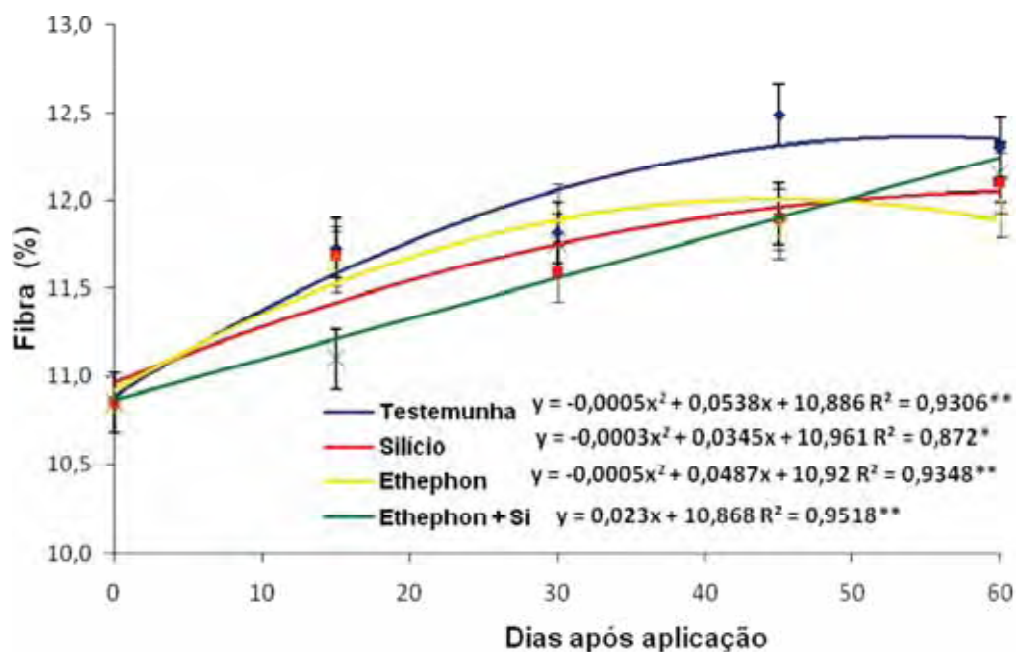


Figura 13. Fibra cana (%), em função da aplicação de Ethephon, associado ou não ao Si, em início de safra. ** e * significativo a 5% e 10% respectivamente.

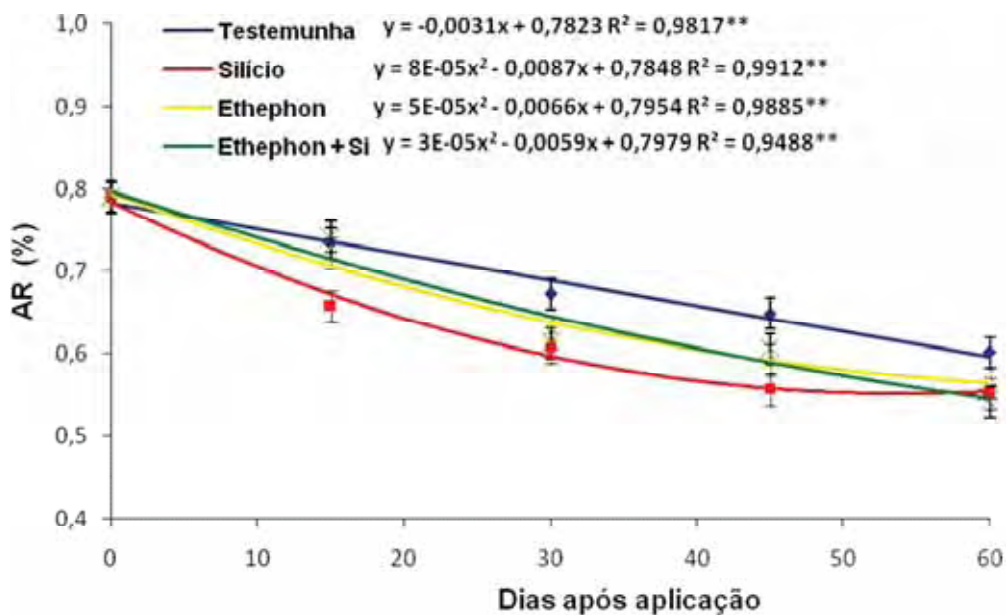


Figura 14. AR cana (%), em função da aplicação de ethephon, associado ou não ao Si, em início de safra. ** significativo a 5% de probabilidade.

6.2.1.4 Teor de silício e potássio nas folhas da cana-de-açúcar

Tabela 24. Quadro de análise de variância dos teores de silício e potássio em função da aplicação de ethephon associado ou não ao Si em início de safra.

	ANAVA (Probabilidade de F)	
	Teor Si	Teor K
Bloco	0,3252	0,3732
Produtos (P)	0,0389	0,4711
Experimento (E)	0,1924	0,2391
P x E	0,3844	0,2936

Tabela 25. Teor foliar de silício e potássio (g.kg^{-1}) na cana-de-açúcar em função da aplicação de ethephon associado ou não ao Si em início de safra.

Tratamentos	g kg^{-1} de matéria seca	
	Si	K
Testemunha	9,52b	10,58a
Ethephon	7,36b	10,35a
Silício (Si)	14,87a	10,13a
Ethephon + Si	14,64a	10,24a

Médias seguidas de letras iguais, minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 10 % de probabilidade.

Os teores foliares de Si e potássio, alcançados pela aplicação de silicato de potássio estão contidos na Tabela 25. Esses resultados corroboram com trabalhos realizados por Wang et al. (1998) e Alexander et al. (1970b), que obtiveram acréscimo no teor de Si pela aplicação foliar. Observa-se, entretanto, que pode ocorrer variabilidade quanto a eficiência de acúmulo de Si dependendo da espécie estudada, variedade (KORNDÖRFER et al. 2000) e a dosagem aplicada.

Com relação ao teor de potássio, nota-se que de forma geral os resultados não diferiram entre si no período amostrado. Ao se analisar esses resultados, nota-se que os valores de K encontrados estão dentro do limite que a literatura considera adequado para uma planta adulta, ou seja, entre 10 a 16 mg kg^{-1} (RAIJ et al., 1996). Com isso, pode-se afirmar que o fornecimento de Si não afetou o teor de K nas folhas de cana, corroborando com os dados de Leite (2009) que obteve resultados semelhantes pela aplicação de Si foliar a partir do silicato de potássio.

6.2.1.5. Produtividade de colmos (TCH)

Tabela 26. Quadro de análise de variância da TCH em função da aplicação de ethephon associado ou não ao Si em início de safra.

<u>ANAVA (Probabilidade de F)</u>	
	TCH
Bloco	0,2820
Produtos (P)	0,0018
Experimento (E)	0,0387
P x E	0,2106

Tabela 27. Produtividade de colmos (TCH), em função da aplicação de ethephon associado ou não ao Si em início de safra.

Tratamentos	Igarapu do Tietê (SP)		Olimpia (SP)	
	TCH		TCH	
	(t cana ha ⁻¹)		(t cana ha ⁻¹)	
	Safra 2009	Safra 2010	Safra 2008	Safra 2009
Testemunha	115,0b	112,3a	89,3c	110,5a
Ethephon	124,5a	112,1a	97,9b	115,4a
Silício	112,0bc	100,0b	95,2b	110,2a
Ethephon + Si	105,7c	108,7b	101,2a	115,2a

Médias seguidas de letras iguais, minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de DMS a 10 % de probabilidade.

Na Tabela 27 estão inseridos os valores de produtividade de colmos (TCH) resultantes da aplicação de ethephon, Si e da associação ethephon + Si em início de safra. Observa-se que os resultados variaram dependendo no ano e local estudado. Na safra 2009 na Raízen Energia S.A/Usina da barra em Igarapu do Tietê, o tratamento ethephon foi estatisticamente superior quando comparado com os demais tratamentos e com produtividade de colmos 8,26% maior que a testemunha. Na safra subsequente, o comportamento do ethephon foi semelhante à testemunha e superior aos tratamentos Si e ethephon + Si. Ide et al. (1985) comentam que a aplicação de ethephon melhorou a qualidade tecnológica da cana e que o aumento na produção de cana se fez presente em áreas com florescimento. Guaruraja et al. (1996) encontraram diferenças quanto a

produção de cana pela aplicação deste maturador e comentam que há divergência quanto a variedade. No tratamento em que foi aplicado o Si, era de se esperar resultados superiores aos observados. Isso porque a literatura cita resultados em produtividade de colmos (TCH) como a principal característica da fertilização com Si.

Na Tereos-Petrobrás/Usina Guarani S.A., na safra 2008 o ethephon + Si foi superior aos demais tratamentos com produtividade de colmos 13,32% superior ao tratamento controle. Contudo, na safra seguinte os tratamentos foram semelhantes entre si, não havendo diferença estatística.

6.2.2 Final de safra

6.2.2.1 Altura de plantas

Tabela 28. Quadro de análise de variância da altura de plantas em função da aplicação de ethephon associado ou não ao Si em final de safra.

<u>ANAVA (Probabilidade de F)</u>	
	<u>Altura</u>
Bloco	0,2792
Dias após aplicação (DAA)	< 0,0001
Produtos (P)	0,0034
Experimento (E)	0,0348
DAA x P	0,0129
DAA x E	0,3421
P x E	0,1908
P x DAA x E	0,4615

Tabela 29. Altura das plantas de cana-de-açúcar em função da aplicação de ethephon associado ou não ao Si em final de safra.

Altura de plantas (m)				
Olímpia (SP)				
Tratamentos	Safra 2008		Safra 2009	
	0 DAA	45 DAA	0 DAA	45 DAA
Testemunha	2,10aB	2,36abA	2,03aA	2,13aA
Ethephon	2,10aA	2,20bA	2,03aA	2,14aA
Silício	2,10aB	2,30abA	2,03aA	2,15aA
Ethephon + Si	2,10aB	2,41aA	2,03aB	2,23aA
Igarçu do Tietê (SP)				
	Safra 2008		Safra 2009	
	0 DAA	45 DAA	0 DAA	45 DAA
Testemunha	2,49aB	2,65aA	1,93aB	2,37aA
Ethephon	2,49aB	2,66aA	1,93aB	2,28aA
Silício	2,49aB	2,70aA	1,93aB	2,40aA
Ethephon + Si	2,49aB	2,71aA	1,93aB	2,33aA

Médias seguidas de letras iguais, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 10 % de probabilidade.

Os dados de altura de plantas pela aplicação de ethephon e do Si em final de safra estão inseridos na Tabela 29. Fica evidente que na Tereos-Petrobrás/Usina Guarani S.A, em Olímpia, SP na safra 2008 as plantas do tratamento controle mantiveram o crescimento normal, da mesma forma como ocorreu onde se aplicou o Si. Nota-se que o ethephon afetou o crescimento em altura, não havendo diferença entre as amostragens. Esse resultado corrobora com Castro et al. (1985), que observaram diminuição na altura da cana pela aplicação de ethephon. Na comparação entre os tratamentos aos 45DAA, nota-se que o ethephon + Si apresentou maior valor em altura quando o maturador foi aplicado isoladamente. Na safra 2009, a menor pluviosidade pode ter provocado a diminuição do crescimento normal das plantas e mascarado um possível efeito do maturador na altura das plantas. Outros autores observaram a redução em altura das plantas pela aplicação de ethephon (LUCCHESI et al. 1979; SILVA et al., 2007).

Na Raízen Energia S.A/Usina da barra em Igarçu do Tietê, o emprego do maturador químico não afetou o crescimento das plantas mesmo quando associado ao Si. O ethephon atua na ação retardadora do etileno, que provoca a diminuição

do comprimento dos entrenós e conseqüentemente na altura logo após sua aplicação. Porém, os entrenós formados posteriormente a aplicação podem retomar o crescimento normal diluindo o efeito na altura.

6.2.2.2 Rebrotas da soqueira

Tabela 30. Quadro de análise de variância da rebrota em função da aplicação de ethephon associado ou não ao Si em final de safra.

<u>ANAVA (Probabilidade de F)</u>	
	Rebrota
Bloco	0,2760
Produtos (P)	0,1106
Experimento (E)	0,0391
P x E	0,1483

Tabela 31. Número de rebrota após colheita em área com aplicação de ethephon associado ou não ao Si em final de safra.

Tratamentos	Número de perfilhos m ⁻¹	
	Igaraçu do Tietê (SP)	
	Safra 2008	Safra 2009
Testemunha	13,0a	15,0a
Ethephon	13,0a	14,0a
Silício	13,0a	16,0a
Ethephon + Si	13,0a	15,0a
Tratamentos	Olimpia (SP)	
	Safra 2008	Safra 2009
	Testemunha	13,0a
Ethephon	11,0a	15,0a
Silício	12,0a	16,0a
Ethephon + Si	13,0a	16,0a

Médias seguidas de letras distintas na coluna diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 10% de probabilidade

Na Tabela 31 estão contidos os valores observados na rebrota da soqueira pela aplicação do ethephon e da associação ethephon + Si em final de safra. É possível afirmar que os tratamentos não afetaram o número de brotos por metros lineares em nenhum dos locais estudados. A pluviosidade nos locais estudados foi divergente, o que sugere que a falta de resposta para os tratamentos estudados esteja relacionado à variedade em estudo. Silva et al. (2010) observaram respostas no perfilhamento dependentes do genótipo pela aplicação de ethephon.

6.2.2.3 Parâmetros Tecnológicos

Tabela 32. Quadro de análise de variância da análise tecnológica da cana-de-açúcar em função da aplicação de ethephon associado ou não ao Si em final de safra.

	ANAVA (Probabilidade de F)			
	Pol	Pureza	Fibra	AR
Bloco	0,2890	0,3186	0,4660	0,3085
Dias após aplicação (DAA)	< 0,0001	< 0,0001	0,0055	< 0,0001
Produtos (P)	0,0021	0,0437	0,5294	0,5583
Experimento (E)	0,1552	0,1429	0,1937	0,2118
DAA x P	0,0133	0,0398	0,2889	0,0673
DAA x E	0,1270	0,1548	0,1871	0,1746
P x E	0,2400	0,4490	0,4440	0,2338
P x DAA x E	0,6277	0,3631	0,9458	0,1962
DMS	0,4515	1,3227	0,3140	0,0365

A Pol da cana é determinada com base na Pol do caldo e na fibra da cana. Através da Figura 15 verificou-se que a aplicação do Si foi eficiente na manutenção elevada da Pol quando comparada com a testemunha. Houve queda de 8,8% no tratamento controle enquanto que para o Si essa queda foi de 6,3%, ambos expressos por modelo quadráticos. O tratamento ethephon mostrou valores de Pol mais elevados quando comparado com a testemunha, porém, foram semelhantes estatisticamente. O incremento linear do ethephon + Si em relação à testemunha foi de 4,3% e 5% aos 15 e 30 DAA. Aos 60 DAA os valores foram semelhantes entre si. Provavelmente o efeito do maturador tenha

perdurado até próximo de 30 DAA quando por conta das condições climáticas as plantas retomaram o crescimento, convertendo a sacarose em glicose e frutose.

Com relação à pureza, todos os tratamentos estão representados por ajustes quadráticos decrescentes como mostra a Figura 16. Aos 15 DAA os produtos testados mostraram incrementos em relação ao tratamento controle Essa diferença foi anulada aos 30 DAA. Aos 45 DAA é possível constatar o Si revelou maiores valores sendo estatisticamente superior ao ethephon e ethephon + Si.

Com relação à fibra, os tratamentos foram ajustados por equações quadráticas decrescentes como mostrado na Figura 17. Aos 15 DAA os tratamentos não apresentaram diferenças entre si. Aos 30 DAA o tratamento controle foi similar ao ethephon e estes superiores ao ethephon + Si e ao Si. Aos 45 DAA o maior valor de pureza está atrelado ao ethephon + Si, estatisticamente superior ao controle.

No que se refere aos açúcares redutores (AR), fica evidente a influência das condições climáticas nesse parâmetro (Figura 18). Ao se correlacionar com a Figura 15, verifica-se que a tendência de crescimento em AR e o decréscimo em Pol estão diretamente relacionados com a tentativa de retomada de crescimento vegetativo propicio nesse período do ano. O efeito do maturador como agente retardante desse processo, induz a planta a manter níveis menores de AR, como mostrado na Figura 18. Neste estudo os valores obtidos pela aplicação de ethephon, do Si e da associação de ambos não foram significativos, porém, de forma geral podem indicar tendência de redução em AR.

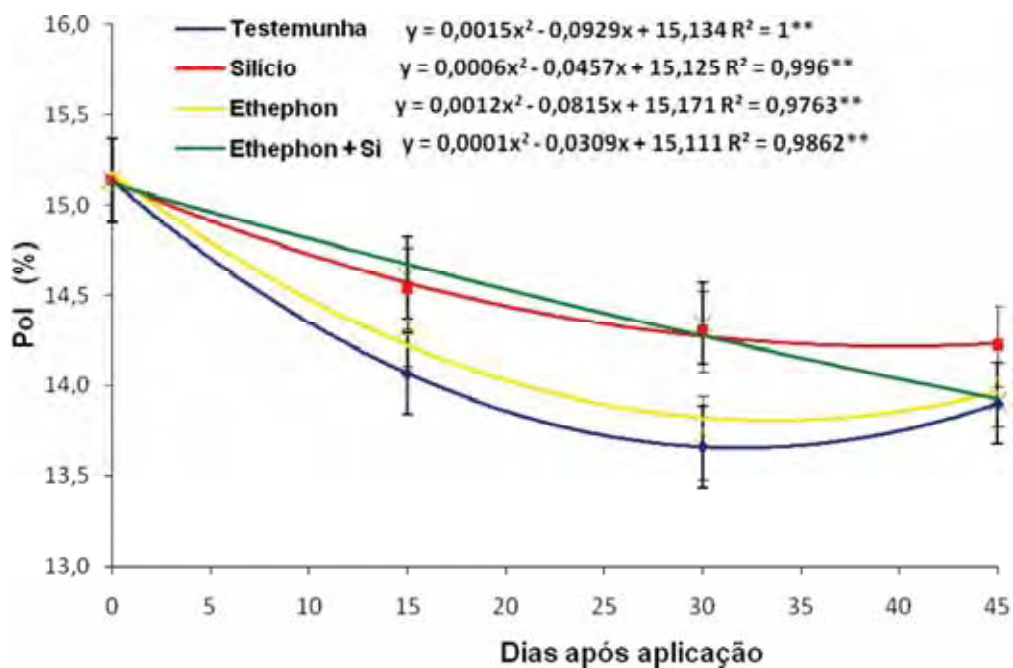


Figura 15. Pol cana (%) em função da aplicação de ethephon, associado ou não ao Si, em final de safra. ** significativo a 5% de probabilidade.

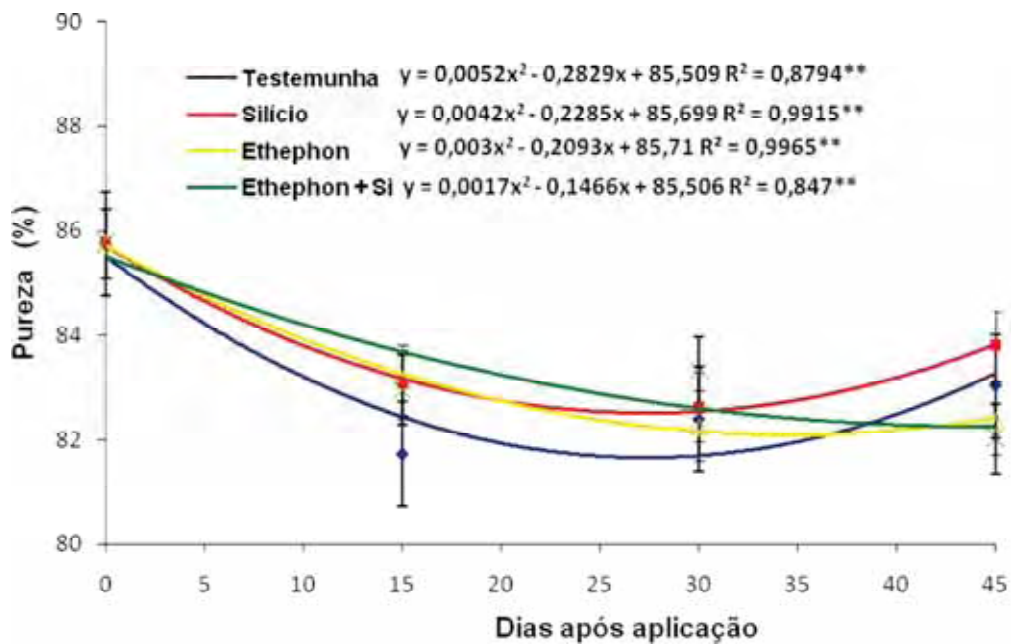


Figura 16. Pureza cana (%) em função da aplicação do maturador Ethephon, associado ou não ao Si, em final de safra. ** significativo a 5% de probabilidade.

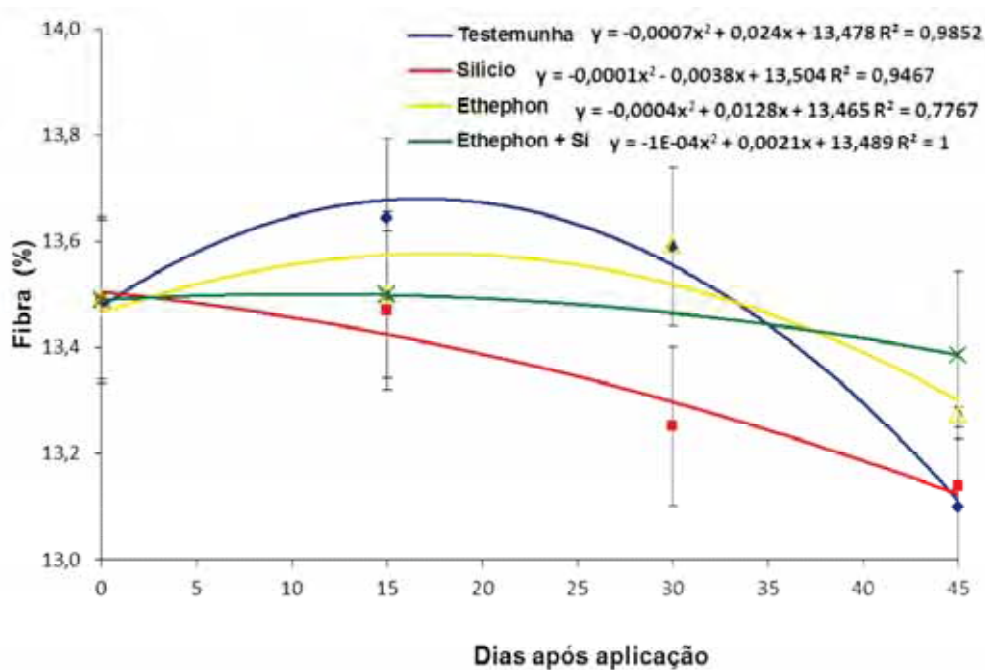


Figura 17. Fibra cana (%), em função da aplicação de ethephon, associado ou não ao Si, em final de safra.

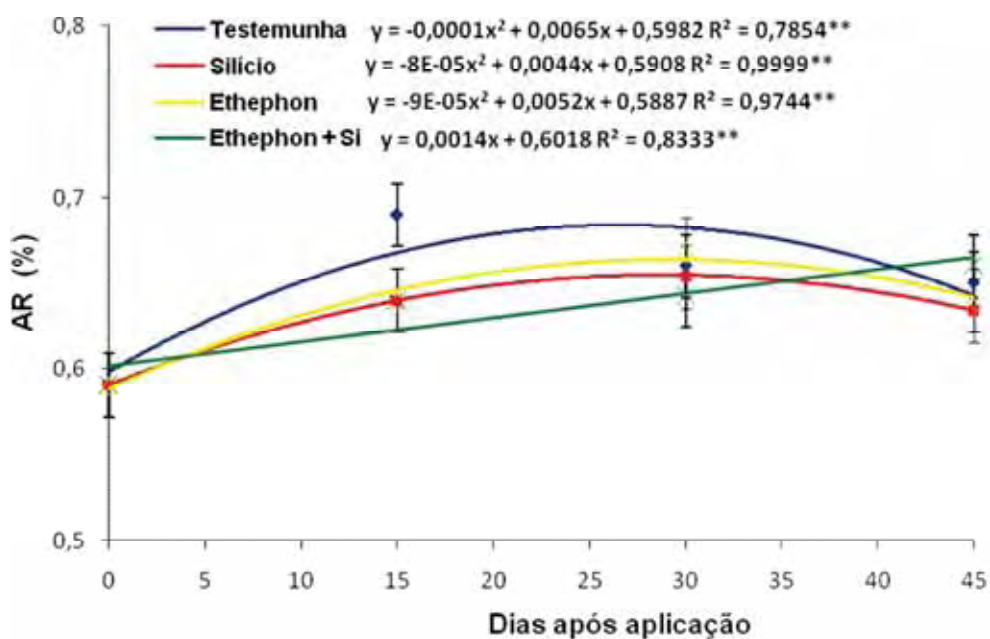


Figura 18. AR cana (%) em função da aplicação de ethephon, associado ou não ao Si, em final de safra. ****** significativo a 5% de probabilidade.

6.2.2.4 Teor de silício e potássio nas folhas da cana-de-açúcar

Tabela 33. Quadro de Análise de variância dos teores de silício e potássio em função da aplicação de ethephon associado ou não ao Si em final de safra.

	ANAVA (Probabilidade de F)	
	Teor Si	Teor K
Bloco	0,3945	0,5164
Produtos (P)	0,0627	0,2781
Experimento (E)	0,1850	0,3760
P x E	0,3837	0,4668

Tabela 34. Teor foliar de silício e potássio (g.kg^{-1}) na cana-de-açúcar em função da aplicação de ethephon associado ou não ao Si em final de safra.

Tratamentos	g.kg^{-1} de matéria seca	
	Si	K
Testemunha	6,90b	9,87a
Ethephon	7,25b	8,44a
Silício (Si)	9,60a	9,98a
Ethephon + Si	10,00a	8,25a

Médias seguidas de letras iguais, minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 10 % de probabilidade.

Na Tabela 34, estão inseridos os dados referentes a determinação do Si e K obtidos na folha + 1 da cana. Esses resultados concordam com estudos encontrados na literatura evidenciando a eficácia da aplicação foliar do Si no acúmulo do elemento e sua contribuição nos parâmetros tecnológicos e produtividade de colmos. A concentração do Si pode variar de 0,14 a 6,7% em folhas jovens e adultas, respectivamente (ANDERSON; BOWEN, 1992). Korndörfer et al. (2000) cita que os teores podem variar dependendo da variedade.

Os teores de K contidos na Tabela 34 são referentes ao produto utilizado como fonte de Si (26% de SiO_2 e 12% de K_2O). Observa-se que não houve efeito

desse macronutriente entre os tratamentos, inferindo que não ocorreu interferência desse elemento no fornecimento Si.

6.2.2.5 Produtividade de colmos

Tabela 35. Quadro de análise de variância da TCH em função da aplicação de ethephon associado ou não ao Si em final de safra.

ANAVA (Probabilidade de F)	
	TCH
Bloco	0,5114
Produtos (P)	0,0103
Experimento (E)	0,0279
P x E	0,1951

A produtividade de colmos não foi afetada pela aplicação dos tratamentos nas duas safras estudadas na Raízen Energia S.A/Usina da barra, no município de Igarapu do Tietê (Tabela 36). Já na Tereos-Petrobrás/Usina Guarani S.A, em Olímpia, SP, a testemunha manteve maior produtividade de colmos sendo semelhante ao tratamento ethephon + Si e estes superiores ao ethephon e ao tratamento Si. Leite (2005) estudando diversos maturadores bem como a mistura deles, demonstrou que a massa individual dos colmos não sofreu influência significativa de nenhum dos tratamentos estudados. Nota-se pela Tabela 29 que não houve influência dos tratamentos na altura da planta em Igarapu do Tietê. Em Olímpia, na safra 2008 os tratamentos ethephon + Si e a testemunha apresentaram os maiores valores em altura, que pode ter refletido na maior produtividade de colmos por área (TCH).

Tabela 36. Produtividade de colmos (TCH) em função da aplicação de ethephon associado ou não ao Si em final de safra.

Tratamentos	Igarapé do Tietê (SP)		Olimpia (SP)	
	TCH		TCH	
	(t cana ha ⁻¹)		(t cana ha ⁻¹)	
	Safra 2008	Safra 2009	Safra 2008	Safra 2009
Testemunha	79,2a	79,5a	113,4a	80,3a
Ethephon	80,0a	80,0a	86,9b	84,1a
Silício	84,2a	84,3a	85,8b	85,4a
Ethephon + Si	81,3a	81,3a	106,0a	96,4a

Médias seguidas de letras iguais, minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 10 % de probabilidade.

6.3 Sulfometuron metil associado ou não ao silício aplicados via foliar

6.3.1. Início de safra

6.3.1.1 Altura de planta

Tabela 37. Quadro de análise de variância da altura de planta em função da aplicação de sulfometuron metil associado ou não ao Si em início de safra.

ANAVA (Probabilidade de F)	
	Altura
Bloco	0,4713
Dias após aplicação (DAA)	< 0,0001
Produtos (P)	0,0017
Experimento (E)	0,0197
DAA x P	0,0049
DAA x E	0,3012
P x E	0,2371
P x DAA x E	0,3411

Tabela 38. Altura de plantas de cana-de-açúcar em função da aplicação de sulfometuron metil associado ou não ao Si em início de safra

Altura de plantas (m)				
Olímpia (SP)				
Tratamentos	Safra 2008		Safra 2009	
	0 DAA	60 DAA	0 DAA	60 DAA
Testemunha	2,56aB	2,82aA	2,10aB	2,50aA
Sulfometuron metil	2,56aA	2,74aA	2,10aA	2,31aA
Silício	2,56aB	2,90aA	2,10aB	2,51aA
Sulfometuron metil + Si	2,56aB	2,84aA	2,10aA	2,34aA
Igarapu do Tietê (SP)				
	Safra 2009		Safra 2010	
Testemunha	2,26aB	2,60aA	2,29aB	2,50aA
Sulfometuron metil	2,26aB	2,51aA	2,29aB	2,48aA
Silício	2,26aB	2,61aA	2,29aB	2,60aA
Sulfometuron metil + Si	2,26aB	2,51aA	2,29aB	2,52aA

Médias seguidas de letras iguais, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 10 % de probabilidade.

Os valores de altura das plantas submetidas à aplicação de sulfometuron metil e Si estão contidos na Tabela 38. Na Tereos-Petrobrás/Usina Guarani S.A, em Olímpia, na safra 2008, analisando-se os tratamentos nas duas épocas de avaliação, nota-se que o maturador influenciou no crescimento das plantas. Na safra 2009 observa-se a mesma tendência entre os tratamentos, sendo que a associação do maturador com o Si também promoveu menor crescimento das plantas. Para Rizzard et al. (2004) isso se deve pelo fato do sulfometuron metil atuar na inibição da enzima ALS (acetolactatosintase) na rota da síntese dos aminoácidos valina, leucina e isoleucina interferindo na síntese proteica e no balanço hormonal afetando o crescimento das plantas.

. Com relação à Raízen Energia S.A/Usina da barra em Igarapu do Tietê, constata-se que a aplicação de sulfometuron metil não afetou o crescimento das plantas nas duas safras avaliadas. Resultados similares foram observados nas plantas tratadas com sulfometuron metil + Si. No tratamento em que se aplicou o Si isoladamente, nota-se valores maiores em altura, porém de forma não significativa.

6.3.1.2. Rebrotas da soqueira

Tabela 39. Quadro de análise de variância da rebrota em função da aplicação de sulfometuron metil associado ou não ao Si em início de safra.

<u>ANAVA (Probabilidade de F)</u>	
	Rebrota
Bloco	0,2198
Produtos (P)	0,0195
Experimento (E)	0,0310
P x E	0,2509

Tabela 40. Número de rebrota após colheita em área com aplicação de sulfometuron metil associado ou não ao Si em início de safra.

Tratamentos	Número de perfilhos m ⁻¹	
	Igarapu do Tietê (SP)	
	Safra 2009	Safra 2010
Testemunha	12,0a	11,0a
Sulfometuron metil	14,0a	10,0a
Silício	15,0a	11,0a
Sulfometuron metil + Si	14,0a	10,0a

Tratamentos	Olimpia (SP)	
	Safra 2008	Safra 2009
	Testemunha	18,0a
Sulfometuron metil	16,0a	21,0a
Silício	17,0a	18,0a
Sulfometuron metil + S	17,0a	20,0a

Médias seguidas de letras distintas na coluna diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 10% de probabilidade.

Analisando-se os resultados da Tabela 40, verifica-se que o sulfometuron metil não influenciou a rebrota da soqueira nos ensaios realizados na Raízen Energia S.A/Usina da barra em Igarapu do Tietê. De maneira forma, os tratamentos não interferiram na rebrota na Tereos-Petrobrás/Usina Guarani S.A, em Olimpia, SP. Esses resultados divergem de Leite (2010) que observou maior número de perfilhos pela

aplicação desse maturador. Entretanto, o mesmo autor cita que a associação do Si a esse composto químico não afetou a rebrota da soqueira.

6.3.1.3 Parâmetros Tecnológicos

Tabela 41. Quadro de análise de variância da análise tecnológica da cana-de-açúcar em função da aplicação de sulfometuron metil associado ou não ao Si em início de safra.

	ANAVA (Probabilidade de F)			
	Pol	Pureza	Fibra	AR
Bloco	0,1753	0,2511	0,2870	0,1974
Dias após aplicação (DAA)	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001
Produtos (P)	< 0,0001	< 0,0001	0,0077	< 0,0001
Experimento (E)	0,1577	0,1722	0,1398	0,1508
DAA x P	0,0066	0,0143	0,2759	0,2011
DAA x E	0,1661	0,1261	0,1901	0,1154
P x E	0,5813	0,2378	0,4245	0,4311
P x DAA x E	0,6312	0,6967	0,3030	0,3997
DMS	0,5045	1,4186	0,3977	0,0402

As aplicações de maturadores, de modo geral, são normalmente realizadas no início da safra de cana na região centro-sul, período em que a cana ainda não atingiu o ponto máximo de acúmulo de sacarose. No momento da aplicação, que fica próximo a segunda quinzena de fevereiro, ainda não se sabe como será o clima nos meses vindouros, pois dependendo da pluviosidade, a maturação natural do canavial poderá ser dificultada com melhores efeitos do maturador. Neste caso, o sulfometuron metil mostra grande potencial como maturador (OLIVEIRA, 1992; PONTIN, 1995; LEITE, 2005; CAPUTO et al., 2008). Ressalta-se ainda que a eficiência do maturador é dependente da época de aplicação e da variedade. Pela Figura 19 verificou-se que a partir dos 15 DAA o sulfometuron metil já demonstra 4% em acréscimo de Pol em relação à testemunha. Esse incremento é expresso por modelo quadrático com 5,2 e 7,4% aos 30 e 45 DAA. Aos 60 DAA, os resultados foram superiores a testemunha, porém, sem diferença estatística. A antecipação na colheita foi de 9 dias em relação ao controle. A aplicação do nutriente mostrou incrementos na Pol quando comparado ao tratamento controle e semelhante estatisticamente ao maturador no decorrer das amostragens. O incremento nos valores de Pol pela aplicação de Si pode ser devido à ação anti-estressante do nutriente, aliado a sua contribuição na fotossíntese. Outro fator inerente é a pouca pluviosidade ocorrida no

período, interferindo de forma direta na maturação da cana e diminuindo com isso o efeito da ação do maturador.

O sulfometuron metil + Si antecipou a colheita em 10 dias e mostrou acréscimo no teor de Pol de 6,2; 6,2 ; 9,4 e 4,6% aos 15, 30, 45 e 60 DAA, sendo estatisticamente semelhante aos demais tratamentos nas amostragens realizadas. Fernandes et al. (2002) observaram melhoria na qualidade da matéria prima pela aplicação desse maturador em diversas variedades de cana com maior possibilidade de produção de açúcar. Oliveira et al. (1993) estudaram sulfometuron metil na variedade SP70-1143 e verificaram incremento de 0,89% na Pol, antecipando em 21 dias a colheita. Castro (1996) observou incrementos de 1,12% na Pol com antecipação de 21 dias na maturação com aplicação de sulfometuron metil. Foltran (2009) comparando o efeito de maturadores na variedade RB85-5453 e não relatou diferença significativa entre eles e comenta a ocorrência da maturação natural da variedade em virtude da restrição hídrica ocorrida no período.

Com relação a pureza, os tratamentos foram superiores a testemunha a partir dos 15 DAA com destaque ao Si que foi superior ao sulfometuron metil e similar ao sulfometuron metil + Si (Figura 20). Aos 30 DAA o sulfometuron metil, Si e sulfometuron metil+Si mostraram melhoria na pureza em 3; 3,8 e 3,6% respectivamente. Aos 45 DAA o sulfometuron metil + Si apresentou melhor resultado com 4,7% em relação à testemunha, seguido do Si (3,6%) e do sulfometuron metil (3,1%), porém sem diferença estatística entre si. Aos 60 DAA, seguiu-se a mesma tendência com 6,7; 2 e 1,8% respectivamente. Leite et al. (2009) verificaram que o sulfometuron metil foi eficiente na elevação da pureza quando comparado com o controle. Resultados semelhante foram obtidos por Fernandes et al. (2002) que observaram melhoria na pureza com a aplicação de sulfometuron metil.

A pureza tem relação direta com a maturação da cana. Venturini Filho e Nogueira (2005) citam como níveis adequados mínimos de 80% para início de safra 85% para meio e final de safra. Dessa forma, conclui-se que os resultados obtidos estão de acordo com os autores.

O teor de fibra aumentou com o decorrer das épocas de amostragens e foram expressas por equações quadráticas como mostrada na Figura 21. Pelos resultados obtidos verificou-se que o sulfometuron metil foi o tratamento que revelou os menores valores, sem, entretanto, diferir dos demais tratamentos até 30 DAA. Aos 45 DAA a testemunha diferiu-se apenas do sulfometuron metil e do Si. Ao final do experimento (60

DAA) os teores de fibra dos tratamentos ficaram próximos, não havendo diferença estatística. Aumento no teor de fibra foram relatados por Leite et al. (2009), Viana et al. (2008) e Castro et al. (2001). Entretanto, alguns trabalhos como o de Galdiano (2008) e de CASTRO et al. (2002) não foi observado mudanças na fibra pela aplicação de maturadores.

O decréscimo no teor de AR como mostrado na Figura 22 confirma a correlação inversa entre AR e o incremento obtido no teor de sacarose nos colmos no período estudado. Com os maiores valores de AR, a testemunha mostrou redução linear enquanto que os tratamentos apresentaram decréscimos expressos por modelos quadráticos. A maior variação no período foi observada aos 45 DAA com 11,8; 15,7 e 15,7% para sulfometuron metil, Si e sulfometuron metil + Si, respectivamente. Oliveira et al. (1992) verificaram redução de 50% no AR% pela aplicação de sulfometuron metil na variedade SP70-1143. No momento da colheita do experimento essa variação não foi significativa. A diminuição em AR no colmo é devido ao início do processo de maturação da cana, onde se acentua o acúmulo de sacarose e redução de glicose e frutose, responsáveis pelo crescimento vegetativo da planta. Viana (2011) observou efeito variável do maturador dependendo da variedade estudada. Notou-se maior redução em AR aos 45 DAA para a variedade RB85-5453, seguido da RB85-5153 e SP80-1842.

Franzé (2010) cita que o sulfometuron metil proporcionou incrementos significativos nos valores de ATR na qualidade tecnológica quando comparados com os demais tratamentos. Para o autor esse resultado é devido à maior influência da sacarose sobre os açúcares totais, já que o ATR é calculado por meio dos valores de Pol e AR da cana, sendo esta última variável calculada através da fibra e pureza da cana-de-açúcar. Isso porque existe uma correlação entre ATR, Pol e AR cana. Aumento no teor de sacarose dos colmos de cana também foi obtido por Meschede (2009) pela aplicação de Sulfometuron metil. Conclui-se, portanto que a eficiência do sulfometuron metil foi positiva de modo geral na melhoria da matéria prima quando comparado com a testemunha. A associação do maturador com o Si não mostrou melhorias adicionais quando comparado com o maturador aplicado isoladamente. O Si promoveu incrementos em Pol e Pureza e redução em AR. Esse efeito é explicado por Alexander (1970), onde observou acúmulo de sacarose pela aplicação de Si.

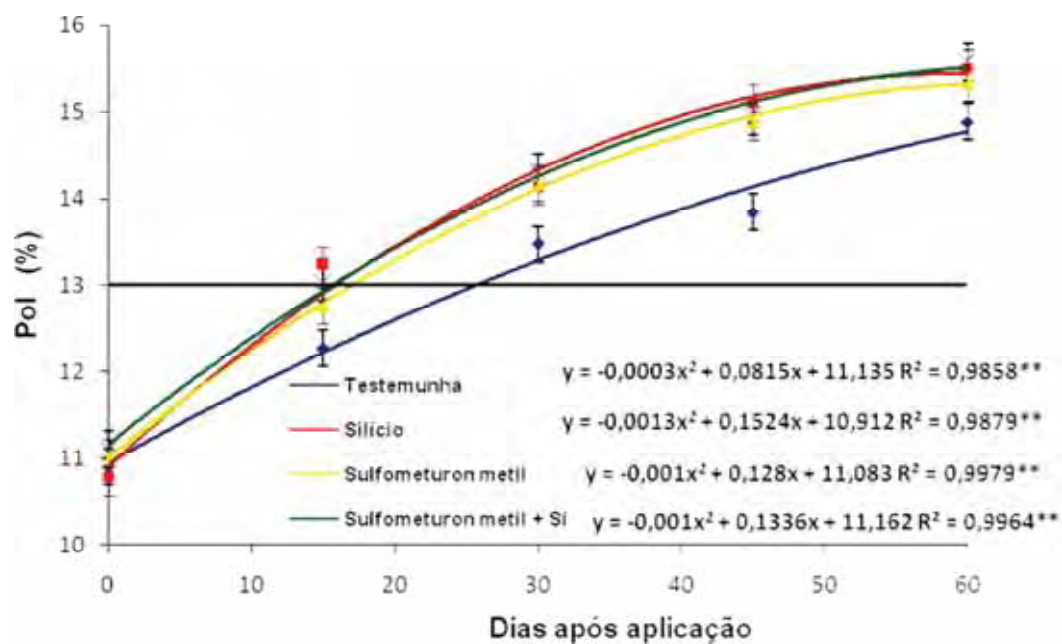


Figura 19. Pol cana (%) em função da aplicação de Sulfometuron metil, associado ou não ao Si, em início de safra. ** significativo a 5% de probabilidade.

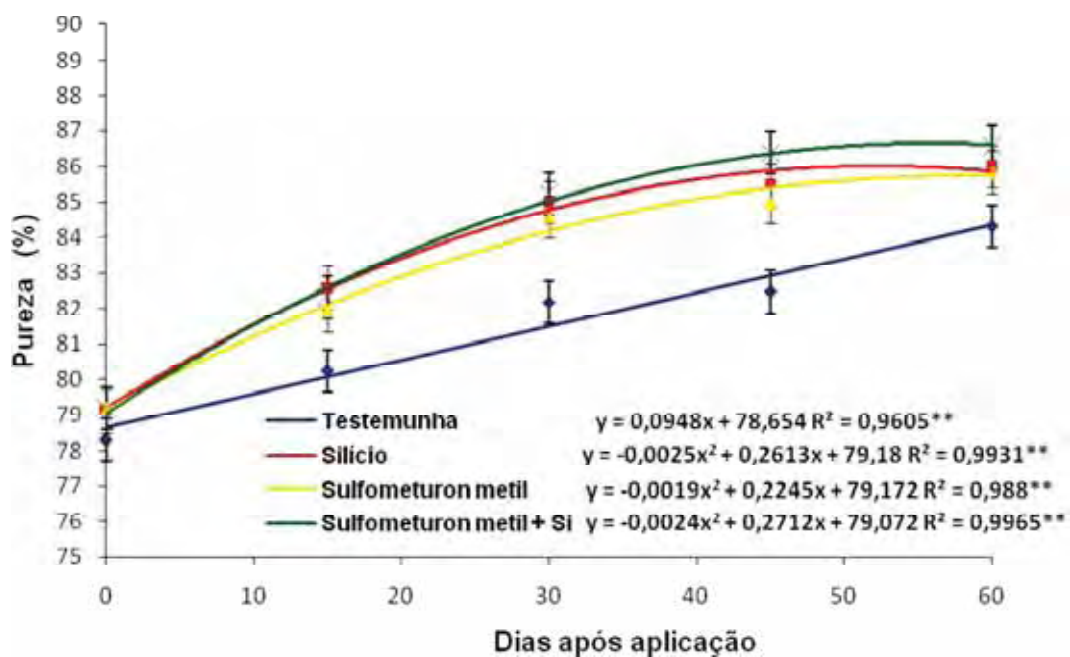


Figura 20. Pureza cana (%), em função da aplicação de Sulfometuron metil, associado ou não ao Si, em início de safra. ** significativo a 5% de probabilidade.

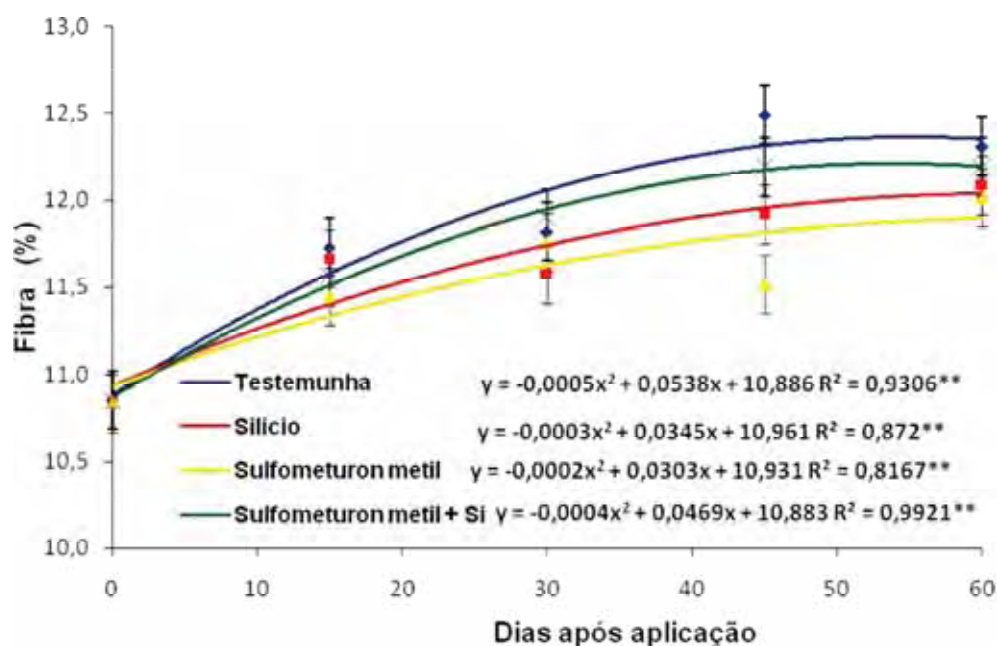


Figura 21. Fibra cana (%), em função da aplicação de Sulfometuron metil, associado ou não ao Si, em início de safra. ** significativo a 5% de probabilidade.

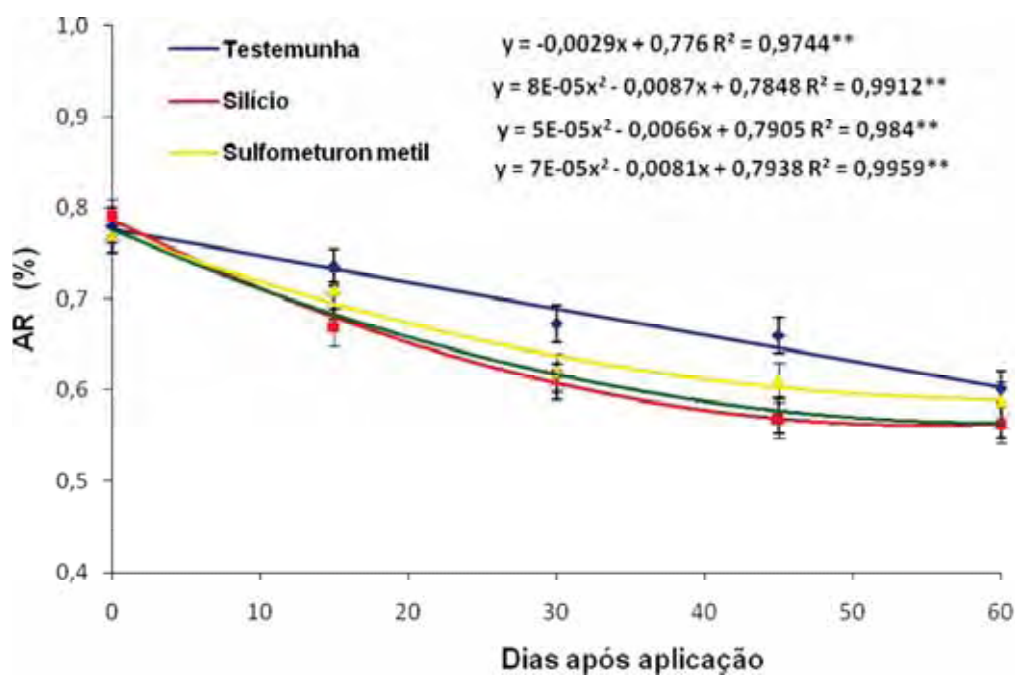


Figura 22. AR cana (%), em função da aplicação de Sulfometuron metil, associado ou não ao Si, em início de safra. ** significativo a 5% de probabilidade.

6.3.1.4 Teor de silício e potássio nas folhas da cana-de-açúcar

Tabela 42. Quadro de Análise de variância dos teores de silício e potássio em função de aplicação de sulfometuron metil associado ou não ao Si em início de safra.

ANAVA (Probabilidade de F)		
	Teor Si	Teor K
Bloco	0,6181	0,5091
Produtos (P)	0,0490	0,2804
Experimento (E)	0,2754	0,1240
P x E	0,2980	0,1941

Tabela 43. Teor foliar de silício e potássio (g kg^{-1}) na cana-de-açúcar em função da aplicação de sulfometuron metil associado ou não ao Si em início de safra.

g.kg ⁻¹ de matéria seca		
Tratamentos	Si	K
Testemunha	7,90b	11,00a
Ethephon	8,75b	10,49a
Silício (Si)	13,40a	10,51a
Ethephon + Si	15,15a	10,43a

Médias seguidas de letras iguais, minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 10 % de probabilidade

Os teores foliares de Si determinados pela aplicação de silicato de potássio presentes na Tabela 43. Esse resultado corrobora com alguns pesquisadores que observaram o incremento foliar na aplicação de Si. (WANG et., 1998; ALEXANDER et al., 1970b). Korndörfer et al. (2000) comentam que a absorção de Si varia de acordo com a variedade.

Ainda na Tabela 43, verificou-se que os teores de K determinados no mesmo material vegetal não foram influenciados pela aplicação de silicato de potássio. Raij et al. (1996) consideram como ideal teores de K em torno de 10 a 16 mg kg^{-1} , o que pode-se inferir que não houve alteração para esse elemento.

6.3.1.5 Produtividade de colmos (TCH)

Tabela 44. Quadro de análise de variância da TCH em função da aplicação de sulfometuron metil associado ou não ao Si em início de safra.

ANAVA (Probabilidade de F)	
	Altura
Bloco	0,3192
Produtos (P)	0,0481
Experimento (E)	0,0207
P x E	0,1948

Tabela 45. Produtividade de colmos (TCH) em função da aplicação de sulfometuron metil, associado ou não ao Si, em início de safra.

Tratamentos	Igaráçu do Tietê (SP)		Olimpia(SP)	
	TCH		TCH	
	(t cana ha ⁻¹)		(t cana ha ⁻¹)	
	Safra 2009	Safra 2010	Safra 2008	Safra 2009
Testemunha	115,0a	112,3a	89,3b	110,5a
Sulfometuron metil	114,5ab	106,3ab	95,0ab	110,5a
Silício	111,9ab	100,0b	95,2ab	100,2a
Sulfometuron metil + Si	106,3b	112,8a	100,0a	114,8a

Médias seguidas de letras iguais, minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 10 % de probabilidade.

Os resultados de produtividade de colmos (TCH) em função da aplicação de sulfometuron metil e de sua associação com o Si estão indicados na Tabela 45. Na safra 2009 na Raízen Energia S.A/Usina da barra em Igaráçu do Tietê, a aplicação de sulfometuron metil e do Si aplicado isolado não afetaram significativamente a produtividade de colmos. No entanto, o tratamento com sulfometuron metil + Si apresentou redução estatisticamente significativa na produtividade quando comparado com a testemunha. Porém, na safra seguinte (2010), o sulfometuron metil não afetaram a produtividade de colmos, sendo semelhante a testemunha. Entretanto, o tratamento Si não promoveu o incremento em TCH, diferindo-se da testemunha em 12,3%. Em Olímpia, na safra 2008 a produtividade de colmos onde se aplicou o sulfometuron metil foi semelhante ao controle e ao tratamento Si. A associação do sulfometuron metil com o Si promoveu acréscimo em TCH 11,9 % em relação a testemunha, diferindo-se estatisticamente. Na

safra seguinte, as produtividades de colmos foram semelhantes entre os tratamentos estudados.

Apesar dos benefícios que o Si proporciona a cultura, como redução ao stress hídrico, aumento na taxa fotossintética e na produtividade, não foi observado incrementos em produtividade de colmos pela sua aplicação.

6.3.2 Final de safra

6.3.2.1 Altura de plantas

Tabela 46. Quadro de análise de variância da altura em função da aplicação de sulfometuron metil associado ou não ao Si em final de safra.

<u>ANAVA (Probabilidade de F)</u>	
	Altura
Bloco	0,1819
Dias após aplicação (DAA)	0,0049
Produtos (P)	0,0093
Experimento (E)	0,0763
DAA x P	0,0009
DAA x E	0,3208
P x E	0,1892
P x DAA x E	0,5915

Tabela 47. Altura de plantas de cana-de-açúcar em função da aplicação de sulfometuron metil associado ou não ao Si em final de safra.

Altura de plantas (m)				
Tratamentos	Olímpia (SP)			
	Safra 2008		Safra 2009	
	0 DAA	45 DAA	0 DAA	45 DAA
Testemunha	2,10aB	2,36aA	2,03aA	2,11aA
Sulfometuron metil	2,10aB	2,33aA	2,03aA	2,14aA
Silício	2,10aB	2,30aA	2,03aA	2,15aA
Sulfometuron metil + Si	2,10aB	2,32aA	2,03aB	2,23aA
Igarçu do Tietê (SP)				
	Safra 2008		Safra 2009	
	0 DAA	45 DAA	0 DAA	45 DAA
Testemunha	2,49aB	2,65aA	1,93aB	2,39aA
Sulfometuron metil	2,49aB	2,66aA	1,93aB	2,32aA
Silício	2,49aB	2,70aA	1,93aB	2,41aA
Sulfometuron metil + Si	2,49aB	2,65aA	1,93aB	2,34aA

Médias seguidas de letras iguais, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de DMS a 10 % de probabilidade.

Comprova-se na Tabela 47 que as aplicações do maturador sulfometuron metil, do tratamento silício e da associação de ambos não influenciaram o desenvolvimento normal das plantas na safra 2008 na Tereos-Petrobrás/Usina Guarani S.A, em Olímpia. Na safra seguinte, o desenvolvimento normal das plantas foi reduzido como se pode notar pelo tratamento controle. O sulfometuron metil + Si mostrou incremento em altura entre as épocas amostradas, confrontando-se com os demais tratamentos.

Na Raízen Energia S.A/Usina da barra em Igarçu do Tietê, na safra 2008, os tratamentos não induziram variações significativas em altura. Da mesma forma, na safra 2009 os tratamentos não afetaram negativamente o desenvolvimento das plantas, apresentando efeito semelhante entre os mesmos. Com o intuito de verificar a eficácia desse produto como potencializador no perfilhamento e produtividade Silva et al. (2007) verificaram redução no comprimento dos colmos nas variedades IAC87-3396, IAC91-2195 e IAC91-5155.

6.3.2.2 Rebrotada da soqueira

Tabela 48. Quadro de análise de variância da rebrotada em função da aplicação de sulfometuron metil associado ou não ao Si em final de safra.

ANAVA (Probabilidade de F)	
	Altura
Bloco	0,2820
Produtos (P)	0,1398
Experimento (E)	0,0194
P x E	0,1274

Tabela 49. Número de rebrotada após colheita em área com aplicação de sulfometuron metil associado ou não ao Si em final de safra.

Tratamentos	Número de perfilhos m ⁻¹	
	Igarapé do Tietê (SP)	
	Safra 2008	Safra 2009
Testemunha	13,0a	9,0a
Sulfometuron metil	12,0a	10,0a
Silício	12,0a	11,0a
Sulfometuron metil + Si	13,0a	10,0a

Tratamentos	Olimpia (SP)	
	Safra 2008	Safra 2009
	Testemunha	13,0a
Sulfometuron metil	12,0a	18,0a
Silício	12,0a	16,0a
Sulfometuron metil + Si	13,0a	18,0a

Médias seguidas de letras distintas na coluna diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 10% de probabilidade.

Na Tereos-Petrobrás/Usina Guarani S.A, em Olimpia, a rebrotada da soqueira não foi afetada pela aplicação dos tratamentos, observando-se que o tratamento sulfometuron metil mostrou maiores valores na safra 2009. Leite (2009) relatou que esse

composto químico propiciou aumento de forma significativa na rebrota da soqueira. Com relação a Raízen Energia S.A/Usina da barra em Igarapu do Tietê, os tratamentos não influenciaram esse parâmetro em ambas as safras analisadas. A brotação é uma característica varietal que se expressa pelo manejo e pelo clima (RODRIGUES, 1995). As características de boa brotação das variedades RB86-7515 e SP80-3280 podem ser responsáveis pelos resultados obtidos na Tabela 49. A presença de falhas ou diminuição na brotação da soqueira poderia propiciar efeito negativo nos componentes de rendimentos e produção de cana.

6.3.2.3. Parâmetros tecnológicos

Tabela 50. Quadro de análise de variância da análise tecnológica da cana-de-açúcar em função da aplicação de sulfometuron metil associado ou não ao Si em final de safra.

	ANAVA (Probabilidade de F)			
	Pol	Pureza	Fibra	AR
Bloco	0,1396	0,3059	0,1429	0,6418
Dias após aplicação (DAA)	< 0,0001	< 0,0001	0,0055	< 0,0001
Produtos (P)	0,0021	0,0009	0,2188	0,0805
Experimento (E)	0,1325	0,1317	0,1472	0,2048
DAA x P	0,0125	0,0229	0,0124	0,0104
DAA x E	0,1044	0,1856	0,2178	0,2215
P x E	0,2400	0,3666	0,4440	0,4267
P x DAA x E	0,6277	0,3631	0,9458	0,3199
DMS	0,4634	1,3135	0,3445	0,0370

Com referência as aplicações de sulfometuron metil e da associação com o Si em final de safra, os resultados observados são exibidos nas Figuras 23 a 26. Constatou-se que a combinação do maturador com o nutriente foi favorável com relação ao incremento na Pol em 4,5; 7,8 e 2% aos 15, 30 e 45 DAA, respectivamente, quando comparado à testemunha. Verifica-se que o tratamento controle mostra queda de 10,8% na Pol do início do ensaio até aos 30 DAA. Essa queda é devido a conversão da sacarose em açúcares simples, as quais são empregadas para o crescimento da planta nessa época do ano. O sulfometuron metil promoveu a manutenção elevada da Pol em todas as amostragens, tendo seu efeito maximizado aos 30 DAA com 6% de incremento. O Si revelou aumento de 3,5 e 5,2% aos 15 e 30 DAA. Na última amostragem (45 DAA) os

efeitos dos tratamentos foram amenizados e não houve diferença estatística com a testemunha. Esses resultados corroboram com os obtidos por Viana (2007) que estudou a aplicação de sulfometuron metil em final de safra. A maior eficiência do maturador se faz quando as condições climáticas não favorecem a maturação natural, como ocorre na região Centro-Sul em final de safra. Com isso, o manejo do canavial com uso de maturadores é essencial, visto que Nagumo (1993) cita que quando há restrição dos fatores de crescimento, a planta canaliza os fotoassimilados caracterizando a maturação. Galdiano (2008) avaliou diversos produtos aplicados em final de safra não constatou efeito na qualidade da cana. Segundo o autor, a mistura de sulfometuron metil com outros maturadores mostraram tendência de melhora na qualidade tecnológica quando comparados com a testemunha. Franzé (2010), estudando o efeito de maturadores em variedade médio-tardia (SP83-2847), observou semelhança nos resultados de Pol entre maturadores sulfometuron metil e etil-trinexapac.

De forma geral, os tratamentos mostraram melhoria na pureza (Figura 24) quando comparado com o controle. O sulfometuron metil mostrou os melhores resultados com ajuste linear decrescente e com aumento na pureza a partir dos 15 DAA. A diferença com relação à testemunha se estendeu até aos 60 DAA, quando os valores foram próximos. A aplicação de sulfometuron metil + Si seguiu a mesma tendência do maturador aplicado isoladamente, com melhoria de 2,11% aos 15 e aos 30 DAA e expressa por equação linear. O Si promoveu melhora na pureza apenas aos 15 DAA, não se diferenciando da testemunha nas demais amostragens com os resultados se adequando por modelo quadrático.

Com relação à fibra, os tratamentos sulfometuron metil e Si foram ajustados por equações lineares decrescentes como mostrado na Figura 25. Aos 15 DAA o tratamento controle mostrou maior teor de fibra, diferindo-se dos demais tratamentos.

Ao se comparar aos açúcares redutores (AR), nota-se que os tratamentos de forma geral proporcionaram aumento em AR, porém, em menor grau que a testemunha. O Si mostrou redução em AR de 7,6 e 6,7% enquanto o sulfometuron metil reduziu 12,9 e 3,2% aos 15 e 30 DAA, respectivamente (Figura 26). As reduções proporcionadas pelo sulfometuron metil + Si ficaram por volta de 9,3 e 8,4%. Na última amostragem (45 DAA) os valores foram próximos não apresentando diferenças estatísticas entre si.

Em resumo, os resultados obtidos com o as condições climáticas no período, confirma-se a tendência da planta retomar o seu crescimento vegetativo devido a decréscimo nos teores de Pol e aumento em AR. O sulfometuron metil promoveu o efeito desejado como maturador com o objetivo de retardar a conversão da sacarose em açúcares simples funcionais necessários nesse período. A associação do nutriente com o maturador propiciou maiores valores na Pol e redução em AR.

Fernandes et al. (2002) obteve melhora na qualidade do caldo e redução de ácidos orgânicos pela aplicação de sulfometuron metil em diversas variedades de cana. Esses compostos orgânicos são responsáveis por aumentar a viscosidade de massa e méis os quais são indutores na relação entre aminoácidos e açúcares redutores e exaurindo o melaço devido a relação entre AR e cinzas, produzindo açúcar de melhor qualidade. São evidentes os resultados positivos do sulfometuron metil como maturador na qualidade tecnológica da cana (OLIVEIRA, 1992; PUTIN, 1995; CAPUTO 2007).

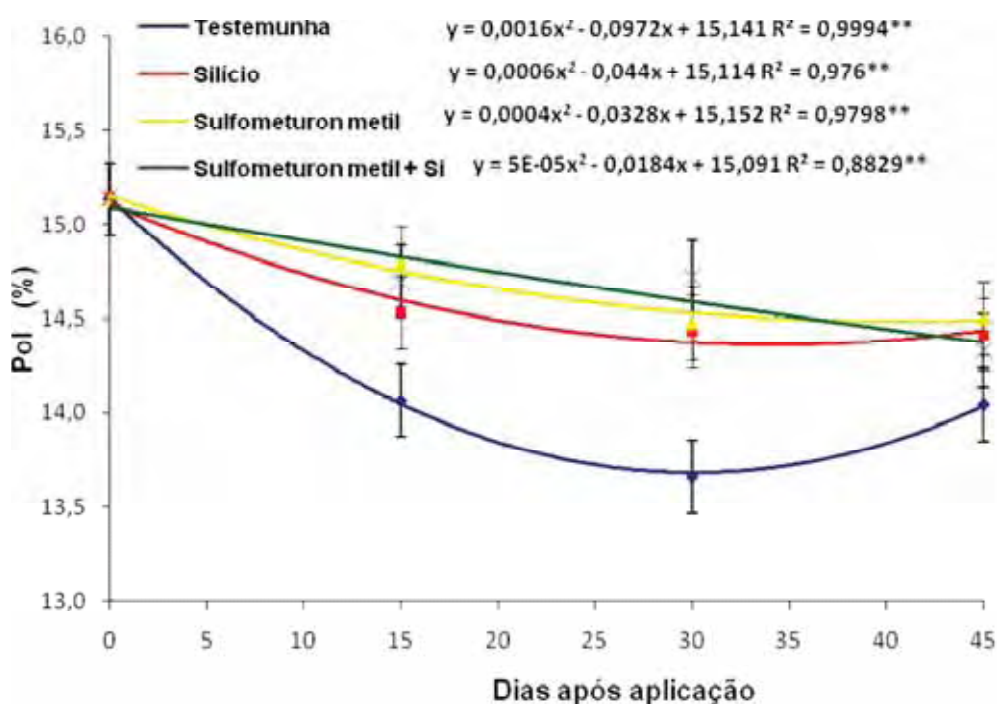


Figura 23. Pol cana (%) em função da aplicação de sulfometuron metil, associado ou não ao Si, em final de safra. ** significativo a 5% de probabilidade.

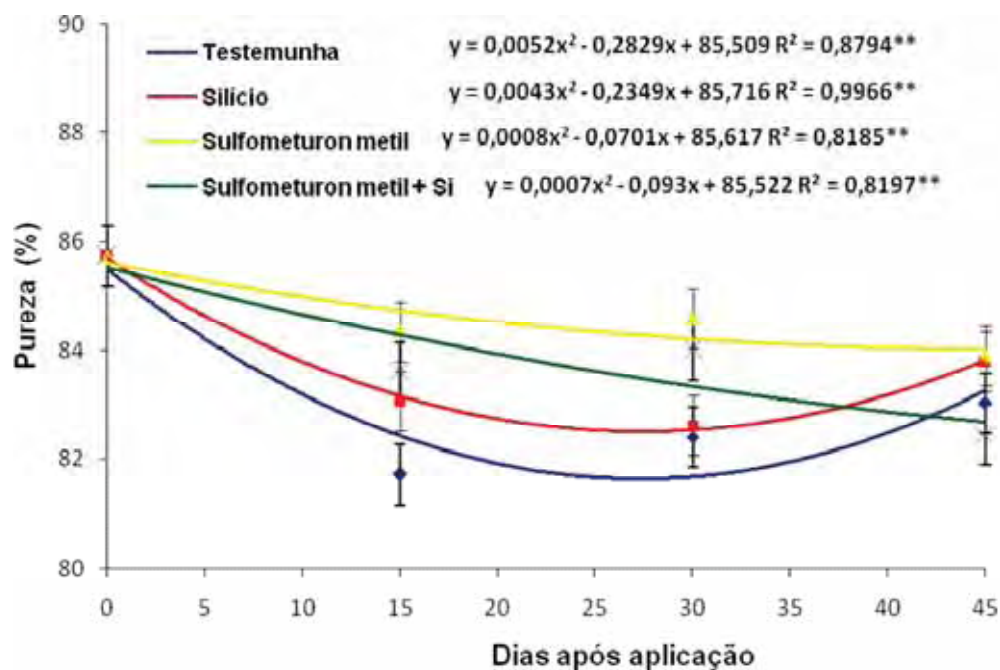


Figura 24. Pureza cana (%), em função da aplicação de sulfometuron metil, associado ou não ao Si, em final de safra. ** significativo a 5% de probabilidade.

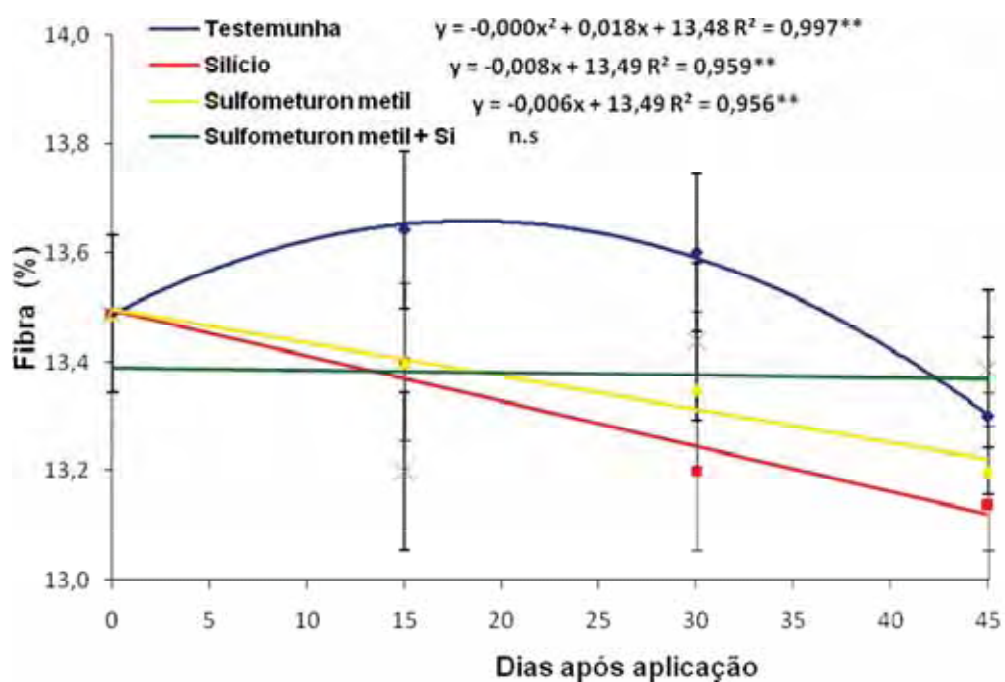


Figura 25. Fibra cana (%), em função da aplicação de sulfometuron metil, associado ou não ao Si, em final de safra. ** e n.s. significativo a 5% de probabilidade e não significativo, respectivamente.

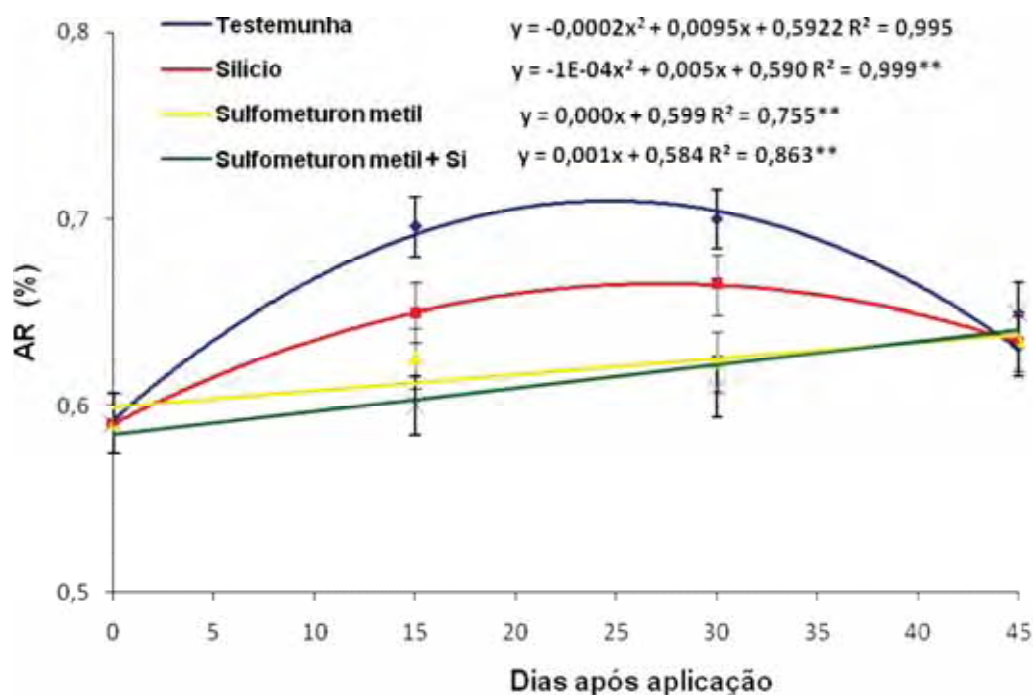


Figura 26. AR cana (%), em função da aplicação de Sulfometuron metil, associado ou não ao Si, em final de safra. ** significativo a 5% de probabilidade.

6.3.2.4 Teor de silício e potássio nas folhas da cana-de-açúcar

Tabela 51. Quadro de análise de variância dos teores de silício e potássio em função da aplicação de sulfometuron metil associado ou não ao Si em final de safra.

ANAVA (Probabilidade de F)		
	Teor Si	Teor K
Bloco	0,3456	0,4291
Produtos (P)	< 0,0001	0,2029
Experimento (E)	0,2637	0,3782
P x E	0,5381	0,4941

Tabela 52. Teor foliar de silício e potássio (g kg^{-1}) na cana-de-açúcar em função de aplicação de sulfometuron metil associado ou não ao Si em final de safra.

Tratamentos	g.kg ⁻¹ de matéria seca	
	Si	K
Testemunha	5,81b	8,74a
Ethephon	7,73b	8,58a
Silício (Si)	10,24a	7,93a
Ethephon + Si	11,03a	8,17a

Médias seguidas de letras iguais, minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 10 % de probabilidade.

Os teores de Si em função da aplicação de silicato de potássio são mostrados na Tabela 52. Como observado por outros pesquisadores, o fornecimento de Si via foliar foi eficiente em promover o acréscimo nas plantas submetidas ao tratamento. Nota-se o incremento do teor foliar na primeira amostragem realizada aos 15 DAA. O incremento é observado em todas as amostragens até o momento da colheita (60DAA). Esse resultado corrobora com Alexander et al., 1970b. Verificou-se que os teores de K determinados no mesmo material vegetal não sofreram interferência pela aplicação de silicato de potássio. Rajj et al. (1996) considera como ideal teores de K em torno de 10 a 16 mg kg^{-1} , o que pode-se inferir que não houve alteração para esse elemento.

6.3.2.5 Produtividade de colmos (TCH)

Na safra 2008 na Raízen Energia S.A/Usina da barra, em Igarauçu do Tietê, a aplicação de sulfometuron metil proporcionou produtividade de colmos semelhante à testemunha e ao tratamento Si. A maior produtividade de colmos foi observada no tratamento Si com 84,2 ton.ha^{-1} , ou seja, 6,3% superior a testemunha e estatisticamente superior ao tratamento sulfometuron metil + Si. Na safra subsequente, repara-se a mesma resposta dos tratamentos. Na Tereos-Petrobrás/Usina Guarani S.A, em Olímpia, nota-se que na safra 2008 o maturador foi superior ao Si e a aplicação conjunta do maturador e Si. Na safra 2009, as maiores produtividades foram observadas nos tratamentos onde se aplicou o sulfometuron metil, diferindo-se estatisticamente da

testemunha. Leite (2009) estudando o comportamento de vários maturadores observou que o sulfometuron metil obteve maior retorno econômico.

Tabela 53. Quadro de análise de variância da TCH em função da aplicação de sulfometuron metil associado ou não ao Si em final de safra.

<u>ANAVA (Probabilidade de F)</u>	
	TCH
Bloco	0,4125
Produtos (P)	0,0008
Experimento (E)	0,0184
P x E	0,1794

Tabela 54. Produtividade de colmos (TCH) em função da aplicação de sulfometuron metil, associado ou não ao Si, em final de safra.

Tratamentos	Igaraçu do Tietê (SP)		Olimpia (SP)	
	TCH		TCH	
	(t cana ha ⁻¹)		(t cana ha ⁻¹)	
	Safra 2008	Safra 2009	Safra 2008	Safra 2009
Testemunha	79,2ab	79,5ab	113,4a	80,3b
Sulfometuron metil	81,6ab	81,5ab	106,3a	94,0a
Silício	84,2a	84,3a	85,8b	85,4ab
Sulfometuron metil + Si	72,0b	71,7b	99,3ab	94,1a

Médias seguidas de letras iguais, minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de DMS a 10 % de probabilidade.

7. CONCLUSÕES

Para a aplicação de Si e maturadores em início de safra conclui-se que:

A aplicação de etil-trinexapac, ethephon e sulfometuron metil não afetaram a rebrota da soqueira quando aplicados isoladamente ou associado ao Si.

A aplicação de etil-trinexapac, ethephon e sulfometuron metil isolados ou associado ao Si tem baixa probabilidade de afetar a produtividade de colmos.

A aplicação de maturadores foi eficiente na elevação da Pol e melhoria da qualidade tecnológica da cana.

A aplicação isolada de Si foliar promoveu melhoria na qualidade tecnológica da cana.

Para a aplicação de Si e maturadores em final de safra conclui-se que:

A aplicação de etil-trinexapac, ethephon e sulfometuron metil não afetaram a rebrota da soqueira quando aplicados isoladamente ou associado ao Si.

A aplicação de Si associado ou não a maturadores minimizou a intensidade de redução da qualidade da matéria prima.

A aplicação de silício foliar propiciou incrementos na Pol da cana-de-açúcar.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS¹

ALEXANDER, A.G. Enzyme-sugar relationships in immature sugarcane treated with ascorbic acid, cysteine, hydroxylamine, cyanide, silicon, and iron. **J. Agr. Univ. P. R.**, v.51, n.1, p.46- 54, 1967.

ALEXANDER, A.G. Effects of combined silicon and gibberellic acid on sugar and enzyme constituents of immature sugarcane grown in sand culture. **Proc. Int. Soc. Sugar Cane Tech.**, XIII Cong., 1968a.

ALEXANDER, A.G. Effects of foliar combinations of gibberellic acid and silicon on sucrose production by sugarcane. **J. Agr. Univ. P. R.**, v.52, n.3, p.218-226, 1968b.

ALEXANDER, A.G.; ZAPATA, R.M.; KUMAR, A. Enzyme-silicon studies of gibberellic acid-treated sugarcane during the post growth-stimulatory phase. **Journal of Agriculture of the University of Puerto Rico**, v.54, n.1, p.82-95, 1970.

ALEXANDER, A.G.; ZAPATA, R.M. Use of silicon to preserve sucrose in sugarcane

¹ Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT – NBR-6023 – Informação e Documentação – Referências - Elaboração atualizada. Rio de Janeiro, 2002. 24 p.

desiccated with Paraquat and Diquat. **J. Agr. Univ. P. R.**, v.54, n.2, p.247-263, 1970b.

ALEXANDER, A.G. **Sugarcane Physiology**. Amsterdam: Elsevier, 1973. 752p.

ALMEIDA, J.C.V. et al. Eficiência agrônômica de sulfometuron metil como maturador na cultura da cana-de-açúcar. **STAB: Açúcar, Álcool e Subprodutos**, v.21, n.3, p.36-37, 2003.

ALMEIDA, J. C. V.; LEITE, C. F.; SOUZA, J. R. P. Efeitos de maturadores nas características tecnológicas da cana-de-açúcar com e sem estresse hídrico. **Semina: ciências agrárias**, Londrina, v. 26, n. 4, p. 441 - 448, 2005.

ANDERSON, D. L.; BOWEN, J. E. **Nutrição da cana-de-açúcar**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1992

ANDRADE, L.A. de B. Cultura da cana-de-açúcar. In: CARDOSO, M. das G. (Ed.). **Produção de aguardente de cana-de-açúcar**. 2. ed. rev. eamp. Lavras: UFLA, 2006. cap.1, p.25-67.

ANDRADE, A.L.B.; CARDOSO, M.B. **Cultura da cana-de-açúcar**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2004.

AZEVEDO, H. J. **Fisiologia da cana-de-açúcar**. Araras: Programa Nacional de Melhoramento da Cana-de-Açúcar, 1981. 108 p. Apostila.

BAIR, R.A. Leaf Silicon in Sugarcane, Field Corn and St. Augustine grass grow on some Florida Soils. **Soil and Crop Sci. Soc. Florida Proc.**, 26:63-70, 1966.

BALASTRA, M.L.F.; PEREZ, C.M.; JULIANO, B.O.; VILLREAL, P. Effects of sílica level on some properties of *Oriza sativa* straw and hult. **Canadian Journal Botanic**, v.67, p.2356-63, 1989.

BARBOSA, M. H. P.; SILVEIRA, L. C. I.; MACÊDO, G. A. R.; PAES, J. M. V. Variedades melhoradas de cana-de-açúcar para Minas Gerais. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 28, n. 239, p. 20-24, 2007.

BATTA, S. K.; KAUR, S.; MANN, A. P. S. Sucrose accumulation and maturity behaviour in sugarcane is related to invertase activities under subtropical conditions. **International Sugar Journal**, Glamorgan, v.104, p.10-13, Jan/Feb 2002.

BENEDINI, M. S.; JÚNIOR, A. R. Respostas das variedades CTC a maturadores. **Revista Coplana**, 2009.

BENINCASA, M. M. P. **Análise de crescimento de plantas**: noções básicas. Jaboticabal: Funep, 1988. 42p.

CÂMARA, G.M.S.; OLIVEIRA, E.A. **Produção de cana-de-açúcar**, 1.ed. Piracicaba: Fealq, 242 p., 1993.

CAMARGO, P. N. **Fisiologia de La cana de azúcar**. México: Comisión Nacional de La IndustriaAzucareira; Instituto para El Mejoramiento de La Producción de Azúcar, 1976. 59 p.

CAPUTO, M.M.; BEAUCLAIR, E.G.F.; SILVA, M.A.; PIEDADE, S.M.S. Resposta de genótipos de cana-de-açúcar à aplicação de indutores de maturação. **Bragantia**, Campinas, v.67, n.1, p.15-23, 2008.

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

CASTRO, P.R.C.; APPEZZATO, B.; GONÇALVES, M.B. Ação de hidrazidamaleica e ethephon no crescimento da cana-de-açúcar. **Anais Esalq**, v.42, n.2, p.391-399, 1985.

CASTRO, P.R.C. Fisiologia da cana-de-açúcar. In: ENCONTRO DE CANA-DE-AÇÚCAR, 1992, São Paulo. **Anais...** São Paulo, 1992. p. 5-8.

CASTRO, P. R. C. Ação Comparada de maturadores em dois cultivares de cana-de-açúcar. **Álcool & Açúcar**, São Paulo, v.73 p.36-39. 1994.

CASTRO, P. R. C.; OLIVEIRA, D. A.; PANINI, E. L. Ação do sulfometuron methyl como maturador da cana-de-açúcar. In: CONGRESSO NACIONAL STAB, 6., 1996, Maceió. **Anais...** Maceió: STAB, 1996. 363-369.

CASTRO, P.R.C.; VIEIRA, E.L. **Aplicações de reguladores vegetais na agricultura tropical**. Guaíba: Agropecuária, 2001. 132p.

CASTRO, P.R.C.; SENA, J.O.A.; KLUGE, R.A. **Introdução a fisiologia do desenvolvimento vegetal**. Maringá: Universidade Estadual de Maringá, 2002. 255p.

CASTRO, P.R.C.; ZAMBON, S.; SANSÍDOLO, M.A.; BELTRAME, J.A.; NOGUEIRA, M.C.S. Ação comparada de Ethrel, Fuzilade e glifosato, em duas épocas de aplicação, na maturação e produtividade da cana-de-açúcar, variedade SP 70-1143. **Rev. de Agric. (Piracicaba)**, v.77, n.1, p.23-38, 2002a.

CÉSAR, M.A.A.; DELGADO, A.A.; CAMARGO, A.P. de; BISSOLIO, B.M.A.; SILVA, F.C. Capacidade de fosfatos naturais e artificiais em elevar o teor de fosforo no caldo de cana-de-açúcar (cana-planta), visando o processo industrial. **STAB: Açúcar, Álcool e Subprodutos**, v.6, p.32-38, 1987.

CESNIK, R., **Melhoramento da cana-de-açúcar**. Brasília: EMBRAPA: Informações Tecnológicas, 2004, 307p.

CHEN, C. H.; LEWIN, J. Silicon as a nutrient element for Equisetum arvense. **Canadian Journal of Botany**, Ottawa, v. 47, p. 125-131, 1969.

CHUN, Y.P. et al. Studies on the effects of growth regulators on the sprouting, growth and yield of ratoon cane. **Report of the Taiwan Sugar Research Institute (89):**13-24, 1980.

CLEMENTS, H.F. Effects of silicate on the growth and leaf freckle of sugarcane. **Proc. Int. Soc. Sugar Cane Tech.**, 12th Cong., p.225-226, 1965.

CLEMENTS, H. F. **Sugar cane crop logging and crop control: principles and practices.** Hawaii: The University Press of Hawaii, 1980.520p.

CLOWES, M.S.J and Inman-Bamber, N.G. Effects of moisture regime, amount of nitrogen applied and variety on the ripening response of sugarcane to glyphosate. **Proceedings South African Sugar Technologists' Association**, 54:127-133, 1980.

COOPERATIVA DE PRODUTORES DE CANA, AÇÚCAR E ÁLCOOL DO ESTADO DE SÃO PAULO LTDA. Sexta geração de variedades de cana-de-açúcar COOPERSUCAR. **Bol. Téc. COPERSUCAR** – Edição Especial. Piracicaba, SP. 1997.

COOPERSUCAR. **Fermentação.** São Paulo: Centro de Tecnologia COOPERSUCAR, 1987. 434p.

CORRÊA, P.M. **Dicionário de plantas úteis do Brasil.** Rio de Janeiro: Imprensa Nacional, 1926. V.1, Cap.13.

COSTA, C. Primeiras canas e primeiros açúcares no Brasil. *Brasil Açucareiro*, v.3, p.160–168, 1958.

CUNHA, C.A.H.; MACHADO, R.E.; COELHO, R.D. Irrigação da cana-de-açúcar: **Análise Econômica.** STAB, v.19, n° 4, 2001.

DATNOFF, L.E.; SYNDER, G.H.& KORNDORFER, G.H. **Silicon in Agriculture,** Amsterdam: Elsevier Science, v.8, p. 424, 2001.

DATNOFF, L. E.; Rodrigues, F.A.; Seebold, K.W. Silicon and Plant Nutrition. In: Datnoff L.E.; Elmer, W.H.; Huber, D.M. **Mineral nutrition and plant disease.** Saint Paul MN. APS Press. p. 233-246, 2007.

DEAN, J.P. Hormone increase sugarcane yield. *Agric. Res.*, 26(9):7, 1978.

DELGADO, A. A.; CÉSAR, M. A. A. **Elementos de tecnologia e engenharia do açúcar de cana**. Piracicaba: Zanini, 1977. v. 1, 6 p.

DEREN, C.W; GLAZ, B.; SNYDER, G. H. Leaf-tissue silicon content of sugarcane Genotypes grown on Everglades Histosols. *J. Plant Nutrition*. Monticello, N.Y. 16(11): 2273-2280, 1993.

DEREN, C.W.; DATNOFF, L.E.; SNYDER, G.H. & MARTIN, F.G. Silicon concentration, disease response, and yield components of rice genotypes grown on flooded organic histosols. *CropSci.*, 34:733-37, 1994.

DEUBER, R. Maturação da cana-de-açúcar na região Sudeste do Brasil. In: SEMINÁRIO DE TECNOLOGIA AGRONÔMICA, 4, Piracicaba, 1988. **Anais**. Piracicaba: Copersucar, 1988. p.33-40.

DIAS, F.L.F. **Relação entre a produtividade, clima, solos e variedades de cana-de-açúcar, na região Noroeste do Estado de São Paulo**. Piracicaba, 1997. 64p. Dissertação (mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.

DILLEWIJN, C. **Botany of sugar cane**. Walthen: Chronica Botanica, 1952. p.136-141. 359p.

DONALDSON, R.A. Sugarcane ripening in South African review of last decade. **Proc. Int. Soc. Sugar Cane Technol.**, v. 23, 1999.

DUSKY, J.A.; Kang, S.; Glaz, B.; Miller, J.D. Response of eight sugarcane varieties to glyphosine and glyphosate ripeners. **J. Plant Growth Reg.**, 4:225-235, 1986.

ELAWAD, S.H. & GREEN Jr., V.E. Silicon and the Rice plant environment: a review of recent research. **Revista IL RISO**, Milano, 28:235-253., 1979.

ELLIOTT, C.L.; SNYDER, G.H. Autoclave-induced digestion for the colorimetric determination of silicon in rice straw. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.39, p.1118-1119, 1991.

ESPTEIN, E. **The anomaly of silicon in plant biology**. Proceeding of the National Academic of Sciences of the United States of America. 91:11-17, 1994.

EPSTEIN, E **Silicion Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**. p. 641- 664, v. 50, 1999.

ESPIRONELO, A. Centenário do Instituto Agrônômico (IAC). **STAB: Açúcar, Álcool e subprodutos**, Piracicaba, 5(5/6): 21-28, 1987.

FARIA, R.G.d. **Influência do silicato de cálcio na tolerância do arroz de sequeiro ao déficit hídrico do solo**. Lavras 2000, 47p. Dissertação (Mestrado – Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Lavras.

FERNANDES, A.J. **Manual da cana-de-açúcar**. Piracicaba: Livroceres, 1984. p. 108-109.

FERNANDES, A. C.; BENDA, G. T. A. Distribution patterns of Brix and fibre in the primary stalk of sugar cane. **Sugar Cane**,v. 5, p. 8-13, 1985.

FERNANDES, A.C.; STUPIELLO, J.P.; UCHOA, P.E. de A. Utilização do Curavial para melhoria da qualidade da cana-de-açúcar. **STAB: Açúcar, Álcool e Subprodutos**, v.20, n.4, p.43-46, 2002.

FERNANDES, A.C. **Cálculos na agroindústria da cana-de-açúcar**. Piracicaba: STAB, 2003. 240p.

FERNANDES, A. C. **Cálculos na agroindústria da cana-de-açúcar**. Piracicaba: STAB, 2006. 193 p.

FNP CONSULTORIA. CANA-DE-AÇÚCAR. **AGRIANUAL 2013**: Anuário da agricultura brasileira. São Paulo, 2013.

FOLONI, L.L.; RODRIGUES, J.D.; ONO, E.O.; BALDEZ, L.C.G.; NELLI, E.J.; MORELLI, J. Avaliação da eficiência do maturador etil-trinexapac em cana-de-açúcar em aplicação aérea. In: **Anais do 6º Congresso Nacional da STAB**, Maceió, p.401-408, 1996.

FOLTRAN, R. A. **Influência da aplicação de maturadores químicos sobre os parâmetros tecnológicos e da produtividade da cana-de-açúcar**. 2009. 49 f. 48 Monografia (Trabalho de graduação em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2009.

FRANZÉ, R. V. **Qualidade tecnológica e teores de nutrientes da cana-de-açúcar sob efeito de maturadores**. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Produção Vegetal) Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”, Jaboticabal, SP, 2010.

GALDIANO, L.C. **Qualidade da cana-de-açúcar (*Saccharum*spp) submetida à aplicação de maturadores químicos**. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Produção Vegetal). Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”, Jaboticabal, SP, 2008.

GAYLER, K. R.; GLASZIOU, K. T. Physiological functions of acid and neutral invertases in growth and sugar storage in sugar cane. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v.27, p.25-31, 1972.

GHELLER, A.C.A.; NASCIMENTO, R. do. Resultados da aplicação de maturadores vegetais em cana-de-açúcar, variedades RB72454 e RB 835486 na região de Araras, SP. 4ª Jornada Científica e IX Congresso de Iniciação Científica da UFSCar. **Resumos...** Universidade federal de São Carlos, Araras, SP, 2001.

GOLINSKI, N. G.; **Indução da maturação de dois genótipos de cana-de-açúcar em função da interação entre doses de ethephon e pH da calda de aplicação.** 2009. 56 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo – Piracicaba, 2009.

GUIDI, R. H. **Comportamento das características tecnológicas e da fermentação etanólica do caldo de cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.), variedade SP70-1143 tratada com maturadores químicos.** 1996. 79 f. Monografia (Trabalho de graduação em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 1996.

GUIMARÃES, E.R.; MUTTON, M.A.; JUNIOR, J.M.P.; MUTTON, M.J.R. Sugarcane growth, sucrose accumulation and invertase activities under trinexapac-ethyl treatment. **Científica**, Jaboticabal, v.33, n.1, p.20-26, 2005.

HARTMANN, H.T.; KOFRANEK, A.M.; BUBATZKY, V.E. & FLOCKER, W.J. **Plant science: growth, development and utilization of cultivated plants.** 2. ed. New Jersey: Regents/Prentice Hall, 1988, 674p.

HUMBERT, R. P. **El cultivo de la cana-de-azucar.** 6. Ed. México: Continental, 1984. 719 p.

JAMES G.; MADI, I.; SRIJANTO, F.; SETIARSO, W. Chemical ripening in South Sumatra. **Int. Sugar Jnl.**, 2001, v.103, n.1233.

KIDDER, G. & GASHO, G.J. Silicate slag recommended for specified conditions in Florida sugarcane. **Agronomy Facts**, Florida Coop. Ext. Service, University of Florida, n.65, 1977.

KORNDÖRFER, G.H.; DATNOFF, L.E. Adubação com silício: Uma alternativa no controle de doenças da cana-de-açúcar e do arroz. **Informações Agronômicas**, Piracicaba, n.70, p. 1-5, 1995.

KORNDÖRFER, G. H.; COLOMBO, C.A.; RODRIGUES, L.L. Effect of thermophosphate as silicon source for sugarcane. Inter-American Sugar Cane Seminar. p. 9-11, 1998a.

KORNDÖRFER, G.H.; CORRÊA, G.F.; SNYDER, G.H.; DATNOFF, L.E. Silicon availability in soil cultivated with upland rice in Brazil. Abstract. **Annual Meeting Soil Science Society of America**, p.18-22, 1998b.

KORNDÖRFER, G.H.; GASCHO, G.J. Avaliação de fontes de silício para o arroz. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 1; REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 23. Pelotas, 1999. **Anais...**, Pelotas, EMBRAPA Clima Temperado, 1999. P.313-316.

KORNDÖRFER, G, H.; FARIA, R.J.; DATNOFF, L.F.; PEREIRA, L.E. Influencia do silicato de cálcio na tolerância do arroz de sequeiro ao déficit hídrico no solo. In: FERTBIO 2002a. Rio de Janeiro 2002a. **Anais...** Rio de Janeiro: CPGA-CS/UFRRJ, 2002a. 1 CD-ROOM.

KORNDÖRFER, G.H.; PEREIRA, H.S.; CAMARGO, M.S. Papel do silício na produção de cana-de-açúcar. **STAB:Açúcar, Álcool e Subprodutos**, v.21, n.2, p.34-37, 2002.

KORNDÖRFER, G.H.; PEREIRA, H.S.; CAMARGO, M.S.de. Silicatos de cálcio e magnésio na agricultura. **BOLETIM TÉCNICO N.01**. Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia, MG. 22p. 2003.

LAVANHOLI, M.G.D.P. et al. Aplicação de Ethepon e Imazapyr em cana-de-açúcar em diferentes épocas e sua influência no florescimento, acidez do caldo e teores de açúcares nos colmos – variedade SP70-1143. **STAB, Açúcar, Álcool e Subprodutos**, v.20, v.5, p.42-45, 2002.

LAVANHOLI, M. das G. D. P. Qualidade da cana-de-açúcar como matéria-prima para produção de açúcar e álcool. In: DINARDO-MIRANDA, L. L.; VASCONCELOS, A. C.

M.; LANDELL, M. G. (Org.). **Cana-de-açúcar**. Campinas: Instituto Agrônomo, 2008. p. 697-722.

LEITE, G.H.P. **Maturação induzida, alterações fisiológicas, produtividade e qualidade tecnológica da cana-de-açúcar (Saccharumofficinarum L.)**. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Agricultura). Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, SP, 2005. 141p.

LEITE, G.H.P.; CRUSCIOL, C.A.C.; SILVA, M.A.; VENTURINI FILHO, W.G. Qualidade tecnológica da cana-de-açúcar em função da aplicação de maturadores em meio de safra. **Bragantia**, Campinas, v.68, n.2, p.527-534, 2009.

LIMA FILHO, O. F.; LIMA, M. T. G.; TSAI, S. M. O silício na agricultura. **Informações Agrônômicas**, Piracicaba, n. 87, p. 1-7, 1999.

LIMA FILHO, O.F.; GROTHEGE-LIMA, M.T.; TSAI, S.M. Efeito do silício na absorção de nitrogênio, fósforo e potássio em duas variedades de soja. XXIX CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 2003. **Anais**. Ribeirão Preto-SP, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2003. CR-Rom.

LOPES, L.A. Vinte anos de Proálcool. Avaliações e perspectivas. **Economia & Empresas**, São Paulo, v.3, n.2, p. 56-57, 1996.

MACHADO, R.S. et al. Fotossíntese e conteúdo foliar de carboidratos em cana-de-açúcar. In: Simpósio Brasileiro Sobre Ecofisiologia, Maturação e Maturadores em cana-de-açúcar, 2008, Botucatu, SP. **Anais...** Botucatu, 2008. P.1-5.

MARTINS, M. B. G.; CASTRO, P. R. de C. Efeitos de giberelina e ethephon na anatomia de plantas de cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 34, n.10, p.1855-1863, 1999.

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.

MATSUOKA, S.; GARCIA, A. A. F.; ARIZONO, H. Melhoramentos da cana-de-açúcar. In: BORÉM, A. (Ed.). **Melhoramento de espécies cultivadas**. Viçosa: Editora UFV, 2005.p. 225-274.

McDonald, L.; Morgan, T.; Kingston, G. Chemical ripeners: An opportunity for the Australian sugar industry. **Proc. Aust. Soc. Sugar Cane Technol.**, 22: 290-95, 2000.

MELOTTO, E.; CASTRO, P.R.C.; GODOY, O.P.; CÂMARA, G.M.S.; STUPIELLO, J.P.; IEMMA, A.F. Desenvolvimento da cana-de-açúcar cultivar NA 56-79 proveniente da propagação de colmos tratados com Etefon. *Anais Esalq*, v.44, n.1, p.657-676, 1987.

MESCHEDE, D. K.; CARBONARI, C. A.; TRINDADE, M. L. B. (Org.). **Glyphosate**. Botucatu: FEPAF, 2009. p. 445-459.

MILLHOLLON, R.W &LEGENDRE, B.L. Growth and yield response of Louisiana sugarcane varieties to annual preharvest treatments with the ripener glyphosate. **Sugar CaneInternational**, February, 5-9, 2000.

MOORE, P.H. Use of gibberellic acid to increase sugarcane yield in Hawaii. In: CONGRESS OF THE INTERNATIONAL SOCIETY OF SUGAR CANE TECHNOLOGISTS, 17, Manila. Proceedings. P.556-70, 1980.

MORAES, M.A.F.D. de **A desregulamentação do setor sucroalcooleiro do Brasil**. Americana, Americana: Caminho Editorial, 2000. 238p.

MORGAN, T.; JACKSON, P.; McDONALD, L.; HOLDUM, J. Chemical ripeners increase early season sugar content in a range of sugarcane varieties. **Australian Journal of Agriculture Research**, Collingwood, v.58, n.3, p.233-241, 2007.

MUTTON, M.J.R. **Efeitos da queima, manejo e armazenamento sobre as características tecnológicas dos colmos de cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.).** 1984. 95 f. Dissertação (Mestrado). Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – UNESP, Jaboticabal.

MUTTON, M. J. R.; MUTTON, M. A. **Aguardente de cana: produção e qualidade.** FUNEP: Jaboticabal, 1992. 171 p.

MUTTON, M.A. Modo de ação do sal de isopropilamina de N-(fosfometil) glicina (glifosate) e efeito maturador na cana-de-açúcar. In: SEMINÁRIO ROUNDUP EFEITO MATURADOR, 1. 1993, Gurujá. **Anais...** p. 47-60.

MUTTON, M. J. R.; **Reflexos da qualidade da matéria-prima sobre a fermentação etanólica.** Workshop sobre produção de etanol: qualidade da matéria -prima. Lorena, 2008. Disponível em: < www.apta.sp.gov.br >. Acesso em: 25 mar. 2010.

NAGUMO, M. Elevação do teor de sacarose com uso de Roundup em solo de alta fertilidade, In: SEMINARIO ROUNDUP EFEITO MATURADOR, 1., 1993, GUARUJÁ. **ANAIS...** 1993, P. 47-60.

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.

NICKELL, L.G. **Chemical growth regulation in sugarcane.** Outlook onAgriculture, 9(2):57-61, 1976.

OLIVEIRA, D.A. **Relatório de pesquisa com Sulfometurom Methil em ensaios preliminares.** Campinas, 1992. 23 p.

OLIVEIRA, D.A.; CASTRO, P.R.C.; ANDRADE, T.L.C.; PONTIN, J.C.; PANINI, E.L.; DAMACENO, A.C.; SILVA, J.E.; MORAES JUNIOR, E.C.; VALERIO, W.G. Efeito do sulfometuron metil em cultura de cana-de-açúcar, cultivada em Podzólico vermelho-

amarelo, como maturador vegetal. **Anais** do 19º Congresso Brasileiro de Herbicidas e Plantas Daninhas, Londrina, 221-223, 1993.

ORLANDO FILHO, J. Calagem e adubação da cana de açúcar. In: CÂMARA, G.M.S.; OLIVEIRA, E.A.M. (Eds). **Produção de cana-de-açúcar**. Piracicaba: FEALQ/USP, 1993. p.133-146.

PAGE, D.L. Ethephon; a remarkably versatile growth regulator for sugarcane. **Sugar y azúcar**, 78 (7):12-4, 1983.

PEREIRA, H.S.; VITTI, G.C.; KORNDÖRFER, G.H. Comportamento de diferentes fontes de silício no solo e na cultura do tomateiro. **Rev. Bras. Ci. Solo**, v.27, p.101-108, 2003.

PEREIRA SC, RODRIGUES FA, CARRÉ-MISSIO V, OLIVEIRA MGA, ZAMBOLIM L. Aplicação foliar de silício na resistência da soja à ferrugem e na atividade de enzimas de defesa. **Tropical Plant Pathology** 34:164-170, 2009.

PONTIN, J.C. Avaliação de maturadores vegetais na cana-de-açúcar. **Álcool e Açúcar**, n.77, p.16-18, 1995.

PRADO, R.M. & FERNANDES, F.M. Resposta da cana-de-açúcar à aplicação da escoria de siderurgia como corretivo de acidez do solo. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, 25:199-207, 2001a.

PREEZ, P. The effect of silica on cane growth. **The South African Sugar Technologists Association Proc.** p. 183-188, Jun, 1970.

RAIJ, B. Van, CANTARELLA, H., QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo. 2 ed. Campinas: Instituto Agrônomo & Fundação IAC, 1996. 285p.

RAVANELI, G. C.; GUIMARÃES, E. R.; VINHAS, T; DURIGAN, A. M. P. R.; MUTTON, M. A.; MUTTON, M. J. R. Parâmetros tecnológicos da cana-de-açúcar

(*Saccharum* spp. L. var SP77-5181) tratada com sulfometuron metil. **Brasilian Journal of Plants Physiology**, Atibaia, v. 15, p. 347, 2003.

RAVANELI, G.C.; MADALENO, L.L.; PRESOTTI, L.E.; MUTTON, M.A.; MUTTON, M.J.R. Spittlebug infestation in sugarcane affects ethanolic fermentation. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 63, n. 6, p. 543-546, 2006.

RESENDE, P.A.P. et al. Moddus, a plant growth regulator and management tool for sugarcane production in Brazil. **Sugar Cane International**, Glamorgan, v. 103, p. 5-9, 2000.

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

ROBERTSON, M.J., MUCHOW, R.C. and WOOD, A.W. Developing guidelines for the length of drying off of irrigated sugarcane before harvest in the Burdekin. **Proc. Aust. Soc. Sugar Cane Technol.** 21:196-202, 1999.

RODRIGUES, J.D. **Fisiologia da cana-de-açúcar**. Botucatu: Instituto de Biociências – Universidade Estadual Paulista, 1995. 99p.

RODRIGUES, F.A.; CORRÊA, G. F.; & SANTOS, M. A. DOS. Fatores envolvidos na supressividade a *rhizoctoniasolani* em alguns solos tropicais brasileiros. **Revista Brasileira Ciência do Solo**. Campinas, 1997.

RODRIGUES FA, DUARTE HSS, DOMICIANO GP, SOUZA CA, KORNDÖRFER GH, ZAMBOLIM L. Foliar application of potassium silicate on the control of soybean rust. **Australasian Plant Pathology** 38:16-22, 2009.

ROMERO, E. et al. **Características y beneficios de lamaduración química de lacaña de azúcar de Tucumán**. Tucumán: EEAOC, 1997. (Avancea groindustrial, 68).

ROMERO,E.R.; SCANDALIARIS, J.; RUFINO, M.Respuesta de la caña de azúcar al madurativo glifosato. II. Otros efectos del madurador y recomendaciones de manejo. Av. Agroind.,v.19, n.75, p.4-8, 1998b.

ROSS, L.; NABABSING, P.; CHEONG, Y.W.Y. 1974. Residual effect calcium silicate applied to sugarcane soils. In: Intern. Cong. Soc. Sugar Cane Technolo. 15, Durban, 1974. Proc., v.2, p.539-542, 1974.

SALATA, J. C.; FERREIRA, L. J. Estudo da interferência do florescimento nas qualidades agroindustriais de algumas variedades de cana-de-açúcar. **Brasil Açucareiro**, Rio de Janeiro, v. 88, n. 6, p. 19-24, 1977.

SAMUELS, G.; ALEXANDER, G. Influence of variable manganese and silicon on the nutrition, sugar production, and enzyme activity of immature sugarcane. **J. Agr. Univ. P.R.**, v.53, n.1, p.14-27, 1969.

SAMUELS, G. Silicon and Sugar. **Sugar y Azucar**, v.65,p. 25-29, 1969.

SASA. **Chemical ripeners**. Annual Report 1980-81, p.25, 1980.

SAVANT, N.K.; KORNDÖRFER, G.H.; SNYDER, G.H.; DATNOFF, L.E. Silicon nutrition and sugarcane production: A review. **J. Plant Nutri.**, v.12, n.22, p.1853-1903, 1999.

SEGALLA, A.L. & ALVAREZ, R. Realizações do Instituto Agrônomo. Contribuição ao desenvolvimento da cultura da cana-de-açúcar em São Paulo. **O agrônomo**, Campinas, 20 (5 e 6): 1-35, 1968.

SILVA, J.A. Plant mineral nutrition. **Yearbook of science and technology**. McGraw-Hill Book Co., Inc. 1973.

SILVA, G. M. *et al.* The use of ethephon to manage sugarcane varieties in different locations of the central – southern region of Brazil. In: CONGRESS OF I.S.S.C.T., 20., 1989, São Paulo. **Proceedings...** p. 623-645.

SILVA, M.A. *et al.* Uso de reguladores de crescimento como potencializadores do perfilhamento e da produtividade em cana soca. **Bragantia**, Campinas, v.66, n.4, p.545-552, 2007.

SOUZA, Z. M.; PAIXÃO, A. C. S.; PRADO, R. M.; CESARIN, L. G.; SOUZA, S. R. Manejo de palha de cana colhida sem queima, produtividade do canavial e qualidade do caldo. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, n. 5, p. 1062-1068, 2005.

STEFANINI, M.B.; RODRIGUES, S.D.; MING, L.C. Ação de fitorreguladores no crescimento da erva-cidreira-brasileira. **Horticultura Brasileira**, v.20, n. 1, p.18-23, 2002.

STEHLE, H. The principal agronomic aspects of the flowering of sugar cane. Growth, methods of cultivation, maturity, deterioration after arrowing, upper point of cutting. In: **BRITISH WEST INDICES SUGAR TECHN**, Barbados, Proceeding p. 49-62, 1955.

STUPIELLO, J. P. Pureza da cana e seu impacto no processamento. **STAB: Açúcar, Álcool e Subprodutos**, Piracicaba, v. 18, n. 3, 12 p., 2000.

STUPIELLO, J. P. Nitrogênio qualidade da matéria prima e efeitos na fábrica. **STAB: Açúcar, Álcool e Subprodutos**, Piracicaba, v. 19, n. 4, p. 13, 2001.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Plant physiology**. 2. ed. Sunderland: Sinauer Associates, 1998. 792p.

TAIZ, L. & ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. trad. Eliane Romato Santarém. al.. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719 p.

TAKAHASHI, E. Uptake mode and physiological functions of silica. In: MATSUO, T.; KUMAZAWA, K.; ISHII, R.; et al. (ed.). Science of the rice plant: physiology. Tokyo: Food and Agriculture Policy Research Center, 1995. cap.5, p.420-433.

TAKAHASHI, E. Uptake mode and physiological functions os silica. In: SCIENCE OF THE RICE PLANT: Physiology. **Food and Agric. Policy Res. Center**, v.2, p.420-433, 1240p., 1996.

TAVARES, A. C. **Deterioração da cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*) queimada em pós-colheita, submetida à aplicação de maturadores químicos.** 1997. 63 f. Monografia (Trabalho de Graduação em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 1997.

TYMOWSKA-LALANE, Z.; KREIS, M. The plant invertases: physiology, biochemistry and molecular biology. **Advances in Botanical Research**, London, v. 28, p.71-117, 1988.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS. **Catálogo de variedades RB.** São Carlos: Departamento de Biotecnologia Vegetal, 1998. Não paginado (Apostila).

VAN DILLEWIJN, C. **Botany of Sugarcane.** The Chronica Botanica Co. Book Dept. Waltham, Mass., USA, (1952).

VIANA, R. da S.; MUTTON, M. A.; BARBOSA, V.; DURIGAN, A. M. P. R. Maturadores químicos associados à eliminação de soqueira em área de reforma do canavial. **STAB: Açúcar, Álcool e Subprodutos**, Piracicaba, v. 26, n. 5, p. 50-56, 2008.

VITTI, G.C.; MAZZA, J.A. Planejamento, estratégias de manejo e nutrição da cultura de cana-de-açúcar. **Informações Agronômicas**, n.97, p.1-16, 2002.

WANG, S.Y.; GALLETA, G.J. Foliar application of potasssium silicate induces metabolic changes in strawberry plants. **Journal of Plant Nutrition**, v.21, n.1, p.157-167, 1998.

WERNER, D.; ROTH, R. Silica metabolism. In: PIRSON, A. & ZIMMERMANN, M.H. (Ed.). In: Inorganic plant nutrition. Encyclopedia of Plant Physiology (15B) Springer-Verlag, 1983. 870p.

WIEDENFELD, B. Enhanced sugarcane establishment using plant growth regulators. **Journal American Society of Sugarcane Technologists**, Canal Point, v.23, p.48-61, 2003.

YOSHIDA, S.; NAVESER, S. A.; RAMIREZ, E. A. Effects of silica and nitrogen supply on some leaf characters of rice plant. **Plant Soil**, Amsterdam, v. 31, p. 48-56, 1969.

ZILLO, H. **Acompanhamento e comparação dos parâmetros tecnológicos com índices de maturação da cana-de-açúcar (var. SP80-1816) submetida à aplicação de maturadores químicos.** Monografia (Graduação em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2003.