

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

**INCIDÊNCIA DE *Diatraea saccharalis* Fabr., 1794 (Lepidoptera:  
Crambidae) e *Mahanarva fimbriolata* Stal, 1854 (Hemiptera: Cercopidae),  
PRODUTIVIDADE E QUALIDADE TECNOLÓGICA DA CANA-DE-  
AÇÚCAR EM FUNÇÃO DA IRRIGAÇÃO E DA FERTILIZAÇÃO  
NITROGENADA**

**LUIZ EDUARDO DA ROCHA PANNUTI**

Dissertação apresentada à Faculdade de  
Ciências Agronômicas da UNESP - Campus de  
Botucatu, para obtenção do título de Mestre em  
Agronomia (Proteção de Plantas).

BOTUCATU – SP  
Fevereiro - 2012

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

**INCIDÊNCIA DE *Diatraea saccharalis* Fabr., 1794 (Lepidoptera:  
Crambidae) e *Mahanarva fimbriolata* Stal, 1854 (Hemiptera: Cercopidae),  
PRODUTIVIDADE E QUALIDADE TECNOLÓGICA DA CANA-DE-  
AÇÚCAR EM FUNÇÃO DA IRRIGAÇÃO E DA FERTILIZAÇÃO  
NITROGENADA**

**LUIZ EDUARDO DA ROCHA PANNUTI**

Orientador: Prof. Dr. Edson Luiz Lopes Baldin  
Co-Orientador: Dr. Glauber José de Castro Gava

Dissertação apresentada à Faculdade de  
Ciências Agronômicas da UNESP - Campus de  
Botucatu, para obtenção do título de Mestre em  
Agronomia (Proteção de Plantas).

BOTUCATU – SP  
Fevereiro - 2012

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

P194i Pannuti, Luiz Eduardo da Rocha, 1985-  
Incidência de *Diatraea saccharalis* Fabr., 1794 (Lepidoptera: Crambidae) e *Mahanarva fimbriolata* Stal, 1854 (Hemiptera: Cercopidae, produtividade e qualidade tecnológica da cana-de-açúcar em função da irrigação e da fertilização nitrogenada / Luiz Eduardo da Rocha Pannuti.  
- Botucatu : [s.n.], 2012  
xi, 89 f. : fots. color., gráfs. (alguns color.), tabs.  
  
Dissertação (Mestrado)- Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agronômicas, Botucatu, 2012  
Orientador: Edson Luiz Lopes Baldin  
Co-orientador: Glauber José de Castro Gava  
Inclui bibliografia  
  
1. Cana-de-açúcar - Irrigação. 2. Cana-de-açúcar - Adubos e fertilizantes. 3. Broca-da-cana-de-açúcar. 4. Cigarrinha (Inseto) 5. Nitrogênio. I. Baldin, Edson Luiz Lopes. II. Gava, Glauber José de Castro. III. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Campus de Botucatu). Faculdade de Ciências Agronômicas. IV. Título.

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

TÍTULO: "INCIDÊNCIA DE Diatraea saccharalis Fabr., 1794 (Lepidoptera: Crambidae) e Mahanarva fimbriolata Stal, 1854 (Hemiptera Cercopidae) PRODUTIVIDADE E QUALIDADE TECNOLÓGICA DA CANA-DE-AÇÚCAR EM FUNÇÃO DA IRRIGAÇÃO E DA FERTILIZAÇÃO NITROGENADA"

ALUNO: LUIZ EDUARDO DA ROCHA PANNITI

ORIENTADOR: PROF. DR. EDSON LUIZ LOPES BALDIN

CO-ORIENTADOR: PROF. DR. GLAUBER JOSÉ DE CASTRO GAVA


Aprovado pela Comissão Examinadora



PROF. DR. GLAUBER JOSÉ DE CASTRO GAVA



PROFA. DRA. JULIANA CRISTINA SODÁRIO CRUZ



PROF. DR. ROGÉRIO PERES SORATTO

Data da Realização: 27 de fevereiro de 2012.

“Agradeço todas as dificuldades que enfrentei;  
não fosse por elas, eu não teria saído do lugar.

As facilidades nos impedem de caminhar.

Mesmo as críticas nos auxiliam muito.” (Chico Xavier)

### **Dedico**

Aos meus pais Mário Flávio Pannuti

e Regina Célia da Rocha Pannuti

Pelo exemplo de vida, amor incondicional,

apoio, incentivo e dedicação;

## AGRADECIMENTOS

A Deus, por me conceder saúde, família e a oportunidade de concluir mais esta etapa na minha vida.

À minha família, Mário, Regina, Márcia e Fernando, pelo incentivo, compreensão, amizade e ajuda nos momentos mais difíceis.

Ao professor Dr. Edson Luiz Lopes Baldin, pelos ensinamentos, confiança, amizade e companheirismo em todos esses anos.

Ao Dr. Glauber José de Castro Gava, pela dedicação, conhecimento transmitido, amizade e simplicidade.

Ao professor Dr. Carlos Gilberto Raetano, pela convivência, experiência e contribuição para esse trabalho.

À Dra. Juliana Cristina Sodário Cruz, pela oportunidade de desenvolvimento deste trabalho e importante contribuição nessa dissertação.

Ao professor Dr. Rogério Peres Soratto, pela ajuda e sugestões essenciais para conclusão do experimento.

Aos amigos, Alexandre, Carlos Renato, Emerson, Evandro, Fabrício, Felipe, Fernando e Rodolfo, pela convivência e amizade de todos os dias.

A todos meus amigos do Departamento, em especial Efrain, José Paulo, Thiago e Patrícia, pela ajuda e companheirismo.

Ao Curso de Pós-Graduação em Agronomia – Área de Proteção de Plantas.

Aos amigos e equipe do APTA-Jaú, Andressa, Marcel, Marcela, Oriel, Paula, Renata, Rodrigo, Wiliam, João, Valdir e Geraldo, pelo apoio e parceria.

Aos meus amigos de Piracicaba, principalmente a turma do Dom Bosco Assunção 2002, pela amizade sincera e verdadeira.

À República Artrópodos, minha família durante a graduação.

Aos professores e funcionários do Departamento de Produção Vegetal/Defesa Fitossanitária. Sinceros agradecimentos à Dinha e Sr. Domingos Paulossi.

Ao CNPQ, pela concessão da bolsa de estudos para o desenvolvimento dos trabalhos.

À empresa Dupont (Estação Experimental de Paulínia), pelo fornecimento de pupas de *D. saccharalis* para os experimentos de laboratório.

A empresa Netafim, pela montagem do sistema de irrigação e dos seus Engenheiros: Daniel Pedroso, Yoram Krontal e Eli Vered.

Ao Grupo Raízen, Unidade de Barra Bonita, pelo suporte logístico e dos seus Engenheiros: Sebastião dos Santos Ribeiro, Rodrigo Rodrigues Vinchi e Cassio Paggiaro.

## SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS .....	VII
LISTA DE FIGURAS .....	IX
RESUMO .....	1
ABSTRACT .....	3
1 INTRODUÇÃO.....	5
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	8
2.1 Adubação nitrogenada em cana-de-açúcar .....	8
2.2 Irrigação e fertilização nitrogenada na cultura da cana-de-açúcar.....	9
2.3 Relações entre adubação nitrogenada e incidência de pragas.....	10
2.4 Aspectos bioecológicos de <i>Diatraea saccharalis</i> .....	12
2.5 O complexo broca-podridões na qualidade e produtividade do canavial .....	14
2.6 Aspectos bioecológicos de <i>Mahanarva fimbriolata</i> .....	15
2.7 Manejo de broca e cigarrinha em cana-de-açúcar.....	17
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	19
3.1 Descrição do local.....	19
3.2 Descrição dos tratamentos e delineamento .....	19
3.2.1 Experimento 1 - Disponibilidade hídrica e de nitrogênio.....	19
3.2.2 Experimento 2 - Diferentes doses de N-fertilizante .....	20
3.2.3 Bioensaios de <i>D. saccharalis</i> .....	20
3.3 Manejo e condução dos experimentos 1 e 2 .....	20
3.3.1 Manejo da irrigação por gotejamento subsuperficial e caracterização climática da área experimental.....	22
3.3.2 Bioensaios de atratividade e preferência alimentar de <i>Diatraea saccharalis</i> .....	23



3.4 Avaliações .....	26
3.4.1 Experimento 1 – Disponibilidade hídrica e de nitrogênio .....	26
3.4.2 Experimento 2 – Diferentes doses de N-fertilizante.....	28
3.5 Análises estatísticas.....	30
3.5.1 Experimento 1 – Disponibilidade hídrica e de nitrogênio .....	30
3.5.2 Experimento 2 – Diferentes doses de N-fertilizante.....	31
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	31
4.1 Incidência de <i>D. saccharalis</i> e infestação do complexo broca-podridões .....	31
4.1.1 Experimento 1 – Disponibilidade hídrica e de nitrogênio .....	32
4.1.2 Experimento 2 – Diferentes doses de N-fertilizante.....	51
5 CONCLUSÕES .....	78
6 REFERÊNCIAS .....	79

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Número médio ( $\pm$ EP) de orifícios ocasionados por <i>D. saccharalis</i> em cana-de-açúcar sem aplicação e 150 kg ha <sup>-1</sup> de N-fertilizante, no manejo de irrigação e de sequeiro. ....	32
Tabela 2. Desdobramento da variável número médio ( $\pm$ EP) de orifícios ocasionados por <i>D. saccharalis</i> em cana-de-açúcar, safra de 2010. ....	33
Tabela 3. Número médio ( $\pm$ EP) de internódios com sintomas de podridão vermelha em cana-de-açúcar sem aplicação e 150 kg ha <sup>-1</sup> de N-fertilizante, no manejo de irrigação e sequeiro. ....	34
Tabela 4. Desdobramento da variável número médio ( $\pm$ EP) de internódios com sintomas de podridão vermelha em cana-de-açúcar, safra de 2010. ....	35
Tabela 5. Produtividade média ( $\pm$ EP) de colmos (Mg ha <sup>-1</sup> ) em cana-de-açúcar sem aplicação e 150 kg ha <sup>-1</sup> de N-fertilizante, no manejo de irrigação e sequeiro, safras de 2010 e 2011. ....	36
Tabela 6. Desdobramento da variável produtividade média ( $\pm$ EP) de colmos (Mg ha <sup>-1</sup> ) de cana-de-açúcar, safras de 2010 e 2011. ....	37
Tabela 7. Produtividade média ( $\pm$ EP) de açúcar (Mg ha <sup>-1</sup> ) em cana-de-açúcar sem aplicação e 150 kg ha <sup>-1</sup> de N-fertilizante, no manejo de irrigação e sequeiro, safras de 2010 e 2011. ....	39
Tabela 8. Desdobramento da variável produtividade média ( $\pm$ EP) de açúcar (Mg ha <sup>-1</sup> ) de cana-de-açúcar, safras de 2010 e 2011. ....	40
Tabela 9. Percentagem de açúcar (PCC) ( $\pm$ EP) em cana-de-açúcar sem aplicação e 150 kg ha <sup>-1</sup> de N-fertilizante, no manejo de irrigação e sequeiro, safras de 2010 e 2011. ...	41
Tabela 10. Açúcar total recuperável (kg t. <sup>-1</sup> ) ( $\pm$ EP) em cana-de-açúcar sem aplicação e 150 kg ha <sup>-1</sup> de N-fertilizante, no manejo de irrigação e sequeiro, safras de 2010 e 2011. ....	42
Tabela 11. Correlações entre número de internódios com sintomas de podridão vermelha (y) e orifícios em cana-de-açúcar, em quatro épocas de avaliação, safras de 2010 e 2011. ....	43

Tabela 12. Médias ( $\pm$ EP) de lagartas de <i>D. saccharalis</i> atraídas por fragmentos de colmos de cana-de-açúcar produzidos sem aplicação e 150 kg ha <sup>-1</sup> de N-fertilizante, no manejo de irrigação e de sequeiro, em seis observações durante teste com chance de escolha.....	49
Tabela 13. Médias ( $\pm$ EP) do peso seco total de fragmentos de colmos consumidos por <i>D. saccharalis</i> em cana-de-açúcar sem aplicação e 150 kg ha <sup>-1</sup> de N-fertilizante, no manejo de irrigação e de sequeiro, em teste com chance e sem chance de escolha.....	50
Tabela 14. Percentagem de açúcar (PCC) em razão de diferentes doses de N-fertilizante, em cana-de-açúcar irrigada por gotejamento, nos meses de abril, julho e outubro, safra de 2010; março e julho, safra de 2011. ....	58
Tabela 15. Açúcar total recuperável (ATR) em razão de diferentes doses de N-fertilizante, em cana-de-açúcar irrigada por gotejamento, nos meses de abril, julho e outubro, safra de 2010; março e julho, safra de 2011. ....	60
Tabela 16. Correlações entre número de internódios com sintomas de podridão vermelha e orifícios em cana-de-açúcar, no ensaio de diferentes doses de N-fertilizante, em cinco épocas de avaliação, safras de 2010 e 2011. ....	61
Tabela 17. Rendimento financeiro em função das doses de N-fertilizante aplicadas em cana-de-açúcar (4º corte) irrigada por gotejamento, colhida em outubro de 2010 (381 DAC). ....	68
Tabela 18. Rendimento financeiro em função das doses de N-fertilizante aplicadas em cana-de-açúcar (5º corte) irrigada por gotejamento, colhida em agosto de 2011 (315 DAC). ....	69
Tabela 19. Médias ( $\pm$ EP) de lagartas de <i>D. saccharalis</i> atraídas por fragmentos de colmos de cana-de-açúcar produzidos sob diferentes doses de N-fertilizante em seis observações durante teste com chance de escolha. ....	70

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Instalação dos tubos gotejadores.....	21
Figura 2. Balanço hídrico decendial nos manejos de sequeiro (A) e irrigado (B) por gotejamento no período de setembro de 2009 a outubro de 2010. P= precipitação, DEF= deficiência hídrica, ETC = evapotranspiração da cultura, P+I= precipitação + lâmina de água.....	22
Figura 3. Balanço hídrico decendial nos manejos de sequeiro (A) e irrigado (B) por gotejamento no período de 2010/2011. P= precipitação, DEF= deficiência hídrica, ETC = evapotranspiração da cultura, P+I= precipitação + lâmina de água. ....	23
Figura 4. Criação de <i>D. saccharalis</i> em dieta artificial.....	24
Figura 5. Arena para ensaio de atratividade e preferência alimentar com chance de escolha..	25
Figura 6. Teste de preferência alimentar sem chance de escolha.....	26
Figura 7. Danos característicos do complexo broca-podridões. Fonte: Cruz (2011). ....	27
Figura 8. Demarcação de um metro linear para amostragem de <i>M. fimbriolata</i> .....	30
Figura 9. Número de internódios com sintomas de podridão vermelha (y) em razão do número de orifícios em cana-de-açúcar (x), nas quatro avaliações, safras de 2010 e 2011.....	44
Figura 10. Percentagem de açúcar (PCC) em razão do número de internódios com sintomas de podridão vermelha em cana-de-açúcar, no mês de abril de 2010. ....	45
Figura 11. Percentagem de açúcar (PCC) em razão do número de internódios com sintomas de podridão vermelha em cana-de-açúcar, no mês de julho de 2010. ....	46
Figura 12. Percentagem de açúcar (PCC) em razão do número de internódios com sintomas de podridão vermelha em cana-de-açúcar, no mês de março de 2011.....	47
Figura 13. Percentagem de açúcar (PCC) em razão do número de internódios com sintomas de podridão vermelha em cana-de-açúcar, no mês de julho de 2011. ....	48
Figura 14. Percentagem de infestação de internódios com <i>D. saccharalis</i> e com sintomas de podridão vermelha em razão de diferentes doses de N-fertilizante, em cana-	

de-açúcar irrigada por gotejamento, nos meses de abril (208 DAC), julho (291 DAC) e outubro (381 DAC), safra de 2010. ....	52
Figura 15. Percentagem de infestação de internódios com sintomas de podridão vermelha em razão de diferentes doses de N-fertilizante, em cana-de-açúcar irrigada por gotejamento, nos meses de março (165 DAC) e julho (285 DAC), safra de 2011..	53
Figura 16. Toneladas de colmos por hectare (TCH) ( $\text{Mg ha}^{-1}$ ) em razão de diferentes doses de N-fertilizante, em cana-de-açúcar irrigada por gotejamento, nos meses de abril (208 DAC), julho (291 DAC) e outubro (381 DAC), safra de 2010. ....	54
Figura 17. Toneladas de colmos por hectare (TCH) ( $\text{Mg ha}^{-1}$ ) em razão de diferentes doses de N-fertilizante, em cana-de-açúcar irrigada por gotejamento, nos meses de março (165 DAC) e julho (285 DAC), safra de 2011. ....	55
Figura 18. Toneladas de açúcar por hectare (TPH) ( $\text{Mg ha}^{-1}$ ) em razão de diferentes doses de N-fertilizante, em cana-de-açúcar irrigada por gotejamento, nos meses de abril (208 DAC), julho (291 DAC) e outubro (381 DAC), safra de 2010. ....	56
Figura 19. Toneladas de açúcar por hectare (TPH) ( $\text{Mg ha}^{-1}$ ) em razão de diferentes doses de N-fertilizante, em cana-de-açúcar irrigada por gotejamento, nos meses de março (165 DAC) e julho (285 DAC), safra de 2011. ....	57
Figura 20. Número de internódios com sintomas de podridão vermelha em razão do número de orifícios em cana-de-açúcar, nas cinco avaliações, safra de 2010 e 2011. ....	62
Figura 21. Percentagem de açúcar (PCC) em razão do número de internódios com sintomas de podridão vermelha em cana-de-açúcar, no mês de abril (208 DAC), na safra de 2010. ....	63
Figura 22. Percentagem de açúcar (PCC) em razão do número de internódios com sintomas de podridão vermelha em cana-de-açúcar, no mês de julho (291 DAC), na safra de 2010. ....	64
Figura 23. Percentagem de açúcar (PCC) em razão do número de internódios com sintomas de podridão vermelha em cana-de-açúcar, no mês de outubro (381 DAC), na safra de 2010. ....	65

- Figura 24. Percentagem de açúcar (PCC) em razão do número de internódios com sintomas de podridão vermelha em cana-de-açúcar, no mês de março (135 DAC), na safra de 2011..... 66
- Figura 25. Percentagem de açúcar (PCC) em razão do número de internódios com sintomas de podridão vermelha em cana-de-açúcar, no mês de julho (285 DAC), na safra de 2011..... 67
- Figura 26. Médias ( $\pm$  EP) do peso seco total de fragmentos de colmos consumidos por *D. saccharalis* em cana-de-açúcar sob diferentes doses de N-fertilizante, em teste com chance de escolha..... 71
- Figura 27. Médias ( $\pm$  EP) do peso seco total consumido por *D. saccharalis* em cana-de-açúcar com diferentes doses de N-fertilizante, em teste sem chance de escolha..... 72
- Figura 28. Número médio de ninfas de *M. fimbriolata* em razão da aplicação de diferentes doses de N-fertilizante, entre os meses de setembro de 2010 e junho de 2011, safras 2010 e 2011, em cana-de-açúcar irrigada, Jaú, SP. .... 74
- Figura 29. Número médio de ninfas de *M. fimbriolata* em razão da aplicação de diferentes doses de N-fertilizante, entre os meses de setembro de 2010 e junho de 2011, safras 2010 e 2011, em cana-de-açúcar irrigada. .... 76

## RESUMO

O Brasil se destaca como o maior produtor mundial de cana-de-açúcar (*Saccharum* sp.). A produtividade desta cultura está intimamente relacionada à disponibilidade de água e nitrogênio durante seu desenvolvimento e também à incidência de insetos-praga. Dentre as espécies mais nocivas à cana-de-açúcar no Estado de São Paulo, destacam-se a broca da cana-de-açúcar, *Diatraea saccharalis* Fabr., 1794 (Lepidoptera: Crambidae) e as cigarrinhas do gênero *Mahanarva*, as quais têm comprometido seriamente as produtividades sob cultivo sem despalha a fogo (cana crua). Neste contexto, o presente trabalho teve como objetivos: avaliar o efeito da fertirrigação nitrogenada por meio de gotejamento subsuperficial, sobre a incidência e os danos ocasionados por *D. saccharalis* e *M. fimbriolata* em cana-de-açúcar (SP80-3280). Foram realizados dois experimentos simultâneos na Unidade de Pesquisa e Desenvolvimento da APTA de Jaú-SP. O primeiro foi composto por quatro tratamentos e quatro repetições em delineamento de blocos casualizados (DBC). Os tratamentos foram constituídos de duas doses de N-fertilizante e dois manejos de disponibilidade hídrica: (1) 0 de N-fertilizante com irrigação; (2) 150 kg ha<sup>-1</sup> de N-fertilizante com irrigação; (3) 0 de N-fertilizante no manejo de sequeiro e (4) 150 kg ha<sup>-1</sup> de N-fertilizante no manejo de sequeiro. No mesmo período, foi conduzido outro ensaio, também em delineamento de blocos casualizados (DBC), constituído por cinco doses de N-fertilizante, em sistema de irrigação por

gotejamento: (1) 0 de N-fertilizante (controle); (2) 50 kg ha<sup>-1</sup> de N-fertilizante; (3) 100 kg ha<sup>-1</sup> de N-fertilizante; (4) 150 kg ha<sup>-1</sup> de N-fertilizante e (5) 200 kg ha<sup>-1</sup> de N-fertilizante. Periodicamente, foram realizadas avaliações do nível de infestação da broca da cana-de-açúcar e da cigarrinha. Os parâmetros avaliados para broca da cana-de-açúcar foram: número de orifícios, número de internódios com podridão vermelha e a percentagem de incidência de podridão vermelha. Durante as avaliações, determinou-se a produtividade de colmos e o teor de açúcar dos tratamentos. Em laboratório, avaliou-se a atratividade e o consumo (com e sem chance de escolha) por lagartas sobre colmos nos diferentes tratamentos para os dois experimentos, seguindo um delineamento de blocos casualizados, com 5 repetições. Para o experimento 2, a incidência de *M. fimbriolata* foi avaliada através da contagem de ninfas nas raízes. Em campo, observou-se que a fertirrigação nitrogenada aumentou a incidência de *D. saccharalis* e podridão vermelha. O número de orifícios ocasionados pela lagarta correlacionou-se com a ocorrência de podridão vermelha. A percentagem de açúcar reduziu com o aumento do número de internódios com podridão vermelha. A produtividade de colmos e de açúcar aumentou com a adubação nitrogenada e a disponibilidade hídrica por meio da irrigação. O maior rendimento financeiro no manejo irrigado foi obtido com a dose de 150 kg ha<sup>-1</sup> de N-fertilizante. No ensaio de laboratório, os fragmentos de colmos de cana-de-açúcar produzidos com maiores doses de N-fertilizante e irrigação foram mais consumidos por lagartas de quarto ínstar de *D. saccharalis*. O uso de 200 kg ha<sup>-1</sup> de N-fertilizante, elevou a incidência de *M. fimbriolata* até os níveis de controle e dano econômico em cana-de-açúcar irrigada.

**Palavras-chave:** *Saccharum* sp., broca da cana-de-açúcar, cigarrinha-das-raízes, fertirrigação, nitrogênio.



INCIDENCE OF *Diatraea saccharalis* Fabr, 1794 (Lepidoptera: Crambidae) and *Mahanarva fimbriolata* Stal, 1854 (Hemiptera: Cercopidae), PRODUCTIVITY AND TECHNOLOGICAL QUALITY OF SUGAR CANE IN FUNCTION OF IRRIGATION AND NITROGEN FERTILIZATION

Botucatu, 2012. 89p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Proteção de Plantas) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista.

Author: LUIZ EDUARDO DA ROCHA PANNUTI

Adviser: EDSON LUIZ LOPES BALDIN

Co-adviser: GLAUBER JOSÉ DE CASTRO GAVA

## ABSTRACT

Brazil stands out as the world's largest producer of sugarcane (*Saccharum* sp.). The productivity of this culture is closely related to the availability of water and nitrogen during its development and also the incidence of pest insects. Among the species most harmful to the sugarcane in the São Paulo state, stand out the sugarcane borer, *Diatraea saccharalis* Fabr., 1794 (Lepidoptera: Crambidae) and the sharpshooter of the genus *Mahanarva*, which has seriously endangered the yields under cultivation without the use of fire (cane). In this context, the present study aimed to evaluate the effect of the fertirrigation fertilization by means of subsurface drip, on the incidence and the damage caused by *D. saccharalis* and *M. fimbriolata* in sugarcane (SP80-3280). Two experiments were carried out simultaneously in Research and Development Unit of APTA to Jau-SP. The first was composed of four treatments and four replications in a randomized design (RBD). The treatments were composed of two doses of N-fertilizer and two managements of availability of water: (1) 0 N fertilizer with irrigation; (2) 150 kg ha<sup>-1</sup> of N-fertilizer with irrigation; (3) 0 of N-fertilizer in the management of rainfed and (4) 150 kg ha<sup>-1</sup> of N-fertilizer in the

management of rainfed. In the same period, was conducted another test, also in a randomized complete block design (RBD), consisting of five doses of N-fertilizer, in irrigation system drip irrigation: (1) 0 N-fertilizer (control); (2) 50 kg ha<sup>-1</sup> of N-fertilizer; (3) 100 kg ha<sup>-1</sup> of N-fertilizer; (4) 150 kg ha<sup>-1</sup> of N-fertilizer and (5) 200 kg ha<sup>-1</sup> of N-fertilizer. Periodically, assessments were made in the level of infestation of the sugarcane borer and the sharpshooter. The parameters evaluated for sugarcane borer were: the number of holes, number of internodes with red rot and the percentage of incidence of red rot. During the evaluations, it was determined the stalk productivity and the sugar content of the treatments. In the laboratory, we evaluated the attractiveness and consumption (with and without choice) by caterpillars on culms in different treatments in both experiments, followed by a randomized complete blocks, with 5 repetitions. For experiment 2, the incidence of *M. fimbriolata* was assessed by counting of nymphs in the roots. In the field, it was observed that the fertirrigation fertilization increases the incidence of *D. saccharalis* and red rot. The number of holes caused by the larvae was correlated with the occurrence of red rot. The percentage of sugar reduced with increasing the number of internodes with red rot. The productivity of stalks and sugar increased with the nitrogen fertilization and the availability of water by irrigation. The biggest financial yield was obtained with the dose of 150 kg ha<sup>-1</sup> of N-fertilizer. In the test laboratory, the fragments of culms of sugarcane produced with higher doses of N-fertilizer and irrigated were more consumed by the caterpillars of fourth instar larvae of *D. saccharalis*. The use of 200 kg ha<sup>-1</sup> of N-fertilizer, increased the incidence of *M. fimbriolata* until the control levels and economic damage to sugarcane irrigated.

**Keywords:** *Saccharum* sp., sugarcane borer, spittlebug, fertigation, nitrogen.

## 1 INTRODUÇÃO

A cana-de-açúcar (*Saccharum* sp.) é cultivada no Brasil desde o século XVI e devido aos constantes avanços tecnológicos nessa área, nosso país tornou-se o maior produtor mundial desta cultura, ganhando grande destaque no cenário socioeconômico mundial (CRUSCIOL et al., 2008). Sua matéria-prima é base para as agroindústrias do açúcar, e álcool (etanol), oferecendo grande fonte de renda, além de empregos diretos e indiretos no Brasil (MARTINS & CASTRO, 1999).

Segundo o Agrianual (2011), a área cultivada de cana-de-açúcar foi de aproximadamente 8,84 milhões de ha, com cerca de 698 milhões de toneladas na safra de 2009/2010.

Por uma série de fatores como: o elevado custo da terra, solos com baixa fertilidade e elevada deficiência hídrica, baixa capacidade de retenção de água e elevada declividade nos terrenos, a expansão da cultura da cana-de-açúcar pode ser limitada (DALRI, 2006). Segundo Azevedo (2002), a disponibilidade de água é um dos fatores importantes para a produtividade das culturas, tornando-se necessário a utilização de irrigação, uma vez que as chuvas nem sempre atendem à real necessidade hídrica das plantas.

Entretanto, a produtividade da cana-de-açúcar irrigada dependem da relação entre a quantidade de água aplicada e a quantidade de adubo disponibilizado, além da variedade, idade do corte e tipo de solo e clima (SOARES & CARDOSO, 2007; GAVA et al., 2011).

O nitrogênio é um dos nutrientes mais absorvidos pela cana-de-açúcar, sendo considerado essencial para o desenvolvimento da cultura (MALAVOLTA et al., 1997; COLETI et al., 2006). Sua deficiência causa clorose das folhas mais velhas da cana-de-açúcar, menor perfilhamento e reduz a área foliar e a longevidade das folhas (MALAVOLTA et al., 1997; ORLANDO FILHO e RODELA, 1996), reduzindo sua produtividade (VITTI et al., 2008).

O N tem relação direta com a qualidade tecnológica dos colmos. Seu excesso causa acúmulo desse nutriente no colmo, decréscimo na qualidade do caldo e atraso na maturação. Já a falta de nitrogênio também causa diminuição da qualidade do caldo pelo decréscimo de teor de umidade da planta, aumento no teor de fibra, acúmulo de sacarose nas folhas e diminuição da concentração no colmo (SILVEIRA & CROCOMO, 1990; CARNAÚBA; 1990).

Segundo Dinardo-Miranda (2008), as técnicas adotadas na condução da lavoura, bem como a região de cultivo e o ano agrícola são fatores relevantes para o manejo de algumas pragas. De acordo com o autor, para um controle seguro e economicamente viável, torna-se necessário a implantação de um programa de manejo integrado de pragas (MIP).

Consideradas pragas-chave, a broca da cana-de-açúcar (*Diatraea saccharalis*) e a cigarrinha-das-raízes (*Mahanarva fimbriolata*) apresentam alta incidência na cultura da cana-de-açúcar, podendo causar prejuízos significativos (PINTO, 2008).

Com a perspectiva de eliminação da queima da cana-de-açúcar, a broca e principalmente a cigarrinha-das-raízes tendem a apresentar maior importância na cultura, tornando um dos principais desafios técnicos a ser equacionado em áreas de cana colhidas sem a despalha a fogo (cana crua) (MACEDO et al., 2002).

A broca da cana-de-açúcar encontra-se amplamente distribuída em todas as regiões canavieiras do país (MENDONÇA, 1996). Seus danos são conhecidos como “complexo broca-podridões”, ocorrendo de forma direta e indireta. Os danos diretos causam a morte da gema apical e são decorrentes da alimentação das lagartas na região do palmito (região apical da planta); além disso, também podem ocorrer a quebra da cana, o enraizamento aéreo, a germinação das gemas laterais, o encurtamento dos entrenós e a perda de peso (PINTO et al., 2006). Arrigoni (2002), relatou que a cada 1% de infestação de *D. saccharalis*,

os danos causados seriam de 1,50% da produtividade nos colmos e de 0,28% na produtividade de etanol.

Com a legislação ambiental limitando as áreas de queima de cana-de-açúcar, o aumento da infestação de cigarrinha-das-raízes nos canaviais de toda região sudeste do Brasil foi favorecido devido a elevação da umidade do solo, principalmente nas usinas que adotaram o corte mecanizado de cana (MENDONÇA et al., 1996). A cigarrinha-das-raízes é relatada como praga de grande importância econômica para a cana-de-açúcar nos Estados de Rio Grande do Norte, Sergipe, Bahia e Mato Grosso (MENDONÇA et al., 1996; GUAGLIUMI, 1972). As ninfas ocasionam “desordem fisiológica” devido às picadas que atingem os vasos lenhosos da raiz, dificultando ou impedindo o fluxo de água e nutrientes. Os adultos injetam toxinas durante o processo de alimentação, reduzindo o tamanho e o diâmetro dos entrenós, além de reduzir a capacidade fotossintética da planta. Os danos ocasionados por ninfas e adultos podem reduzir a produtividade em até 26% (PINTO et al., 2006).

No cultivo da cana-de-açúcar, normalmente são utilizados fertilizantes nitrogenados e, de uma forma geral, sabe-se que o aumento da disponibilidade hídrica durante o ciclo da cultura possibilita um aumento considerável da produtividade. Entretanto, faltam maiores informações quanto à relação entre estas práticas de manejo e os possíveis danos ocasionados por insetos-praga.

Assim, diante da necessidade de utilização de novas práticas de manejo que promovam a rápida elevação da produtividade, e que se adequem à colheita mecanizada da cana-de-açúcar sem despalha a fogo, o presente trabalho teve por objetivo avaliar o efeito da fertirrigação nitrogenada, via gotejamento subsuperficial, na incidência e os danos ocasionados por *D. saccharalis* e *M. fimbriolata* em cana-de-açúcar.

## **2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1 Adubação nitrogenada em cana-de-açúcar**

Segundo Malavolta et al. (1997), o N é um dos nutrientes mais absorvidos pelas plantas, perdendo geralmente para o potássio. No caso da cana-de-açúcar, trata-se também de um nutriente essencial (Coleti et al., 2006). O nitrogênio favorece o perfilhamento e provoca um aumento significativo na produção da cana; é indispensável para a formação de proteínas e processos enzimáticos e bioquímicos, exercendo papel fundamental no desenvolvimento da planta, além de compor a molécula de clorofila (CARNAÚBA, 1990).

As plantas com níveis ideais de nitrogênio possuem uma alta concentração de clorofila, apresentando uma coloração verde-escura. Sua deficiência reduz o crescimento da planta, podendo causar clorose das folhas, primeiramente nas mais velhas e posteriormente nas mais jovens, de acordo com o nível de deficiência. Problemas como um menor número de folhas, menor perfilhamento e maturidade precoce podem também ser atribuídos à deficiência deste nutriente (ROSSETTO et al., 2008).

Entretanto para cana-de-açúcar, os estudos sobre a adubação nitrogenada apresentam resultados muito variáveis, quanto ao efeito de doses, fontes e formas de aplicação do nitrogênio e principalmente na produtividade de colmos por área, apresentando respostas bem heterogêneas para cana planta e relativamente homogêneas para cana-soca (CARNAÚBA, 1990; FRANCO & TRIVELIN, 2010).

Estudos realizados em diversas regiões do país mostram que a adubação nitrogenada em cana-soca requer doses maiores e mais frequentes em relação à cana-planta (ALBUQUERQUE & MARINHO, 1983; ZAMBELLO & AZEREDO, 1983).

Para que haja um aproveitamento efetivo da adubação, deve-se ter conhecimento sobre a época de aplicação, o comportamento do solo, a idade do canavial e a distribuição hídrica durante o ano (RIPOLI & RIPOLI, 2007). Vitti et al. (2008) afirmam que o manejo inadequado da adubação nitrogenada pode prejudicar a longevidade do canavial, afetando sua produtividade e diminuindo o número de cortes entre as reformas. Segundo Costa e Brito (1994), o nitrogênio apresenta alta mobilidade no solo, em relação aos demais nutrientes como fósforo, potássio, cálcio e magnésio. Assim, as perdas por lixiviação tendem a ser maiores, tornando interessante o uso da fertirrigação a fim de parcelar sua aplicação de acordo com a necessidade das culturas. Coelho (1994) ainda ressalta que o nitrogênio é o fertilizante mais aplicado via água de irrigação.

## **2.2 Irrigação e fertilização nitrogenada na cultura da cana-de-açúcar**

Dentre os principais fatores que limitam a produtividade dos canaviais brasileiros destacam-se a disponibilidade hídrica e de nutrientes, principalmente o elemento nitrogênio para cultura (GAVA et al., 2010; OLIVEIRA, 2011).

Indícios de condições hídricas adequadas, aliada ao fornecimento correto do N podem favorecer o crescimento radicular, elevando a absorção de nutrientes pela cana-de-açúcar, resultando em aumento de produtividade (OTTO et al., 2009; ROBINSON et al., 2010).

Na literatura científica, vários trabalhos demonstraram que a produtividade da cana-de-açúcar correlacionou-se positivamente com a disponibilidade de água e de nitrogênio. (SINGH & MOHAN 1994; NG KEE KWONG & DEVILLE 1994; NG KEE KWONG et al., 1999; THORBURN et al., 2003; GAVA et al., 2010). Sing & Mohan (1994) estudaram a produtividade média de três cortes e reportaram significativa interação entre doses de nitrogênio e quantidade de água aplicada na cultura. Segundo Dalri (2006), o manejo da irrigação em cana-de-açúcar vem se consolidando como uma ferramenta importante para elevar a produtividade da cultura, uma vez que outras tecnologias como: adubação

recomendada pela análise de solo, controle de doenças e plantas daninhas, manejo da compactação do solo e uso de variedades, mantiveram a produtividade praticamente estagnada nos últimos anos (DALRI, 2006).

Villas Bôas et al. (2001) ressaltam que a prática de aplicação de fertilizantes via água de irrigação é economicamente viável em relação à adubação convencional, pois o preço de injetores de fertilizantes é relativamente inferior aos implementos agrícolas. Além disso, diminui mão-de-obra e perdas de fertilizantes, obtendo resultados contundentes quanto à produtividade e qualidade do produto agrícola.

A implantação de um sistema de irrigação em áreas de cultivo de cana-de-açúcar torna-se vantajosa sobretudo para usinas, traduzindo-se em benefícios diretos e indiretos. Dentre os benefícios diretos, destacam-se a abreviação do período de crescimento da cana-planta e o aumento da produção. Os indiretos envolvem custo de renovação de canaviais, logística, ganho industrial e eficiência operacional da indústria. Isso se deve ao fato da irrigação ampliar a longevidade do canavial, aumentar a produtividade e reduzir a ociosidade de máquinas e equipamentos (THORBURN et al., 2003). Porém, para que haja uma resposta positiva na produtividade da cana-de-açúcar irrigada, deve-se levar em conta a quantidade de água e fertilizantes aplicados (THORBURN et al., 2003).

Na busca por uma solução para enfrentar a crise econômica dos últimos anos, usinas da região Nordeste e de outras regiões com menor disponibilidade de recursos hídricos, já começaram a investir em práticas de irrigação e fertirrigação (AGRIANUAL, 2009). Conforme destacado por este anuário, usinas instaladas em estados como Goiás, Mato Grosso, Minas Gerais e Tocantins, estão investindo na instalação de sistemas de irrigação para suprir os períodos de estiagem, buscando diminuir oscilações de produtividade nas safras agrícolas.

### **2.3 Relações entre adubação nitrogenada e incidência de pragas**

De acordo com Matson (1980), o uso do nitrogênio na agricultura permite o aumento da atividade fotossintética da planta, além de estimular a divisão celular, caracterizando um aumento no teor de proteínas e na biomassa total. Em contrapartida, a adubação nitrogenada provoca alterações na quantidade e qualidade do nitrogênio presente na



planta. Este fato ocorre devido ao aumento dos níveis de N solúvel, principalmente como aminoácidos livres, tornando-se assimilável a diversas espécies de insetos.

A nutrição adequada confere à planta condições fisiológicas ótimas que podem aumentar sua capacidade de suporte ao ataque e danos causados por uma determinada praga. Tanto o excesso como a carência de nutrientes podem afetar o equilíbrio da planta e comprometer sua resistência natural (CHABOUSSOU, 1987).

A alta disponibilidade do nitrogênio e potássio no floema fornece uma maior quantidade nutricional para os insetos sugadores, visto que ocorre um aumento na concentração dos aminoácidos livres, proteínas e carboidratos solúveis (Buchanan et al., 2000). Em adição, a maior disponibilidade destes dois nutrientes pode retardar a maturação dos tecidos e diminuir sua lignificação (TAIZ & ZEIGER, 2004).

Trabalhos realizados, como Taneja & Dhindwal (1982) e Zing et al. (1982), com diferentes doses de N-fertilizante verificaram uma correlação positiva entre a quantidade de dose aplicada com o aumento na infestação das pragas, em diversas culturas. Sing & Singh (1977) observaram aumento na incidência de brocas em arroz, relacionando o fato às maiores doses de nitrogênio aplicadas no solo.

O mesmo comportamento foi constatado por Zaazou et al. (1970), que verificaram aumento da infestação da broca *Chilo zonellus* (Swinhoe, 1884) (Lepidoptera: Pyralidae), correlacionando-o ao incremento da dose de nitrogênio aplicado no solo, em milho. Outros trabalhos na mesma linha como os de Al-Zubaid & Capinera (1983), com *Spodoptera exigua* (Hübner, 1808) (Lep.: Noctuidae) em diversas culturas, também verificaram que o aumento nas doses de nitrogênio resultou em elevação da população da praga e suscetibilidade das plantas, podendo traduzir-se em prejuízos. Segundo Beringer & Troodenier (1978) o excesso de nitrogênio ocasiona um aumento na suscetibilidade das plantas ao ataque de pragas e doenças. Juntamente com o potássio, o nitrogênio está diretamente relacionado com os nutrientes envolvidos na sanidade das plantas cultivadas.

Por outro lado, alguns autores afirmam que as aplicações de fertilizantes desfavorecem algumas pragas, proporcionando um crescimento mais vigoroso da planta permitindo maior tolerância aos danos (ATKINS, 1978). Coutinho et al. (1981) observaram que as menores intensidades de infestação de *D. saccharalis* foram obtidas nas maiores doses de nitrogênio, em sorgo sacarino.

## 2.4 Aspectos bioecológicos de *Diatraea saccharalis*

A broca da cana-de-açúcar-de-açúcar, *D. saccharalis* (Lepidoptera: Crambidae), é a principal praga da cana-de-açúcar no Estado de São Paulo, ocorrendo em todo hemisfério oeste onde a cultura é cultivada. Esta espécie também ataca outras culturas de importância econômica como o milho, o sorgo e o arroz (PINTO et al., 2006).

São insetos que passam pelas fases de ovo, larva, pupa e adulto. O adulto é uma mariposa de coloração amarelo-palha, com manchas escuras nas asas anteriores e asas posteriores brancas. Os machos se diferenciam das fêmeas por serem de menor tamanho e apresentarem maior pigmentação nas asas, além de possuírem cerdas no último par de pernas. Os adultos possuem asas em forma de “Vs” invertidos quando fechadas e sua longevidade é de aproximadamente cinco dias. As fêmeas depositam cerca de 200 a 400 ovos, os quais possuem formato oval e achatado. Cada postura apresenta cerca de doze ovos. Para realizar a cópula, a fêmea libera um feromônio atrativo para o macho (TÉRAN et al., 1983; BOTELHO & MACEDO, 2002).

As posturas são depositadas na parte dorsal da folha e os ovos apresentam coloração amarelo-palha, quando mais novos, e marrom-escura quando mais velhos. Os ovos são muito sensíveis à umidade, podendo tornarem-se ressecados em umidades menores que 70% e duram entre quatro a doze dias até a eclosão, dependendo da temperatura (PINTO et al., 2006).

Após eclodirem, as lagartas permanecem na região do cartucho da planta por aproximadamente duas semanas, alimentando-se da casca do entrenó em formação, raspando as folhas e podendo sofrer até duas ecdises antes de perfurarem o colmo na região próxima da base do entrenó. Logo após a abertura da galeria, a lagarta permanece alimentando-se durante aproximadamente 70 dias, quando ocasiona os maiores prejuízos à cultura.

As lagartas sofrem seis ecdises e o período larval varia muito, principalmente em função da temperatura. As lagartas possuem três pares de pernas torácicas, quatro pares de falsas pernas abdominais e mais um par de falsas pernas anais. Apresentam coloração branco-leitosa, cápsula cefálica marrom-escura e linhas marrons dispostas ao longo do corpo. Atingem cerca de 25 mm, quando completamente desenvolvidas e logo após, se

preparam para entrar na fase de pupa, onde permanecem por 10 dias, até a emergência dos adultos, os quais têm uma longevidade média de sete dias (TÉLAN et al., 1983; BOTELHO & MACEDO, 2002).

Perto de se transformarem em pupas, as lagartas abrem orifícios para o exterior do colmo da cana, fechando-os posteriormente com fios de seda e serragem. As pupas permanecem neste local até a emergência dos adultos através dos orifícios. Embora este comportamento ocorra com maior frequência, pode-se encontrar crisálidas entre as bainhas das folhas e o colmo (GALLO et al., 2002). O ciclo biológico total dura de 40 a 55 dias (MENDONÇA et al., 1996).

Avaliando parâmetros biológicos de desenvolvimento de *D. saccharalis*, Melo e Parra (1988) observaram que podem ocorrer até cinco gerações anuais completas do inseto em canaviais de quatro diferentes localidades do Estado de São Paulo. Segundo Macedo & Macedo (2007), a incidência começa nos meses de outubro e novembro, onde é observada a primeira geração; a segunda entre dezembro e fevereiro; a terceira nos meses de fevereiro e março; a quarta em abril-maio; e a quinta eventualmente a partir de junho.

A temperatura é o fator climático chave, podendo interferir na flutuação populacional da praga, interferindo diretamente no número de gerações anuais e duração do ciclo (MELO & PARRA, 1988). Téran (1979) atribui as flutuações populacionais devido as modificações dos fatores climáticos, edáficos e biológicos. Dentre eles, a precipitação pluviométrica e a temperatura são os principais responsáveis.

O ataque de *D. saccharalis* à cana-de-açúcar ocorre durante todo seu desenvolvimento, sendo mais intenso quando os entrenós já estão plenamente desenvolvidos (MACEDO & BOTELHO, 1988). Os danos ocorrem na fase larval e, podem ser diretos e indiretos. Os danos diretos são ocasionados pela alimentação do inseto por meio de abertura de galerias no interior do colmo da planta, reduzindo o fluxo de seiva. Os sintomas observados são perdas de peso, falhas na germinação, morte da gema apical, tombamento dos colmos, encurtamento dos entrenós, enraizamento aéreo e germinação das gemas laterais. Já os danos indiretos estão relacionados à entrada de microrganismos oportunistas causadores da podridão vermelha, caracterizando o complexo broca-podridões (LONG & HENSLEY, 1972; MACEDO & BOTELHO, 1988; GALLO et al., 2002).

## 2.5 O complexo broca-podridões na qualidade e produtividade do canavial

O complexo broca-podridões é responsável por prejuízos consideráveis na agroindústria açucareira. Os danos nos colmos ocasionados por estes patógenos assumem particular importância, tanto para estimar a extensão dos danos quanto para constatar a necessidade de controle (SILVA & POMPEO, 1975).

A contaminação da cana-de-açúcar pela entrada de fungos, principalmente das espécies *Colletotrichum falcatum* e/ou *Fusarium moniliforme* é o principal fator de dano ocasionado pelo ataque de *D. saccharalis* no Brasil (GUAGLIUMI, 1972; BOTELHO, 1992; GALLO et al., 2002).

A entrada destes microrganismos oportunistas, devido às galerias abertas pelo ataque de *D. saccharalis* nos colmos de cana-de-açúcar, promovem a inversão da sacarose e a diminuição da pureza do caldo, reduzindo, conseqüentemente, o rendimento de açúcar e ocasionando contaminações na fermentação alcoólica, onde os microrganismos competem com as leveduras, resultando num menor rendimento do álcool (LONG & HENSLEY, 1972; MACEDO & BOTELHO, 1988; GALLO et al., 2002).

Estes prejuízos resultam na redução da concentração de sacarose expressa pela diminuição do percentual de açúcar recuperado. Estes valores podem ser determinados pela intensidade de infestação (GOMEZ & LASTRA-BORJA, 1995). Segundo Silva & Pompeo (1975), o ataque da broca não causa grande prejuízo, senão quando acompanhado do ataque dos fungos que penetram através do orifício, causando a podridão. A intensidade de infestação pode ser medida tanto externamente, através da contagem do número de internódios perfurados pela cana em relação ao número total de internódios, quanto internamente, onde cada colmo é aberto longitudinalmente ao meio, relacionando-se o número de internódios atacados pelo complexo broca-podridões e o número total de internódios. Para Macedo & Lavorenti (2004), este índice permite avaliar a situação de ataque da broca no canavial, facilitando ao produtor desenvolver programas de controle.

Diversas metodologias foram testadas a fim de determinar as perdas provocadas pelas brocas. Assim, a determinação do percentual de perdas para cada 1% de intensidade de infestação é a mais comumente utilizada. É de conhecimento que para cada 1% de intensidade de infestação da praga, serão constatados prejuízos de 0,25% de açúcar, 0,20%

de álcool e 0,77% de peso (GALLO et al., 2002). Lopes et al. (1983) estimaram que para uma infestação de 1% de internódios brocados em um hectare, ocorre uma perda de aproximadamente 62 litros de álcool. Segundo Gitahy et al. (2006), os prejuízos com a podridão vermelha por ano giram em torno de US\$ 100 milhões, no Estado de São Paulo, considerando uma infestação média de 10% dos colmos.

## 2.6 Aspectos bioecológicos de *Mahanarva fimbriolata*

Com ocorrência relatada desde os EUA até o sudeste do Brasil (PECK et al., 2004), as cigarrinhas-das-raízes abrangem cerca de onze gêneros de insetos que atacam gramíneas (CASTRO et al., 2005). A cigarrinha-da-raíz *M. fimbriolata* (Hemiptera: Cercopidae) se constitui, historicamente, como uma praga de grande interesse econômico para o Brasil (GUAGLIUMI, 1972). Até a década de 90, este inseto possuía grande importância econômica em alguns estados do Nordeste, porém era considerada praga secundária no Centro Sul do Brasil (MENDONÇA et al, 1996).

Com a recente redução na prática da queimada do canavial, o acúmulo de cobertura vegetal vem proporcionando condições favoráveis ao desenvolvimento dessa cigarrinha (MENDONÇA et al, 1996; DINARDO-MIRANDA et al., 2001). O acúmulo de palha criou um habitat ideal para o inseto, cujas populações aumentaram significativamente, com registros de ataque até mesmo em cana queimada e cana-planta (DINARDO-MIRANDA, 2003).

Em geral, os adultos dessa cigarrinha medem cerca de 10 a 13 mm de comprimento, 5 a 6,5 mm de largura, sendo as fêmeas maiores e mais escuras do que os machos. As fêmeas vivem em média 15 a 20 dias, enquanto que os machos vivem cerca de 12 a 15 dias. Apresentam aparelho bucal picador-sugador, sugando preferencialmente a seiva das raízes e com menor frequência as folhas, os tecidos de bainhas e de colmos. Os adultos podem ser encontrados junto às ninfas, por baixo da palha na base das touceiras, nos cartuchos de canas mais jovens ou sugando as folhas (GUAGLIUMI, 1972; MENDONÇA et al., 1996).

As fêmeas de *M. fimbriolata* apresentam coloração marrom-avermelhada, com faixas das asas quase pretas. Podem também apresentar cor castanho-

escura, quase negra, além de vermelha-clara e rosa, com faixas ligeiramente mais escuras nas asas.

As fêmeas ovipositam em média 60 ovos, em bainhas secas na região do colo da planta, próximo ao solo, ou sobre o solo nas proximidades do perfilho da cana. Os ovos são fusiformes, de coloração amarela e dimensões de 1,36 mm de comprimento e 0,37 mm de largura. Durante o período seco, os ovos ficam em diapausa, emergindo cerca de 20 dias após a postura, na época das chuvas. Apresentam um ciclo evolutivo de aproximadamente 60 dias, passando por cinco ecdises, num período de 30 a 40 dias.

As ninfas secretam uma espuma branca de alta densidade e geralmente permanecem sob a mesma durante seu desenvolvimento (GUAGLIUMI, 1972; GARCIA, 2002; MACEDO, 2005; STINGEL, 2005). Esta “espuma” tem por finalidade proteger as ninfas contra a dessecação (GARCIA, 2002; GARCIA et al., 2006a) e o ataque de inimigos naturais (MACEDO et al., 1997). Sua formação ocorre através de líquidos eliminados pelo ânus, devido ao grande volume de seiva sugado e de uma substância mucilaginosa secretada e excretada pelas glândulas epidérmicas do sétimo e oitavo segmentos abdominais, também denominadas de glândulas de Batelli (GARCIA, 2002).

Segundo Mendes (1978), eventos climáticos e temperatura do solo interferem diretamente na biologia do inseto, tendo influência na sua dinâmica populacional. Dinardo-Miranda et al. (2001a) afirmam que a época de colheita também influencia nas populações de cigarrinha, a qual apresenta um número maior de indivíduos na colheita realizada no início da safra.

Os danos causados pelas ninfas são mais intensos que dos adultos e podem ocasionar desordem fisiológica nas plantas (GARCIA et al. 2004). Segundo Gallo et al. (2002) seu ataque ocasiona a desidratação das plantas, secamento dos colmos, além de encurtamento e estreitamento dos entrenós. Em estádios fenológicos iniciais dos perfilhos pode ocasionar o sintoma de “coração-morto”. Em adição, os adultos possuem hábito de sugar as folhas na parte aérea das plantas, causando aparecimento de estrias cloróticas longitudinais no limbo foliar, afetando diretamente o processo fotossintético (MENDONÇA et al, 1996; GALLO et al., 2002; STINGEL, 2005).

## 2.7 Manejo de broca e cigarrinha em cana-de-açúcar

Para a adoção de um manejo de pragas adequado, os levantamentos populacionais e os conhecimentos sobre os níveis de dano econômico são imprescindíveis (DINARDO-MIRANDA, 2008). Gallo et al. (2002) afirmam que o nível de dano econômico é atingido quando o controle da praga torna-se economicamente viável, causando o mínimo de perda possível. Além disso, o conhecimento dos hábitos e da biologia dos insetos permitem um melhor manejo e controle de suas populações.

Segundo Dinardo-Miranda (2008), o conhecimento da infestação da broca da cana-de-açúcar através, de levantamentos populacionais e a determinação do nível de dano econômico são essenciais para o manejo da praga. Outras medidas podem ser adotadas, desde que sejam integradas à liberação de parasitóides para o controle biológico. Táticas como o plantio da cana-de-açúcar em épocas desfavoráveis ao desenvolvimento da praga, variedades resistentes, limpeza de restos culturais e o controle químico podem auxiliar na diminuição da população, porém o controle biológico com a vespinha *Cotesia flavipes* é o método mais utilizado no Brasil, em função da elevada eficiência, disponibilidade dos organismos nas indústrias e ofertas no mercado (PINTO et. al., 2006).

O controle químico da broca da cana-de-açúcar geralmente é feito pela pulverização dos inseticidas triflumuron, lufenuron ou fipronil (GALLO et al., 2002).

Em infestações de *M. fimbriolata*, estudos mostram que tanto no Nordeste quanto no Sudeste brasileiro, canas com infestação de quatro a seis ninfas por metro causam sérios danos à cultura (MENDONÇA & MENDONÇA, 2005). Garcia et al. (2006b) ressaltam a importância de decidir a estratégia de controle, citando um nível de controle de duas a três ninfas por metro linear. Os mesmos autores afirmam que de cinco a oito ninfas por metro linear é atingido o nível de dano econômico e sugerem uma detecção na primeira geração de inseto para um controle mais eficiente.

A estratégia para o controle de *M. fimbriolata* deve envolver, sempre que possível, um manejo integrado de pragas (MENDONÇA & MENDONÇA, 2005). O manejo bem sucedido de áreas infestadas com cigarrinha deve englobar todas as ferramentas disponíveis, visto que cada tipo de cultivo apresenta suas particularidades (DINARDO-

MIRANDA, 2003). Táticas como quantificações de ovos em diapausa, enleiramento e recolhimento da palha da linha de cana, queima da palha anterior ou posterior à colheita, monitoramento da praga e de seus inimigos naturais, controle biológico, controle químico, além da atualização dos conhecimentos técnicos sobre a praga destacam-se dentre as principais ferramentas do manejo integrado de pragas (MENDONÇA & MENDONÇA, 2005).



### **3 MATERIAL E MÉTODOS**

#### **3.1 Descrição do local**

O trabalho foi realizado na Unidade de Pesquisa e Desenvolvimento da APTA de Jaú, SP, cujas coordenadas geográficas são: latitude 22°17' S, longitude 48°34' W e altitude média de 580 m.

O solo da área foi classificado como Latossolo Vermelho (Embrapa, 1999) de textura argilosa.

A variedade utilizada foi SP80-3280 (4° e 5° corte), considerada suscetível ao ataque da broca da cana-de-açúcar e da cigarrinha-das-raízes (DINARDO-MIRANDA, 2003). Além da alta suscetibilidade, esta variedade é amplamente distribuída e ocupa área considerável dentre as variedades cultivadas atualmente.

#### **3.2 Descrição dos tratamentos e delineamento**

##### **3.2.1 Experimento 1 - Disponibilidade hídrica e de nitrogênio**

Para o estudo do efeito da disponibilidade hídrica e de nitrogênio foi utilizado um delineamento de blocos casualizados, com quatro repetições e quatro tratamentos, em arranjo fatorial 2 x 2. Os tratamentos foram constituídos de: (1) sem aplicação de N-fertilizante com irrigação; (2) 150 kg ha<sup>-1</sup> de N-fertilizante com irrigação, (3) sem aplicação de N-fertilizante sem irrigação e (4) 150 kg ha<sup>-1</sup> de N-fertilizante sem irrigação.

### **3.2.2 Experimento 2 - Diferentes doses de N-fertilizante**

O segundo experimento, conduzido todo com irrigação, formado por blocos casualizados, constituiu-se de cinco doses de N-fertilizante (0, 50, 100, 150 e 200 kg ha<sup>-1</sup>) e quatro repetições.

### **3.2.3 Bioensaios de *D. saccharalis***

Uma vez que constatou-se uma tendência de maior ocorrência da broca da cana-de-açúcar nas parcelas fertirrigadas com N, foram efetuados alguns ensaios de laboratório com lagartas, tendo como objetivo confirmar este comportamento em condições controladas.

Durante os experimentos 1 e 2 de campo descritos anteriormente, foram realizados testes de atratividade e preferência alimentar de *D. saccharalis* com chance e sem chance de escolha.

#### **3.2.3.1 Experimento 1 - Laboratório**

Para o teste com chance de escolha, foram formadas arenas seguindo um delineamento de blocos casualizados, já para o ensaio sem chance de escolha, foi utilizado um delineamento inteiramente casualizado (DIC). Os tratamentos utilizados foram descritos no ítem 3.2.1.

#### **3.2.3.1 Experimento 2 - Laboratório**

No bioensaio com chance de escolha foi utilizado um delineamento de blocos casualizados e para o teste sem chance de escolha foi formado por blocos inteiramente casualizados. Os tratamentos foram os mesmos descritos no ítem 3.2.2.

### **3.3 Manejo e condução dos experimentos 1 e 2**

As parcelas de ambos os experimentos (experimento 1 e 2) foram constituídos de cinco fileiras de 40 m de comprimento, e subdivididos em três subparcelas de

10 metros de comprimento. Duas subparcelas foram utilizadas para as avaliações sequenciais de *D. saccharalis* e *M. fimbriolata*, e a terceira para a determinação da produtividade.

Cada subparcela possuía uma área útil de três linhas centrais de oito metros.

Foi adotado o plantio em linha dupla (plantio “em W” ou plantio em “abacaxi”), com espaçamento de 1,80 m entre as linhas duplas e sistema de irrigação por gotejamento subterrâneo. O tubo gotejador foi enterrado a 20 cm de profundidade da superfície do solo, no meio da linha dupla conforme ilustra a figura 1. O tubo gotejador utilizado foi o DRIPNET PC 22135 FL, com vazão de  $1,0 \text{ L h}^{-1}$ , possuindo gotejadores a cada 0,5 m.

A adubação potássica foi igual para todos os tratamentos ( $150 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$ ), na forma de cloreto de potássio, distribuída ao longo do desenvolvimento da cultura por meio de fertirrigação. As diferentes doses de N fertilizante na forma de uréia, também foram distribuídas por meio de fertirrigação, ao longo do ciclo da cultura. Para os tratamentos de sequeiro (não irrigados), os fertilizantes foram aplicados em dose única, 60 dias após o corte das soqueiras.

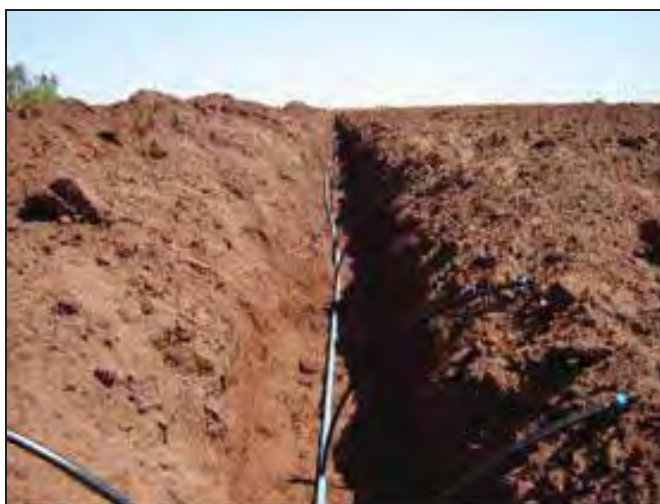


Figura 1. Instalação dos tubos gotejadores.

### 3.3.1 Manejo da irrigação por gotejamento subsuperficial e caracterização climática da área experimental

O controle da lamina de água aplicada pelo sistema de irrigação foi realizado por meio de tensiometria e de cálculos da evapotranspiração da cultura diários, segundo Penman-Monteith (FAO), objetivando repor 100 % da lâmina evapotranspirada.

Por meio da contabilização do suprimento de água ao solo, pela chuva (P), e irrigação (I); e da demanda atmosférica, pela evapotranspiração da cana-de-açúcar (ETC), com um nível máximo de armazenamento ou capacidade de água disponível (CAD) de 70 mm, foram elaborados estimativas de balanço hídrico decendiais e calculadas as deficiências hídricas (DEF), nos anos agrícolas de 2009-2010 e de 2010-2011, nas condições de: sequeiro e do manejo irrigado (Figuras 2 e 3).

Na safra de 2009-2010, a precipitação ocorrida foi de 1.435 mm (figura 2 A) e a lamina de água aplicada pela irrigação foi de 390 mm (figura 2 B), nos tratamentos irrigados, distribuída ao longo do ciclo de crescimento da cultura (sequeiro 1.435 mm e manejo irrigado 1.825 mm). As temperaturas máximas e mínimas médias observadas durante o período experimental foram de 29,1 e 16,4 °C, respectivamente.

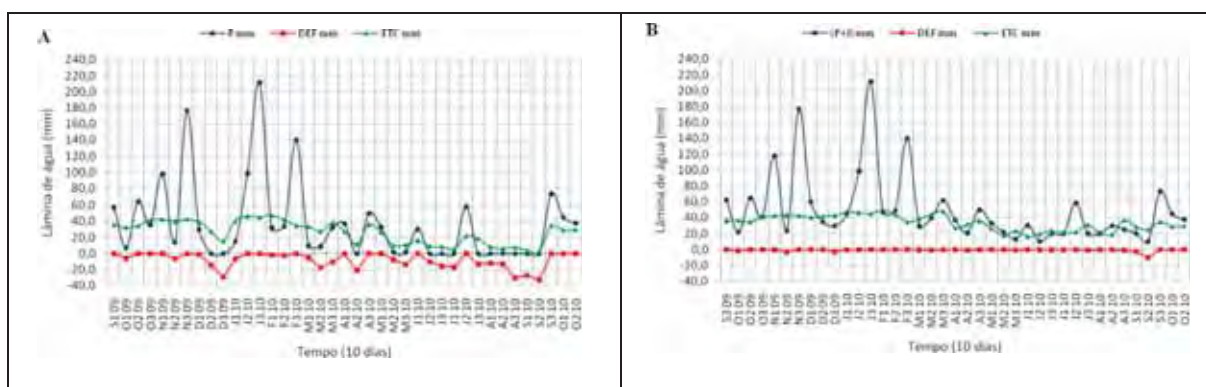


Figura 2. Balanço hídrico decendial nos manejos de sequeiro (A) e irrigado (B) por gotejamento no período de setembro de 2009 a outubro de 2010. P= precipitação, DEF= deficiência hídrica, ETC = evapotranspiração da cultura, P+I= precipitação + lâmina de água.

Na safra de 2010-2011, a precipitação ocorrida foi de 1.462 mm (figura 3 A) e a lamina de água aplicada pela irrigação foi de 265 mm (figura 3 B), nos tratamentos irrigados, distribuída ao longo do ciclo de crescimento da cultura (sequeiro 1.462

mm e manejo irrigado 1.727 mm). As temperaturas máximas e mínimas médias observadas durante o período experimental foram de 32,2 e 13,1 °C, respectivamente.

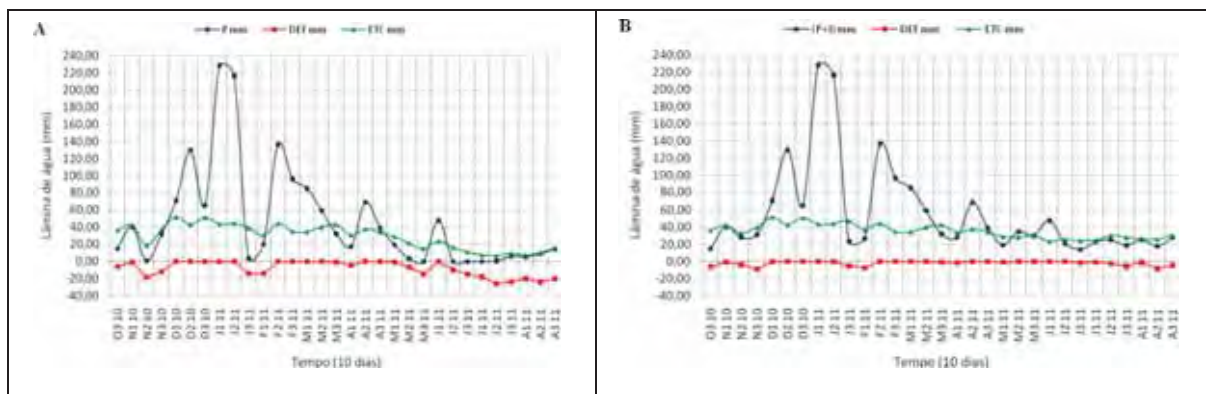


Figura 3. Balanço hídrico decenal nos manejos de sequeiro (A) e irrigado (B) por gotejamento no período de 2010/2011. P= precipitação, DEF= deficiência hídrica, ETC = evapotranspiração da cultura, P+I= precipitação + lâmina de água.

### 3.3.2 Bioensaios de atratividade e preferência alimentar de *Diatraea saccharalis*

#### 3.3.2.1 Criação de *D. saccharalis*

Durante os experimentos 1 e 2 descritos anteriormente, foi mantida uma criação de *D. saccharalis* em laboratório ( $T = 25 \pm 2$  °C; U.R. =  $70 \pm 10$  %; fotofase igual a 12 h), iniciada com pupas provenientes da criação massal da empresa DuPont (Estação Experimental de Paulínia-SP). As pupas foram acondicionadas em gaiolas de PVC, com 10 cm de diâmetro e 20 cm de altura, revestidas internamente com “papel sulfite” para oviposição, tampadas na parte superior com tecido tipo “voil” e sua parte inferior foi apoiada em placa de Petri revestidas com papel filtro. Após a emergência dos adultos, colocou-se uma porção de algodão umedecido em solução de mel a 10% em cada gaiola, trocando-se a cada dois dias (Goussain, 2001).

As posturas foram coletadas diariamente, recortando-se o papel sulfite contendo a massa de ovos. Os ovos foram esterilizados segundo (PARRA, 2001), e colados na parte superior do recipiente com dieta artificial, conforme a recomendação de Mihsfeldt &

Parra (1986). As lagartas eclodidas permaneceram na dieta até a montagem dos bioensaios (Figura 4).



Figura 4. Criação de *D. saccharalis* em dieta artificial.

### 3.3.2.2 Teste com chance de escolha

Seções do colmo de cana-de-açúcar sem a casca foram dispostas em círculo, de forma equidistante, em bandejas de alumínio (50 cm de diâmetro x 5 cm de altura), tipo arenas, forradas ao fundo com papel filtro umedecido (Figura 5). Cada arena foi composta pelos tratamentos propostos nos experimentos e descritos no item 3.3.2. As seções foram retiradas do sexto entrenó (contado a partir do solo) dos colmos de cada tratamento, pesando 10 g por parcela. Foi aberta uma pequena galeria na parte inferior de cada seção, visando facilitar o consumo da lagarta (Boiça Jr., informação pessoal).

Foram liberadas lagartas de 4º ínstar na região central das arenas, numa proporção de duas lagartas por tratamento. As bandejas foram vedadas com filme plástico transparente, com pequenos furos para entrada de ar. Foram realizadas cinco repetições (cinco arenas), onde cada repetição constituiu-se da média de duas repetições (duas arenas).

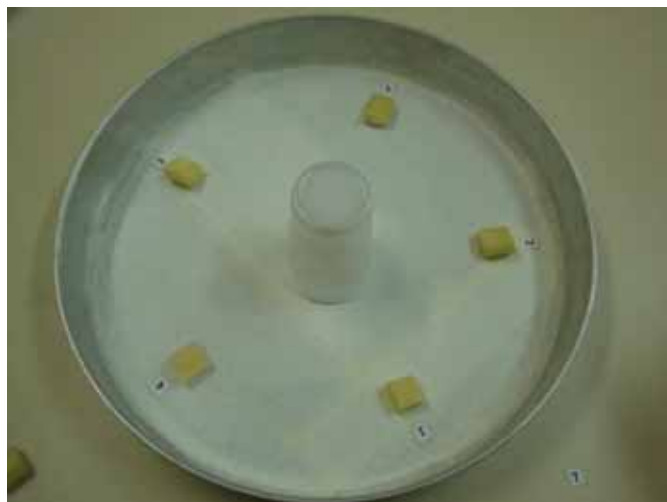


Figura 5. Arena para ensaio de atratividade e preferência alimentar com chance de escolha.

### 3.3.2.3 Teste sem chance de escolha

Para este ensaio, 10 g de colmos de cada tratamento (3.3.2) foram acondicionados isoladamente no interior de recipientes plásticos (50 ml), revestidos com papel filtro umedecido na base, e infestados com duas lagartas de 4º ínstar de *D. saccharalis*. A média de dois recipientes representaram uma repetição (Figura 6), efetuando-se 5 por tratamento.

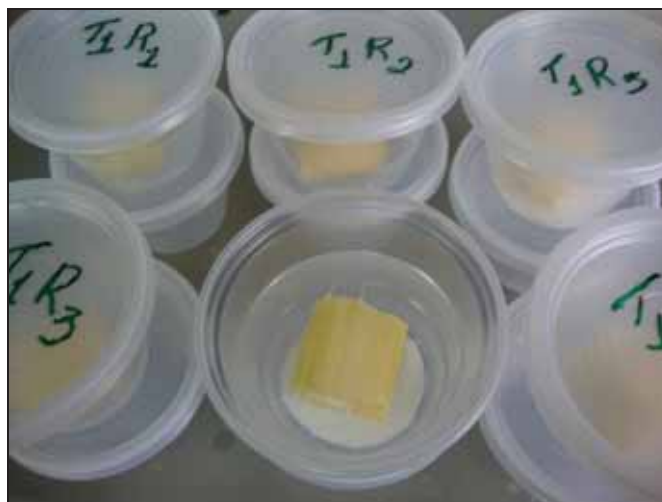


Figura 6. Teste de preferência alimentar sem chance de escolha.

### 3.4 Avaliações

#### 3.4.1 Experimento 1 – Disponibilidade hídrica e de nitrogênio

##### A) Incidência de *D. saccharalis* e infestação do complexo broca-podridões e produtividade

Para avaliação da incidência da broca, inicialmente foi amostrado um metro de cana por parcela, separando-se os as folhas secas, colmos e ponteiro (folhas verdes, cartucho e palmito). Nos colmos amostrados, contou-se o número total de internódios por metro, contabilizando o número total de orifícios provocados pela broca em cada parcela. A seguir, cada colmo foi aberto longitudinalmente ao meio, contando-se o número de internódios que apresentaram danos característicos por fungos causadores das podridões (Figura 7). A partir destas observações, foram avaliados os seguintes parâmetros: número médio de orifícios, número médio de internódios com podridão vermelha e percentagem de infestação (número de internódios infestados em relação ao número total de internódios) segundo Vendramim et al. (1988).





Figura 7. Danos característicos do complexo broca-podridões. Fonte: Cruz (2011).

Foram realizadas quatro avaliações para o “experimento 1” (disponibilidade hídrica), a saber: abril (208 dias após a colheita) e julho (291 DAC) de 2010; março (165 DAC) e julho de 2011 (285 DAC) e cinco avaliações para o “experimento 2” (diferentes doses de N-fertilizante em manejo irrigado): abril (208 DAC), julho (291 DAC), outubro (381 DAC) de 2010; março (165 DAC) e julho (285 DAC) de 2011.

Devido à alta infestação de *D. saccharalis*, foi realizada uma liberação de *Cotesia flavipes* (Cameron, 1891) (Hymenoptera: Braconidae) no mês de Junho, em oito copos plásticos (30 massas de pupas cada) distribuídos na área, em um raio de 25 metros entre cada copo, sendo presos às plantas, entre a bainha da folha e o colmo da cana, conforme a recomendação de Nava et al. (2009).

Os colmos amostrados e despalhados em cada parcela foram pesados por meio de balança “tipo célula de carga” graduada em 200g, para obtenção de dados de massa.

Em todas as avaliações, 10 colmos foram subamostrados em cada parcela. As subamostras foram encaminhadas para o Laboratório de Tecnologia da Associcana (Associação dos Produtores de Cana da Região de Jaú), em Jaú-SP, para as análises e obtenção dos valores de Pol % cana, Fibra % cana, Açúcares Redutores e Açúcar Total Recuperável (ATR), conforme Consecana (2003).

A produtividade de colmos, em tonelada de cana por hectare (TCH), foi obtida por meio da relação proporcional com a área de cada parcela, exceto para a avaliação em outubro (381 DAC) de 2010, onde o TCH foi calculado através da colheita de toda a parcela experimental. A tonelada de pol por hectare (TPH) foi obtida pelo produto entre a produtividade de colmos (TCH) e da percentagem de açúcar (PCC).

No dia 11 de Julho de 2010, a área experimental escolhida para desenvolver a pesquisa do manejo de sequeiro sofreu queima acidental. Devido a esse fato, a última amostragem (outubro de 2010) de incidência de *D. saccharalis* não foi realizada.

### **B) Bioensaios de *D. saccharalis***

Para o teste com chance de escolha, contou-se o número de lagartas nos tratamentos com 30 min., 2, 6, 12, 24 e 48 horas após a infestação. Após um período de 48 horas as lagartas foram retiradas dos tratamentos e estes foram levados à estufa 60 °C, com circulação de ar, por 72 horas. O consumo foi determinado através da diferença entre o material vegetal seco (alíquota, sem infestação) e o material infestado. Para a alíquota de cada tratamento, foi calculada a média de 10 porções (repetições).

No teste sem chance de escolha, as avaliações de consumo seguiram o mesmo protocolo descrito neste ítem.

### **3.4.2 Experimento 2 – Diferentes doses de N-fertilizante**

#### **A) Incidência de *D. saccharalis* e infestação do complexo broca-podridões e produtividade**

As avaliações seguiram o mesmo protocolo descrito no ítem anterior (3.4.1 – A).

#### **B) Margem de contribuição agrícola da soqueira de cana-de-açúcar fertirrigada com N-fertilizante no manejo irrigado por gotejamento**

A margem de contribuição agrícola (MCA) representa a diferença entre a receita com a matéria-prima produzida e entregue na indústria e os custos variáveis de

corte, carregamento e transporte (CCT), tratos culturais (aplicação dos fertilizantes nitrogenados) e arrendamento (não considerado no cálculo). Optou-se por utilizar a MCA pela facilidade de execução e também por esta não necessitar dos dados de receita esperada com a venda de açúcar e álcool.

Para o cálculo da MCA foram utilizados: o preço da tonelada da cana (R\$ t<sup>-1</sup>) obtido pela multiplicação do ATR de cada parcela (kg ha<sup>-1</sup>) pelo preço do kg da ATR (R\$ 0,5016 kg<sup>-1</sup>) em novembro de 2011, de acordo com Consecana (2011); a produtividade real (ton. ha<sup>-1</sup> de colmos nas safras 2010 e 2011); o custo do corte, carregamento e transporte (CCT) (R\$ 21,00 ton.<sup>-1</sup>), fornecido pela empresa Guarani S/A; e o custo da adubação nitrogenada (R\$ 2,82 kg.<sup>-1</sup> N uréia), segundo SCOT Consultoria em novembro de 2011. O modelo de cálculo da MCA foi realizado segundo Fernandes (2003).

$$\text{Açúcar} = \text{TCH} \times \text{ATR}$$

$$\text{Receita bruta} = \text{Açúcar} \times 0,5016 \dots \text{Equação I}$$

$$\text{Custo CCT} = \text{CCT} \times \text{TCH}$$

$$\text{Custo total} = \text{Custo CCT} + \text{Adubo} \dots \text{Equação II}$$

$$\text{MCA} = \text{Receita Bruta} - \text{Custo total} \dots \text{Equação III}$$

### C) Bioensaios de *D. saccharalis*

**As avaliações de laboratório no experimento 2 seguiram o mesmo protocolo descrito no experimento 1 (item 3.4.1 – B).**

### D) Incidência de *M. fimbriolata*

Mensalmente, contabilizou-se o número de ninfas presentes em raízes de cana-de-açúcar, tomando-se um metro linear, nas linhas centrais, por parcela (Figura 8). Para visualizar as ninfas, estas foram retiradas da região radicular, na subsuperfície do solo,

com auxílio de um palito de madeira, com cerca de 20 cm de comprimento e 0,5 cm de diâmetro, conforme descrito por Dinardo-Miranda et al. (2001a). Foram realizadas avaliações entre os meses de setembro de 2010 e julho de 2011 e a partir destas avaliações, calculou-se o número médio de ninfas de *M. fimbriolata* por parcela.



Figura 8. Demarcação de um metro linear para amostragem de *M. fimbriolata*.

Devido à queima acidental, as avaliações no experimento de disponibilidade hídrica (experimento 1) para a incidência de *M. fimbriolata* não foram apresentadas (ausência de palha na superfície do solo nos tratamentos de sequeiro).

### 3.5 Análises estatísticas

#### 3.5.1 Experimento 1 – Disponibilidade hídrica e de nitrogênio

Os resultados das variáveis: número de orifícios e número de internódios com podridão vermelha foram transformados em  $(x + 0,5)^{1/2}$ . Os resultados referentes à percentagem de infestação e percentagem de açúcar (PCC) foram transformados em  $\arcsen [(x + 0,5) / 100]^{1/2}$ . Os demais resultados não foram transformados, conforme Ferreira (2000).

Para os bioensaios, os resultados da variável número de lagartas foram transformados em  $(x + 0,5)^{1/2}$ . Os demais resultados não foram transformados, conforme Ferreira (2000).

Todos os resultados foram submetidos à análise de variância pelo teste F ao nível de 5% de significância e comparadas pelo Teste de Tukey, utilizando-se o software Assistat<sup>®</sup>.

Para as variáveis: número de orifícios e internódios com podridão vermelha e percentagem de açúcar (PCC), foram realizadas análises de regressão, utilizando-se o software SigmaPlot 11<sup>®</sup>.

### **3.5.2 Experimento 2 – Diferentes doses de N-fertilizante**

Todos os resultados foram submetidos à análise de variância pelo teste F ao nível de 5% de significância, utilizando-se o software Assistat<sup>®</sup>.

Para as variáveis: número de orifícios e internódios com podridão vermelha; percentagem de infestação; produtividade de colmos (TCH); produtividade de açúcar (TPH); percentagem de açúcar (PCC); açúcar total recuperável (ATR); número de ninfas e doses de N-fertilizante foram realizadas análises de regressão, utilizando-se o software SigmaPlot 11<sup>®</sup>.

Para os bioensaios, os resultados da variável número de lagartas foram transformados em  $(x + 0,5)^{1/2}$ . Os demais resultados não foram transformados, conforme Ferreira (2000).

## **4 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **4.1 Incidência de *D. saccharalis* e infestação do complexo broca-podridões**

Para facilitar o entendimento dos resultados obtidos quanto à infestação por *D. saccharalis* e incidência do complexo broca-podridões, este item foi subdividido em dois experimentos. O “experimento 1” foi referente à análise qualitativa,

visando avaliar a diferença entre os dois tipos de manejo, quanto a disponibilidade hídrica e de nitrogênio e o “experimento 2”, referente à análise quantitativa de N em cana-de-açúcar fertirrigada, com diferentes doses de N-fertilizante.

#### 4.1.1 Experimento 1 – Disponibilidade hídrica e de nitrogênio

Em geral, as médias de orifícios ocasionados pela broca foram maiores nos tratamentos que receberam a adubação nitrogenada (Tabela 1). No entanto, só foram constatadas diferenças significativas na avaliação feita em julho de 2010, onde o tratamento com 150 kg ha<sup>-1</sup> de N apresentou média mais de duas vezes superior (55,13 orifícios) ao tratamento sem nitrogênio (24,13 orifícios). Na comparação de regimes hídricos (Tabela 1), verificou-se um significativo aumento no número de orifícios da broca sob cultivo irrigado, nas duas avaliações realizadas em 2010. Nas avaliações de 2011 não foram verificadas diferenças significativas entre as diferentes disponibilidades hídricas (manejos de sequeiro e irrigado).

Tabela 1. Número médio ( $\pm$  EP) de orifícios ocasionados por *D. saccharalis* em cana-de-açúcar sem aplicação e 150 kg ha<sup>-1</sup> de N-fertilizante, no manejo de irrigação e de sequeiro.

Doses de N (kg ha <sup>-1</sup> )	abril de 2010 <sup>1</sup>	julho de 2010 <sup>1</sup>	março de 2011 <sup>1</sup>	julho de 2011 <sup>1</sup>
0	19,25 $\pm$ 6,99 a	24,13 $\pm$ 4,90 b	1,88 $\pm$ 0,64 a	17,75 $\pm$ 4,45 a
150	41,00 $\pm$ 9,00 a	55,13 $\pm$ 12,78 a	3,63 $\pm$ 1,56 a	22,00 $\pm$ 4,05 a
F (Doses)	5,28 <sup>ns</sup>	8,32*	0,79 <sup>ns</sup>	0,46 <sup>ns</sup>
Disponibilidade hídrica				
Irigado	42,38 $\pm$ 8,47 a	50,25 $\pm$ 14,45 a	1,88 $\pm$ 1,01 a	16,50 $\pm$ 2,66 a
Sequeiro	17,88 $\pm$ 6,99 b	29,00 $\pm$ 3,82 b	3,63 $\pm$ 1,35 a	23,25 $\pm$ 5,21 a
F (Disponibilidade hídrica)	8,88*	4,51 <sup>ns</sup>	1,62 <sup>ns</sup>	0,99 <sup>ns</sup>
F (D x Dh)	0,83 <sup>ns</sup>	10,34*	0,02 <sup>ns</sup>	2,00 <sup>ns</sup>
CV%	33,06	19,18	50,30	30,80

<sup>1</sup>Para análise estatística os dados foram transformados em  $(x+0,5)^{1/2}$ . Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05).

Foi verificada interação significativa ( $F= 10,34^*$ ;  $P<0,05$ ) entre as variáveis doses de N-fertilizante e disponibilidade hídrica avaliadas no mês de julho de 2010. Pelo desdobramento da interação, verificou-se que o uso da fertirrigação nitrogenada com  $150 \text{ kg ha}^{-1}$  de N aumentou significativamente o número de orifícios ocasionados pelo ataque de *D. saccharalis*, em comparação com a mesma dose utilizada no cultivo sem irrigação. Entre os tratamentos com irrigação, também se verificou maior média de orifícios da broca no tratamento que recebeu a adubação nitrogenada (Tabela 2).

A liberação de *C. flavipes* realizada no mês de Junho de 2010, provavelmente, influenciou na incidência do inseto nas avaliações de 2011, reduzindo significativamente sua população em todos os tratamentos.

Tabela 2. Desdobramento da variável número médio ( $\pm$  EP) de orifícios ocasionados por *D. saccharalis* em cana-de-açúcar, safra de 2010.

Disponibilidade hídrica	Doses de N ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) julho de 2010 <sup>1</sup>	
	0	150
Irigado	22,25 $\pm$ 8,87 aB	78,25 $\pm$ 19,35 aA
Sequeiro	26,00 $\pm$ 5,58 aA	32,00 $\pm$ 5,58 bA

<sup>1</sup>Para análise estatística os dados foram transformados em  $(x+0,5)^{1/2}$ . Médias seguidas de mesma letra minúscula, na coluna, ou maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $P<0,05$ ).

Uma análise geral desses dados (Tabelas 1 e 2) sugere um aumento do número de orifícios de *D. saccharalis* na presença de N-fertilizante ( $150 \text{ kg ha}^{-1}$ ), em comparação com o tratamento sem nitrogênio. As médias do mês de julho de 2010 também indicaram que ocorre um aumento de orifícios quando aplicado  $150 \text{ kg ha}^{-1}$  de N-fertilizante, combinado com o uso da irrigação.

Em trabalho visando verificar a influência da adubação nitrogenada sobre a incidência de *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) e o desenvolvimento de plantas de algodão, Zhing et al. (1982) relataram aumento na população de insetos devido ao aumento da dose de nitrogênio aplicado no solo, o que poderia elevar os prejuízos na cultura. Archer et al. (1987) testaram o efeito da aplicação de N e P na incidência de *D. grandiosella*

em plantas de milho e obtiveram resultados semelhantes, onde o uso de N-fertilizante aumentou a infestação da praga.

Em trabalho comparando sistemas de manejo hídrico em diversas variedades de cana-de-açúcar, Santos et al. (2010) observaram que o ambiente irrigado foi o mais favorável à infestação de *D. flavipennella* nas variedades RB92-579, RB86-7515, SP79-1011 e SP823250, em Muricy, AL.

Quanto ao número médio de internódios com podridão vermelha (Tabela 3), verificou-se que o tratamento com aplicação de nitrogênio (14,50) apresentou uma média aproximadamente duas vezes maior que o tratamento sem N (7,63) no mês de abril de 2010; porém, os dados não diferiram significativamente. Nesta mesma avaliação, o manejo irrigado ocasionou maior incidência de internódios com podridão vermelha (15,13), diferindo do manejo sequeiro (7,00). Não houve interação significativa entre as doses de nitrogênio e disponibilidade hídrica nesta amostragem.

Tabela 3. Número médio ( $\pm$  EP) de internódios com sintomas de podridão vermelha em cana-de-açúcar sem aplicação e 150 kg ha<sup>-1</sup> de N-fertilizante, no manejo de irrigação e sequeiro.

Doses de N (kg ha <sup>-1</sup> )	abril de 2010 <sup>1</sup>	julho de 2010 <sup>1</sup>	março de 2011 <sup>1</sup>	julho de 2011 <sup>1</sup>
0	7,63 $\pm$ 3,08 a	9,63 $\pm$ 2,15 b	0,13 $\pm$ 0,13 a	6,50 $\pm$ 1,45 a
150	14,50 $\pm$ 3,41 a	26,38 $\pm$ 5,33 a	0,25 $\pm$ 0,16 a	9,38 $\pm$ 1,86 a
F (Doses)	2,79 <sup>ns</sup>	13,88*	0,30 <sup>ns</sup>	0,91 <sup>ns</sup>
Disponibilidade hídrica				
Irigado	15,13 $\pm$ 3,27 a	23,25 $\pm$ 6,49 a	0,13 $\pm$ 0,13 a	7,63 $\pm$ 1,53 a
Sequeiro	7,00 $\pm$ 3,01 b	12,75 $\pm$ 1,73 a	0,25 $\pm$ 0,16 a	8,25 $\pm$ 1,94 a
F (Disponibilidade hídrica)	3,43 <sup>ns</sup>	3,14 <sup>ns</sup>	0,53 <sup>ns</sup>	0,06 <sup>ns</sup>
F (D x Dh)	0,42 <sup>ns</sup>	6,13*	4,77 <sup>ns</sup>	2,62 <sup>ns</sup>
CV%	45,09	23,40	22,12	31,29

<sup>1</sup>Para análise estatística os dados foram transformados em  $(x+0,5)^{1/2}$ . Médias seguidas de mesma letra, na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05).

Em julho de 2010, a maior média de internódios com podridão (26,38) foi obtida na dose de 150 kg ha<sup>-1</sup>, diferindo do tratamento sem aplicação de nitrogênio. A análise quanto a disponibilidade hídrica nesta época, não revelou diferença significativa entre



os manejos. A interação entre as doses de N-fertilizante e o regime hídrico foi significativa ( $F= 6,13^*$ ;  $P<0,05$ ) nesse período.

Pelo desdobramento da interação (Tabela 4), verifica-se aumento significativo de internódios com podridão (de 9,75 para 36,75), quando se utilizou nitrogênio no manejo irrigado tendo o menor número (9,75) de internódios com podridão vermelha dentro dos tratamentos. Analisando-se o efeito da disponibilidade de água nos tratamentos, verificou-se que houve diferença significativa apenas na presença de N. Esses resultados indicam que a utilização da fertirrigação com nitrogênio aumentou consideravelmente a infestação do complexo broca-podridões no mês de julho de 2010.

Nas amostragens de março e julho de 2011, não foram detectadas diferenças significativas entre os tratamentos. A interação dos fatores não foi significativa. Assim como na avaliação do número de orifícios ocasionados pela broca (Tabela 2), a baixa infestação de *D. saccharalis* nessas avaliações pode ter prejudicado a observação das interações.

Tabela 4. Desdobramento da variável número médio ( $\pm$  EP) de internódios com sintomas de podridão vermelha em cana-de-açúcar, safra de 2010.

Disponibilidade hídrica	Doses de N ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) julho de 2010 <sup>1</sup>	
	0	150
Irigado	9,75 $\pm$ 4,59 aB	36,75 $\pm$ 7,36 aA
Sequeiro	9,50 $\pm$ 0,65 aA	16,00 $\pm$ 2,55 bA

<sup>1</sup>Para análise estatística os dados foram transformados em  $(x+0,5)^{1/2}$ . Médias seguidas de mesma letra minúscula, na coluna, ou maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $P<0,05$ ).

Com base nos resultados apresentados na Tabela 3, o número de internódios com podridão vermelha está correlacionado positivamente com a infestação e o número de orifícios ocasionados por *D. saccharalis* em cana-de-açúcar (Tabela 2), conforme descrito por Macedo & Botelho (1988). A podridão vermelha é causada por microrganismos oportunistas como *Colletotrichum falcatum* e/ou *Fusarium moniliforme* (LONG & HENSLEY, 1972; GALLO et al., 2002). Adicionalmente, os dados (Tabelas 3 e 4) também

sugerem que a adubação nitrogenada, principalmente em manejo irrigado, favorece a incidências das podridões. No entanto, assim como na avaliação do parâmetro anterior, outras pesquisas são necessárias para um maior entendimento das relações entre a ocorrência de podridões, adubação nitrogenada e regime hídrico em cana-de-açúcar.

Quanto à produtividade de colmos de cana-de-açúcar (Tabela 5), os resultados demonstraram diferenças significativas entre as doses de N ( $F=13,51^*$ ;  $P<0,05$ ), disponibilidade hídrica ( $F=28,43^*$ ;  $P<0,05$ ) e a interação entre doses versus disponibilidade hídrica ( $F=33,27^*$ ;  $P<0,05$ ), no mês de abril de 2010. Nesse período, a aplicação de  $150 \text{ kg ha}^{-1}$  de N possibilitou uma produtividade de  $53,89 \text{ Mg ha}^{-1}$ , diferindo significativamente do tratamento sem nitrogênio ( $31,67 \text{ Mg ha}^{-1}$ ). A presença da irrigação elevou a produtividade em 37 %, comparativamente ao manejo de sequeiro.

Tabela 5. Produtividade média ( $\pm$  EP) de colmos ( $\text{Mg ha}^{-1}$ ) em cana-de-açúcar sem aplicação e  $150 \text{ kg ha}^{-1}$  de N-fertilizante, no manejo de irrigação e sequeiro, safras de 2010 e 2011.

Doses de N ( $\text{kg ha}^{-1}$ )	abril de 2010 <sup>1</sup>	julho de 2010 <sup>1</sup>	março de 2011 <sup>1</sup>	julho de 2011 <sup>1</sup>
0	$31,67 \pm 1,94 \text{ b}$	$34,31 \pm 2,18 \text{ b}$	$20,82 \pm 1,89 \text{ b}$	$40,42 \pm 2,07 \text{ b}$
150	$53,89 \pm 5,68 \text{ a}$	$70,91 \pm 6,03 \text{ a}$	$31,16 \pm 2,77 \text{ a}$	$72,09 \pm 5,59 \text{ a}$
F (Doses)	$13,51^*$	$50,46^*$	$6,82^*$	$33,50^*$
Disponibilidade hídrica				
Irrigado	$49,59 \pm 7,25 \text{ a}$	$60,63 \pm 9,80 \text{ a}$	$24,79 \pm 1,48 \text{ a}$	$63,62 \pm 8,51 \text{ a}$
Sequeiro	$35,98 \pm 2,34 \text{ b}$	$44,59 \pm 4,73 \text{ b}$	$27,19 \pm 4,03 \text{ a}$	$48,89 \pm 4,37 \text{ b}$
F (Disponibilidade hídrica)	$28,43^*$	$25,70^*$	$0,62^{\text{ns}}$	$15,98^*$
F (D x Dh)	$33,27^*$	$15,43^*$	$4,52^{\text{ns}}$	$9,10^*$
CV%	11,93	12,03	23,33	13,10

<sup>1</sup>Dados médios; médias seguidas de mesma letra, na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $P<0,05$ ).

O desdobramento da interação revelou um significativo aumento de produtividade ( $31,11$  para  $68,06 \text{ Mg ha}^{-1}$ ), pela aplicação de  $150 \text{ kg ha}^{-1}$  de N nas áreas irrigadas (Tabela 6).

Tabela 6. Desdobramento da variável produtividade média ( $\pm$  EP) de colmos ( $\text{Mg ha}^{-1}$ ) de cana-de-açúcar, safras de 2010 e 2011.

D.H.	Doses de N ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) abril de 2010 <sup>1</sup>		Doses de N ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) julho de 2010 <sup>1</sup>		Doses de N ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) julho de 2011 <sup>1</sup>	
	0	150	0	150	0	150
I	31,11 $\pm$ 2,36 aB	68,06 $\pm$ 3,50 aA	36,11 $\pm$ 3,86 aB	85,15 $\pm$ 5,71 aA	42,23 $\pm$ 3,82 aB	85,01 $\pm$ 4,36 aA
S	32,22 $\pm$ 3,42 aA	39,73 $\pm$ 2,10 bA	32,50 $\pm$ 2,24 aB	56,67 $\pm$ 1,47 bA	38,61 $\pm$ 1,78 aB	59,17 $\pm$ 3,96 bA

D.H.= Disponibilidade hídrica; I= Irrigado; S= Sequeiro. <sup>1</sup>Dados originais; Médias seguidas de mesma letra minúscula, na coluna, ou maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $P<0,05$ ).

Na avaliação de julho de 2010 (Tabela 5) também verificou-se diferença significativa entre as doses de N ( $F=50,46^*$ ;  $P<0,05$ ), disponibilidade hídrica ( $F=25,70^*$ ;  $P<0,05$ ) e a interação entre doses *versus* disponibilidade hídrica ( $F=15,43^*$ ;  $P<0,05$ ). Assim como na primeira avaliação de 2010, a adição de N (34,31 para 70,91  $\text{Mg ha}^{-1}$ ) e a presença de irrigação (44,59 para 60,63  $\text{Mg ha}^{-1}$ ) elevaram a produtividade de colmos.

O desdobramento da interação significativa do mês de julho de 2010 (Tabela 6) revelou um significativo aumento de produtividade devido a aplicação de 150  $\text{kg ha}^{-1}$  de N nas áreas irrigadas (36,11 para 85,15  $\text{Mg ha}^{-1}$ ) e de sequeiro (32,50 para 56,67  $\text{Mg ha}^{-1}$ ).

Em março de 2011 (Tabela 5), observou-se um acréscimo de aproximadamente 50 % na produtividade de colmos utilizando 150  $\text{kg ha}^{-1}$  de N no cultivo de cana-de-açúcar. Nessa avaliação não se detectou diferença significativa entre os tratamentos quanto à disponibilidade de água. A interação dos parâmetros também foi significativa.

Na avaliação de julho de 2011, o tratamento com 150  $\text{kg ha}^{-1}$  de N mostrou média significativamente maior (72,09  $\text{Mg ha}^{-1}$ ) que o sem N (40,42  $\text{Mg ha}^{-1}$ ). A produtividade de cana-de-açúcar em função do uso de irrigação mostrou um aumento de 29 % na produção de colmos. A interação dos fatores também foi significativa no período ( $F=9,10^*$ ;  $P<0,05$ ).

O desdobramento da interação (Tabela 6) mostra significativo aumento de produtividade com uso de  $150 \text{ kg ha}^{-1}$  de N nas áreas irrigadas (42,23 para 85,01) e de sequeiro (38,61 para 59,17).

De um modo geral, os resultados das Tabelas 5 e 6 evidenciam, que a cultura respondeu ao aumento da adubação nitrogenada e da disponibilidade hídrica durante o seu ciclo de crescimento, obtendo um incremento significativo na produção de colmos em cana-de-açúcar (Tabela 5).

Em todos os desdobramentos, os resultados indicam que a aplicação de  $150 \text{ kg ha}^{-1}$  de N via fertirrigação por gotejamento subsuperficial aumentou a produtividade em relação aos outros manejos combinados, justificando seu emprego por irrigação via gotejamento em cana-de-açúcar. Com o uso de fertirrigação, Gava et al. (2011) obtiveram incrementos de 33% (cana-planta e soca) na produtividade de colmos utilizando o mesmo genótipo (SP80-3280) e a mesma quantidade de adubação ( $150 \text{ kg ha}^{-1}$ ) em relação ao manejo de sequeiro. Thorburn et al. (2003) também citam que o manejo de irrigação por gotejamento (fertirrigação), proporciona maior eficiência de utilização dos fertilizantes em comparação ao manejo de sequeiro.

Quanto à disponibilidade de água, Souza et al. (1999) constataram que a produtividade de colmos nas variedades RB72-454, SP79-1011 e RB76-5418 foram afetadas pela quantidade de água aplicada por irrigação. Segundo os autores, isto pode ser explicado pelo fato de água ser um fator limitante à cultura, ou seja, à medida que se aumenta a disponibilidade hídrica, a cultura pode expressar melhor o seu potencial produtivo.

Dalri & Cruz (2008) verificaram as maiores produtividades nas parcelas irrigadas em cana-de-açúcar de terceiro corte, variedade RB72-454. Dentre as irrigadas, os autores observaram aumento significativo na produtividade em cana-de-açúcar, quando utilizado a irrigação por gotejamento subsuperficial junto com a fertirrigação, de acordo com o acréscimo de N e K durante o ciclo de desenvolvimento da cultura, obtendo as produtividades mais elevadas nas maiores doses. Silva et al. (2009) observaram relação entre a produtividade de colmos e as doses de N via cobertura em cana-de-açúcar irrigada por aspersão com pivô central, variedade SP71-6949.

Segundo esses autores, as maiores produtividades foram obtidas com doses mais elevadas de nitrogênio. Segundo Silva et al. (2009), o aumento do nível de

adubação de cobertura favoreceu o aumento na síntese de clorofila, aminoácidos essenciais e energia necessária à produção de carboidratos e esqueletos carbônicos, resultando em colmos mais compridos e de maiores diâmetros.

Quanto à produtividade de açúcar (Tabela 7), no mês de abril de 2010 constatou-se que o tratamento com 150 kg ha<sup>-1</sup> de N (6,21 Mg ha<sup>-1</sup>) aumentou significativamente a produtividade de açúcar nas parcelas, diferindo do tratamento sem nitrogênio (3,76 Mg ha<sup>-1</sup>). O uso da irrigação também proporcionou uma produtividade significativamente maior de açúcar em relação ao tratamento com manejo de sequeiro, cujas médias foram de 5,66 e 4,31 Mg ha<sup>-1</sup>, respectivamente. Nessa avaliação, houve uma interação significativa (F= 10,84\*; P<0,05) entre a quantidade de nitrogênio aplicado e o manejo de disponibilidade hídrica. Nas amostragens de julho de 2010 e julho de 2011, resultados semelhantes foram observados em relação à primeira avaliação. Tanto o uso da irrigação quanto o uso de nitrogênio no cultivo de cana-de-açúcar aumentaram significativamente a produtividade da cultura. A interação entre os parâmetros doses de N *versus* disponibilidade hídrica foi significativa nos dois períodos.

Tabela 7. Produtividade média ( $\pm$  EP) de açúcar (Mg ha<sup>-1</sup>) em cana-de-açúcar sem aplicação e 150 kg ha<sup>-1</sup> de N-fertilizante, no manejo de irrigação e sequeiro, safras de 2010 e 2011.

Doses de N (kg ha <sup>-1</sup> )	abril de 2010 <sup>1</sup>	julho de 2010 <sup>1</sup>	março de 2011 <sup>1</sup>	julho de 2011 <sup>1</sup>
0	3,76 $\pm$ 0,21 b	5,60 $\pm$ 0,31 b	1,83 $\pm$ 0,17 a	6,34 $\pm$ 0,36 b
150	6,21 $\pm$ 0,54 a	11,07 $\pm$ 0,78 a	2,61 $\pm$ 0,22 a	11,35 $\pm$ 0,90 a
F (Doses)	17,25*	55,17*	5,25 <sup>ns</sup>	32,39*
Disponibilidade hídrica				
Irigado	5,66 $\pm$ 0,72 a	9,39 $\pm$ 1,41 a	2,16 $\pm$ 0,15 a	10,06 $\pm$ 1,33 a
Sequeiro	4,31 $\pm$ 0,36 b	7,29 $\pm$ 0,73 b	2,28 $\pm$ 0,31 a	7,63 $\pm$ 0,72 b
F (Disponibilidade hídrica)	13,05*	24,35*	0,15 <sup>ns</sup>	16,95*
F (D x Dh)	10,84*	16,16*	1,95 <sup>ns</sup>	8,49*
CV%	14,94	10,19	26,59	13,36

<sup>1</sup>Dados médios; médias seguidas de mesma letra, na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05).

Na avaliação feita em março de 2011, não foram verificadas diferenças significativas entre os tratamentos e também ausência de interação entre os fatores.

Com base no desdobramento das interações (Tabela 8), verificou-se que o uso de N-fertilizante ( $150 \text{ kg ha}^{-1}$ ) proporcionou ganho de produtividade de açúcar nas parcelas, diferindo significativamente do tratamento sem N. Também constatou-se que a utilização de irrigação combinada à dose de  $150 \text{ kg ha}^{-1}$  de N superou os tratamentos com  $150 \text{ kg ha}^{-1}$  de N em sequeiro, nas três épocas de amostragem, indicando que a presença da água favoreceu a absorção deste elemento, com consequente aumento na produtividade.

Tabela 8. Desdobramento da variável produtividade média ( $\pm$  EP) de açúcar ( $\text{Mg ha}^{-1}$ ) de cana-de-açúcar, safras de 2010 e 2011.

D.H.	Doses de N ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) abril de 2010 <sup>1</sup>		Doses de N ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) julho de 2010 <sup>1</sup>		Doses de N ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) julho de 2011 <sup>1</sup>	
	0	150	0	150	0	150
I	3,82 $\pm$ 0,21 aB	7,50 $\pm$ 0,31 aA	5,80 $\pm$ 0,55 aB	12,97 $\pm$ 0,65 aA	6,70 $\pm$ 0,64 aB	13,43 $\pm$ 0,58 aA
S	3,70 $\pm$ 0,40 aB	4,93 $\pm$ 0,43 bA	5,41 $\pm$ 0,35 aB	9,17 $\pm$ 0,19 bA	5,99 $\pm$ 0,34 aB	9,27 $\pm$ 0,73 bA

D.H.= Disponibilidade hídrica; I= Irrigado; S= Sequeiro. <sup>1</sup>Dados originais; Médias seguidas de mesma letra minúscula, na coluna, ou maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $P < 0,05$ ).

Em geral, tanto o uso de nitrogênio quanto a irrigação aumentaram a produtividade de açúcar em cana-de-açúcar e a combinação desses dois fatores revelam efeito aditivo. Gava et al. (2011) verificaram um acréscimo de TPH em função da irrigação e adubação fornecida via fertirrigação, para o primeiro e segundo ciclo de cana-de-açúcar (genótipo SP80-3280), em comparação ao manejo sequeiro, em Jaú-SP. Moura et al. (2005) obtiveram aumento de 22,8 % no rendimento de açúcar em áreas irrigadas de cana-de-açúcar, com sistema de pivô central, em comparação com cana-de-açúcar cultivada sem irrigação. Os mesmos autores observaram resposta positiva significativa do rendimento de açúcar tanto para a irrigação quanto para a adubação de N e K por cobertura.

O aumento na produção de açúcar neste experimento já era esperado, devido ao aumento considerável da produtividade de colmos ( $\text{Mg ha}^{-1}$ ) verificado na Tabela 5, quando utilizado irrigação e doses mais altas de N-fertilizante.

Com relação à percentagem de açúcar (PCC) nos diferentes meses de avaliação (Tabela 9), não houve diferença significativa entre os tratamentos quanto à

disponibilidade hídrica e a adubação nitrogenada. As interações também não foram significativas nos períodos.

Tabela 9. Percentagem de açúcar (PCC) ( $\pm$  EP) em cana-de-açúcar sem aplicação e 150 kg ha<sup>-1</sup> de N-fertilizante, no manejo de irrigação e sequeiro, safras de 2010 e 2011.

Doses de N (kg ha <sup>-1</sup> )	abril de 2010 <sup>1</sup>	julho de 2010 <sup>1</sup>	março de 2011 <sup>1</sup>	julho de 2011 <sup>1</sup>
0	11,92 $\pm$ 0,35 a	16,38 $\pm$ 0,21 a	8,74 $\pm$ 0,19 a	15,66 $\pm$ 0,15 a
150	11,69 $\pm$ 0,36 a	15,75 $\pm$ 0,32 a	8,39 $\pm$ 0,25 a	15,72 $\pm$ 0,15 a
F (Doses)	0,15 <sup>ns</sup>	5,04 <sup>ns</sup>	0,89 <sup>ns</sup>	0,13 <sup>ns</sup>
Disponibilidade hídrica				
Irigado	11,70 $\pm$ 0,38 a	15,71 $\pm$ 0,35 a	8,70 $\pm$ 0,23 a	15,83 $\pm$ 0,10 a
Sequeiro	11,91 $\pm$ 0,33 a	16,43 $\pm$ 0,12 a	8,43 $\pm$ 0,23 a	15,56 $\pm$ 0,17 a
F (Disponibilidade hídrica)	0,26 <sup>ns</sup>	4,72 <sup>ns</sup>	0,62 <sup>ns</sup>	2,21 <sup>ns</sup>
F (D x Dh)	6,90 <sup>ns</sup>	0,28 <sup>ns</sup>	0,95 <sup>ns</sup>	0,23 <sup>ns</sup>
CV%	3,53	2,15	3,86	1,20

<sup>1</sup> Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05). Dados transformados em arcsen [(x + 0.5)/100]<sup>1/2</sup>.

Gava et al. (2011) observaram que o aumento de TPH do manejo irrigado em relação ao manejo de sequeiro ocorreu devido ao maior acúmulo de biomassa pela cultura, uma vez que o uso da irrigação por gotejamento subterrâneo, para o mesmo genótipo estudado e 150 kg ha<sup>-1</sup> de N, não influenciou no PCC.

Dantas Neto et al. (2006) não verificaram diferenças significativas no PCC em relação a diferentes dosagens de adubação de N e K por cobertura e uso da irrigação. Moura et al. (2005) também não constataram diferenças do PCC em relação à adubação por cobertura de N e K, em diferentes dosagens, em cana-de-açúcar. No entanto, estes autores evidenciaram um aumento do PCC quando utilizado irrigação, divergindo dos dados obtidos neste experimento, onde o uso da irrigação via gotejamento não influenciou na percentagem de açúcar em todas as avaliações.

Não foram verificadas diferenças significativas entre as médias dos tratamentos e respectivas interações para o açúcar total recuperável (ATR) (Tabela 10).

Tabela 10. Açúcar total recuperável (kg t.<sup>-1</sup>) ( $\pm$  EP) em cana-de-açúcar sem aplicação e 150 kg ha<sup>-1</sup> de N-fertilizante, no manejo de irrigação e sequeiro, safras de 2010 e 2011.

Doses de N (kg ha <sup>-1</sup> )	abril de 2010 <sup>1</sup>	julho de 2010 <sup>1</sup>	março de 2011 <sup>1</sup>	julho de 2011 <sup>1</sup>
0	119,60 $\pm$ 3,23 a	159,70 $\pm$ 2,12 a	92,68 $\pm$ 1,54 a	156,01 $\pm$ 1,29 a
150	117,65 $\pm$ 3,12 a	154,39 $\pm$ 2,84 a	89,93 $\pm$ 2,10 a	156,54 $\pm$ 1,47 a
F (Doses)	0,14 <sup>ns</sup>	4,63 <sup>ns</sup>	0,79 <sup>ns</sup>	0,11 <sup>ns</sup>
Disponibilidade hídrica				
Irrigado	117,87 $\pm$ 3,46 a	153,70 $\pm$ 3,22 a	92,62 $\pm$ 1,88 a	157,33 $\pm$ 0,99 a
Sequeiro	119,38 $\pm$ 2,88 a	160,39 $\pm$ 1,02 a	89,99 $\pm$ 1,82 a	155,22 $\pm$ 1,60 a
F (Disponibilidade hídrica)	0,16 <sup>ns</sup>	4,67 <sup>ns</sup>	0,87 <sup>ns</sup>	1,54 <sup>ns</sup>
F (D x Dh)	6,92 <sup>ns</sup>	0,17 <sup>ns</sup>	0,87 <sup>ns</sup>	0,14 <sup>ns</sup>
CV%	6,35	3,94	6,15	2,18

<sup>1</sup>Dados originais; médias seguidas de mesma letra, na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05).

Assim como a percentagem de açúcar (PCC), o ATR não diferiu quanto ao uso de nitrogênio e a disponibilidade hídrica adotada durante o cultivo de cana-de-açúcar. Portanto, é possível que o incremento da produção total de ATR (kg ha<sup>-1</sup>) ocorra associado à produtividade de colmos obtida nos tratamentos. Atualmente a produção de cana-de-açúcar é paga pela quantidade de ATR (kg ha<sup>-1</sup>) e não pela massa de colmos (kg ha<sup>-1</sup>); no entanto, como o ATR quase não se alterou com os diferentes manejos, o principal fator do rendimento obtido neste experimento foi a produtividade de colmos.

Deon et al. (2010) não observaram alteração no açúcar total recuperável por tonelada de cana-de-açúcar, considerando que o aumento da produtividade de colmos obtida por meio da irrigação aumentou a produção total de ATR (kg ha<sup>-1</sup>). Quanto à adubação, o uso de N-fertilizante é comumente associado com maior produtividade; porém com prejuízos no acúmulo de sacarose (KORNDORFER & MARTINS, 1992; MALAVOTA & MORAES 2007). Para cada aumento percentual na produtividade pode ocorrer uma diminuição de 0,01% no teor de açúcar (MALAVOLTA & MORAES, 2007).

Porém, este aumento parece estar diretamente correlacionado à maior produtividade de colmos observada na Tabela 5. Dalri & Cruz (2008) obtiveram resultados semelhantes, verificando efeito significativo no cultivo de soca e ressoça, em cana-de-açúcar



(variedade RB 72454), irrigada via gotejamento subsuperficial utilizando as mesmas doses de N e K. Otto et al. (2009) concluíram que a adubação nitrogenada em cana-de-açúcar (variedade SP81-3250) cultivada em Latossolo Vermelho-Amarelo eutrófico incrementou o crescimento da massa seca da parte aérea.

As análises de correlação entre número de orifícios e número de internódios com sintomas de podridão vermelha em cana-de-açúcar (Tabela 11) foram altamente significativas, com coeficientes de correlação ( $r$ ) acima de 0,90, exceto para março de 2011 (0,62), provavelmente devido à baixa infestação do inseto.

Tabela 11. Correlações entre número de internódios com sintomas de podridão vermelha ( $y$ ) e orifícios em cana-de-açúcar, em quatro épocas de avaliação, safras de 2010 e 2011.

Épocas de avaliação	Equação	$r$
abril de 2010	$y = 0.3692x - 0.0608$	$r = 0.9545^*$
julho de 2010	$y = 0.4443x + 0.3932$	$r = 0.9762^*$
março de 2011	$y = 0,0746x - 0,0175$	$r = 0,6245^*$
julho de 2011	$y = 0.3781x + 0.4231$	$r = 0.9328^*$

\* Significativo ( $P < 0,05$ )

A elevação do número de orifícios respondeu de forma linear positiva com o aumento do número de internódios com sintomas de podridão vermelha. Os dados observados obtiveram uma razão de 2,5:1 entre a interação número de orifícios *versus* número de internódios com podridão vermelha (Figura 9). Para o cálculo da razão entre os variáveis, o mês de março foi excluído devido à baixa incidência observada na época de avaliação.

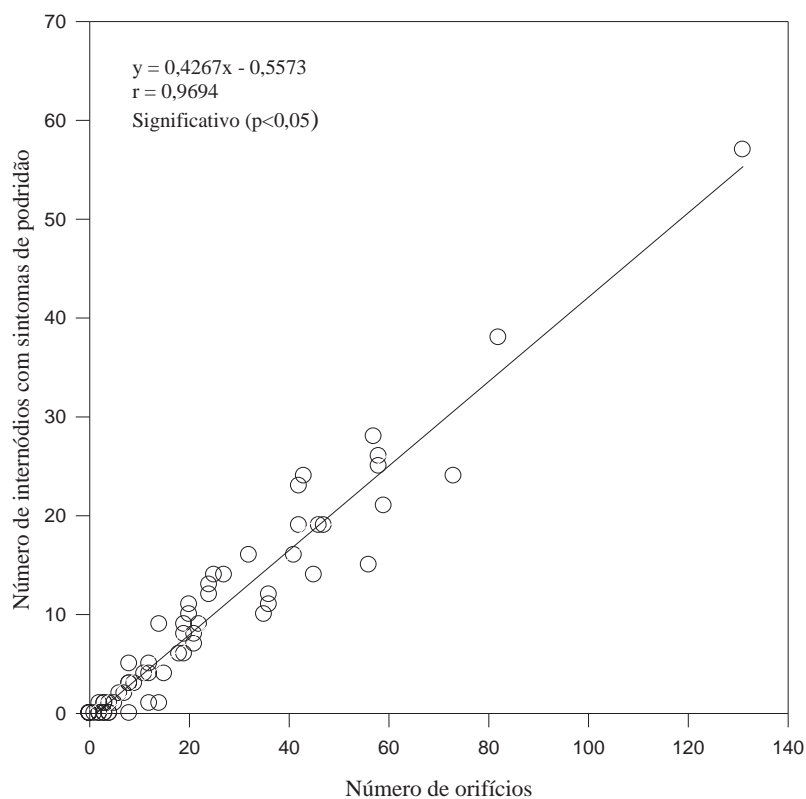


Figura 9. Número de internódios com sintomas de podridão vermelha (y) em razão do número de orifícios em cana-de-açúcar (x), nas quatro avaliações, safras de 2010 e 2011.

Esses resultados indicam uma relação direta entre o número de orifícios e o número de internódios com sintomas de podridão vermelha, avaliados nas quatro épocas de amostragem. O coeficiente de correlação para os quatro meses de amostragem foi de 0,97, apresentando correlação significativa para estes parâmetros. Observações semelhantes foram descritas por Silva & Pompeo (1975), Macedo & Botelho (1988) e Botelho (1992), que reportaram a ocorrência de fungos causadores de podridão como dano indireto devido aos orifícios abertos pelas lagartas de *D. saccharalis*. Embora a ocorrência de fungos causadores da podridão esteja diretamente correlacionada com os orifícios provocados pela broca da cana-de-açúcar, existem poucos trabalhos quantificando a correlação real entre estes dois parâmetros.

Quanto à interação número de internódios com sintomas de podridão vermelha e percentagem de açúcar (PCC), houve uma correlação negativa com efeito significativo entre as variáveis, no mês de abril de 2010. Assim, verificou-se que o aumento do número de internódios com sintomas de podridão vermelha provocou uma diminuição da PCC na primeira época de amostragem. O coeficiente de correlação foi de 0,62 para estes parâmetros avaliados (Figura 10).

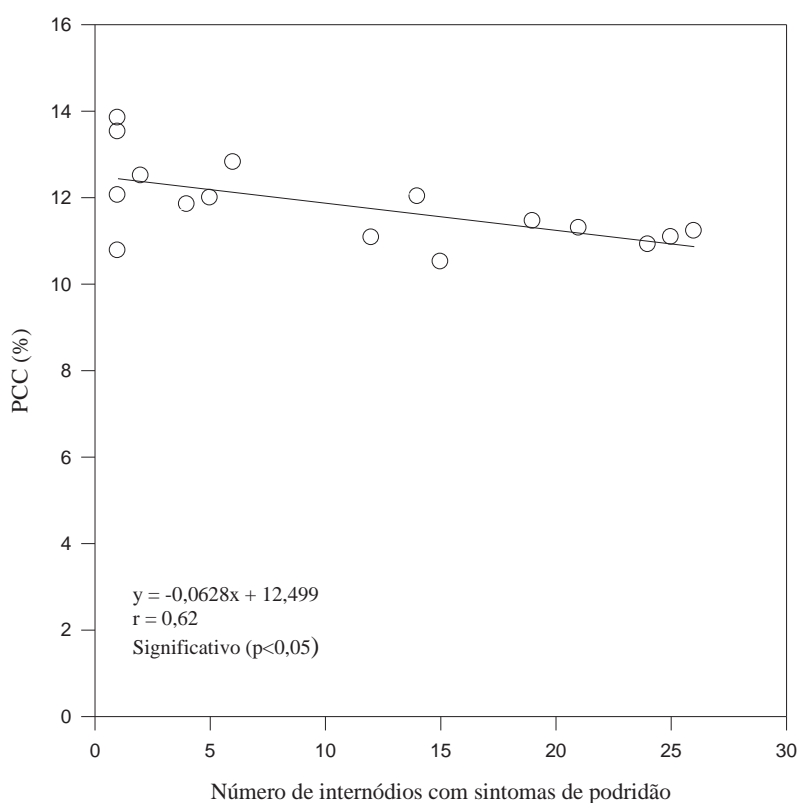


Figura 10. Percentagem de açúcar (PCC) em razão do número de internódios com sintomas de podridão vermelha em cana-de-açúcar, no mês de abril de 2010.

Na segunda época de avaliação, a interação entre os dois fatores manteve a correlação negativa e significativa entre as variáveis, apresentando coeficiente de correlação de 0,76 entre os parâmetros (Figura 11).

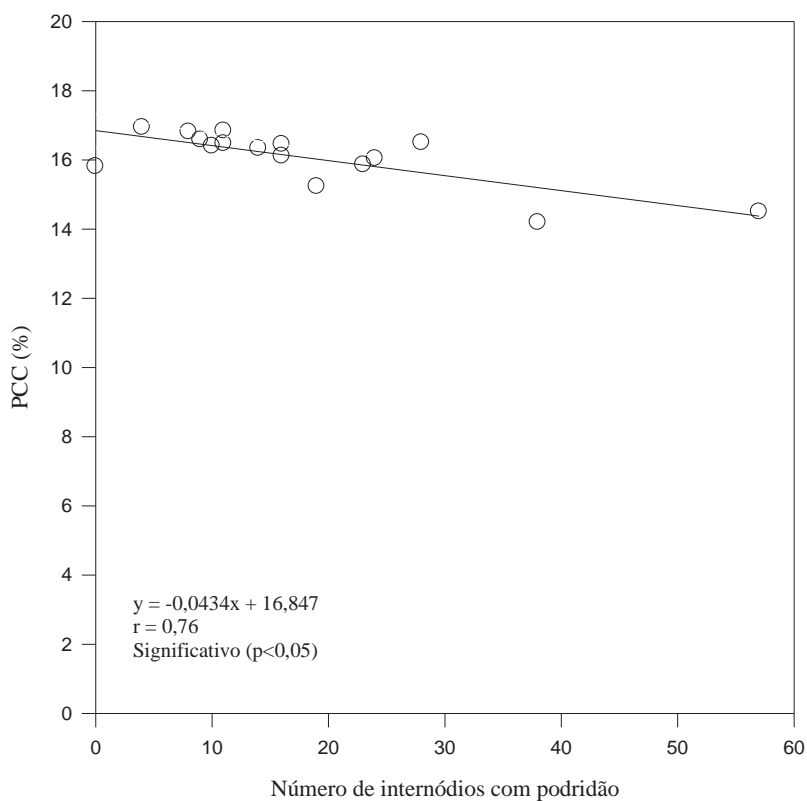


Figura 11. Percentagem de açúcar (PCC) em razão do número de internódios com sintomas de podridão vermelha em cana-de-açúcar, no mês de julho de 2010.

Estes resultados também sugerem uma redução da PCC de forma linear com o aumento do número de internódios com sintomas de podridão vermelha. Silva & Campos (1975) ao estudarem a influência do complexo broca-podridões sobre a Pol, observaram uma resposta significativa negativa em diferentes variedades de cana, em Barra Bonita-SP, na safra 1974-1975. Com base nestes resultados, os autores afirmaram que a broca pode ser um fator altamente prejudicial ao rendimento de açúcar. Essa redução de rendimento ocorre devido a entrada dos fungos *C. falcatum* e *F. Moniliforme* através das galerias, os quais provocam a inversão da sacarose armazenada na planta e não cristalização dos açúcares resultantes no processo industrial. Além disso, a presença destes fungos pode ocasionar a competição com as leveduras no processo de fermentação alcoólica, ocorrendo a

contaminação do caldo, com subsequentes perdas na produção de açúcar e álcool (Guagliumi, 1972; Macedo & Botelho, 1988; Botelho, 1992).

A PCC não foi influenciada pelo número de internódios com sintomas de podridão vermelha em março de 2011 (Figura 12). Este fato ocorreu, provavelmente, devido à baixa incidência da praga na época de amostragem, visto que valores observados do número de internódios com sintomas de podridão vermelha em quase todas as parcelas foram próximos à zero, não influenciando a PCC da cana-de-açúcar nos tratamentos.

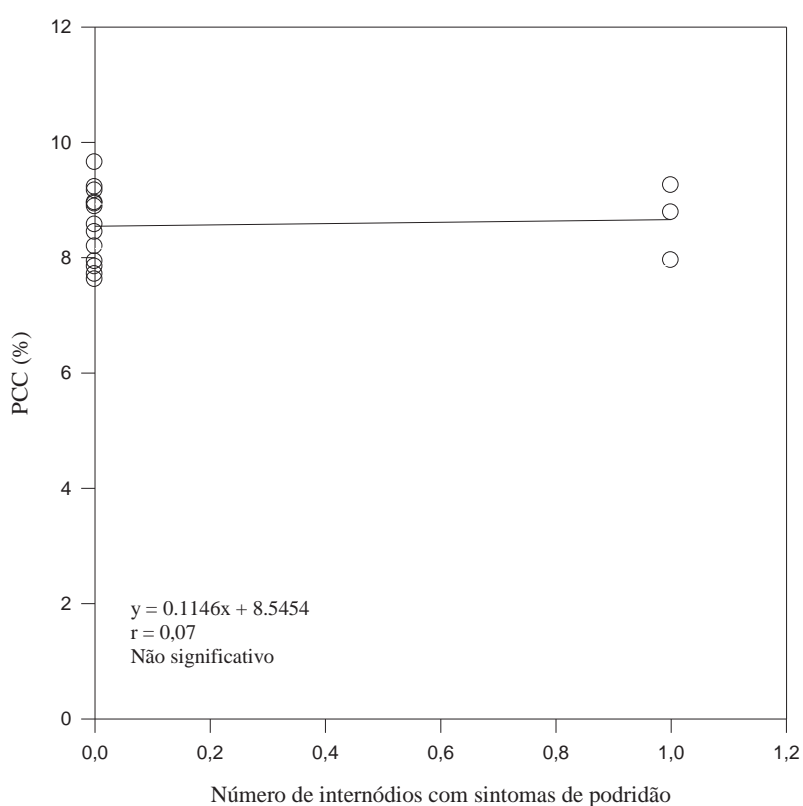


Figura 12. Percentagem de açúcar (PCC) em razão do número de internódios com sintomas de podridão vermelha em cana-de-açúcar, no mês de março de 2011.

Na segunda avaliação de 2011, os resultados obtidos não evidenciaram uma correlação entre os dois fatores, mantendo o mesmo padrão da avaliação anterior (Figura 13).

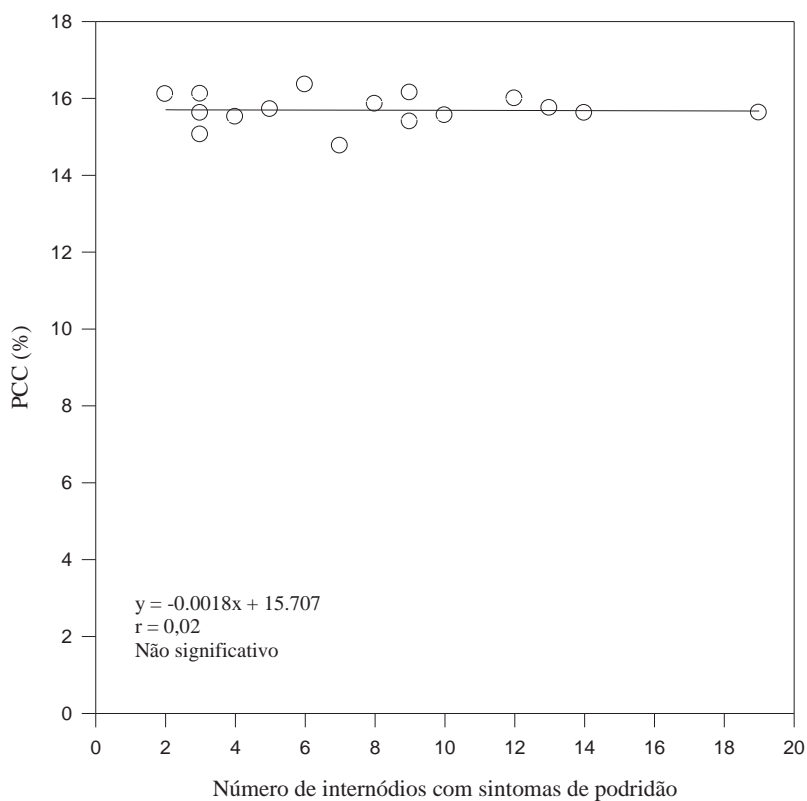


Figura 13. Percentagem de açúcar (PCC) em razão do número de internódios com sintomas de podridão vermelha em cana-de-açúcar, no mês de julho de 2011.

Apesar do número de internódios com sintomas de podridão vermelha serem relativamente maiores que a época de amostragem anterior, possivelmente, influenciado pela baixa incidência observada na avaliação anterior, o período de infestação e os valores não foram suficientes para alterar a PCC da cana-de-açúcar nas parcelas.

#### 4.1.1.1 Bioensaios de atratividade e preferência alimentar de *Diatraea saccharalis* (Experimento 1)

Com exceção da avaliação com 30 minutos, onde o manejo sequeiro obteve média superior em relação ao manejo irrigado, não foram constatadas diferenças

significativas entre os tratamentos em nenhuma das avaliações de atratividade para lagartas de *D. saccharalis*, incluindo a média geral das avaliações (Tabela 12).

Tabela 12. Médias ( $\pm$  EP) de lagartas de *D. saccharalis* atraídas por fragmentos de colmos de cana-de-açúcar produzidos sem aplicação e 150 kg ha<sup>-1</sup> de N-fertilizante, no manejo de irrigação e de sequeiro, em seis observações durante teste com chance de escolha.

Doses de N (kg ha <sup>-1</sup> )	30 min. <sup>1</sup>	2 h. <sup>1</sup>	6 h. <sup>1</sup>	12 h. <sup>1</sup>	24 h. <sup>1</sup>	48 h. <sup>1</sup>	Média <sup>1</sup>
0	0,55 $\pm$ 0,16 a	0,95 $\pm$ 0,16 a	1,00 $\pm$ 0,17 a	1,05 $\pm$ 0,17 a	1,00 $\pm$ 0,17 a	1,10 $\pm$ 0,12 a	0,94 $\pm$ 0,12 a
150	0,90 $\pm$ 0,21 a	1,20 $\pm$ 0,17 a	1,40 $\pm$ 0,25 a	1,40 $\pm$ 0,25 a	1,50 $\pm$ 0,22 a	1,20 $\pm$ 0,19 a	1,27 $\pm$ 0,18a
F (doses)	2,22 <sup>ns</sup>	0,93 <sup>ns</sup>	1,48 <sup>ns</sup>		3,25 <sup>ns</sup>	0,08 <sup>ns</sup>	1,90 <sup>ns</sup>
Disponibilidade hídrica							
Irigado	0,45 $\pm$ 0,12 b	1,00 $\pm$ 0,13 a	1,00 $\pm$ 0,13 a	1,05 $\pm$ 0,14 a	1,05 $\pm$ 0,14 a	1,05 $\pm$ 0,17 a	0,93 $\pm$ 0,10 a
Sequeiro	1,00 $\pm$ 0,21 a	1,15 $\pm$ 0,20 a	1,40 $\pm$ 0,27 a	1,40 $\pm$ 0,27 a	1,45 $\pm$ 0,25 a	1,25 $\pm$ 0,13 a	1,28 $\pm$ 0,18 a
F (Dh)	4,75*	0,18 <sup>ns</sup>	1,10 <sup>ns</sup>	0,81 <sup>ns</sup>	1,57 <sup>ns</sup>	0,85 <sup>ns</sup>	1,96 <sup>ns</sup>
F (D x Dh)	0,01 <sup>ns</sup>	0,39 <sup>ns</sup>	0,30 <sup>ns</sup>	0,49 <sup>ns</sup>	1,90 <sup>ns</sup>	0,85 <sup>ns</sup>	0,64 <sup>ns</sup>
CV %	22,91	19,52	21,54	21,29	18,24	17,13	15,97

<sup>1</sup> Para análise estatística os dados foram transformados em  $(x+0,5)^{1/2}$ . Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05).

Estes resultados sugerem que, possivelmente, não existem fatores de atração e/ou repelência nos colmos de cana-de-açúcar, independente da dose de nitrogênio e manejo hídrico empregados. Outra explicação poderia levar em conta aspectos

comportamentais do inseto, visto que a escolha do local adequado e resposta aos voláteis dos hospedeiros são realizadas pelos adultos. Esses voláteis são compostos de misturas simples ou complexas, estáveis ou instáveis, transportados pelo vento sob determinadas temperaturas (BAKER, 1985). Estes compostos produzidos pelas plantas atraem os adultos para se alimentarem, e em alguns casos, completarem processos fisiológicos como o acasalamento e a reprodução (TINZAARA et al, 2002).

Embora não tenham sido verificadas diferenças significativas quanto à atratividade de *D. saccharalis* pelos tratamentos, em teste com chance de escolha, constatou-se maior consumo de fragmentos de colmos produzidos nas maiores doses de N-fertilizante e com o uso da irrigação, onde as médias foram de 0,21 g para os dois manejos (Tabela 13).

Tabela 13. Médias ( $\pm$  EP) do peso seco total de fragmentos de colmos consumidos por *D. saccharalis* em cana-de-açúcar sem aplicação e 150 kg ha<sup>-1</sup> de N-fertilizante, no manejo de irrigação e de sequeiro, em teste com chance e sem chance de escolha.

Doses de N (kg ha <sup>-1</sup> )	Consumo com chance (g)	Consumo sem chance (g)
0	0,07 $\pm$ 0,02 b	0,15 $\pm$ 0,03 a
150	0,21 $\pm$ 0,05 a	0,21 $\pm$ 0,04 a
F (Doses)	10,32*	1,47 <sup>ns</sup>
Disponibilidade hídrica		
Irigado	0,21 $\pm$ 0,05 a	0,25 $\pm$ 0,03 a
Sequeiro	0,07 $\pm$ 0,02 b	0,11 $\pm$ 0,03 b
F (Disponibilidade hídrica)	11,88*	10,12*
F (D x Dh)	,98 <sup>ns</sup>	0,16 <sup>ns</sup>
CV%	68,62	54,79

Dados originais; médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05).

Os resultados de consumo pelas lagartas em fragmentos de colmos de cana-de-açúcar sugerem uma maior palatabilidade nos tratamentos onde houve maior disponibilidade de água e maiores doses de N-fertilizante, via fertirrigação. Apesar do aumento da dose de N-fertilizante e uso da irrigação aumentar o consumo de fragmentos de colmos por lagartas de quarto instar de *D. sacchralis*, a interação entre os parâmetros, no teste com chance de escolha, não foi significativa.



No teste sem chance de escolha, também se constatou maior consumo dos fragmentos de colmos produzidos com maiores doses de N-fertilizante, porém não diferenciou-se do tratamento sem aplicação. Quanto à disponibilidade hídrica, a maior média de consumo por *D. saccharalis* foi verificada no tratamento com irrigação (0,25 g), diferindo-se do tratamento sequeiro (0,11 g). Assim como o teste com chance de escolha, não houve interação significativa entre os parâmetros (Tabela 13).

Ribeiro et al. (1999) ressaltam que a irrigação altera a turgescência da planta e, conseqüentemente, altera as condições para o desenvolvimento dos insetos. Estes mesmos autores relataram o aparecimento de pragas na planta hospedeira, quando aplicado maiores doses de nitrogênio. Também deve-se destacar que o uso da irrigação, provavelmente disponibilizou maior acúmulo de nitrogênio no colmo, o que poderia favorecer a fase jovem do inseto.

Um aumento expressivo na população de *D. sacharalis* foi observado por Teran (1979), o qual correlacionou o fato ao aumento da dose de nitrogênio em cana-de-açúcar. Gibbert et al. (2007) avaliaram a influência de plantas de milho com diferentes doses de nitrogênio, fósforo, potássio e boro sobre o desenvolvimento de *Spodoptera frugiperda* e verificaram que plantas com excesso de N favoreceram o desenvolvimento da praga.

O nitrogênio se encontra presente em diversas moléculas de ação biológica, como ácidos nucleicos, aminoácidos e proteínas (CARRIJO et al., 2004), necessário tanto para o hospedeiro quanto para o inseto fitófago, considerado elemento essencial na constituição das proteínas. Em decorrência da grande exigência metabólica de proteínas pelas lagartas, que se encontram em período de crescimento (WIGGLESWORTH, 1972; GULLAN & CRANSTON, 1994), as mesmas podem ter sido influenciados em sua maior alimentação nos tratamentos com maiores doses de nitrogênio.

#### **4.1.2 Experimento 2 – Diferentes doses de N-fertilizante**

Analisando a regressão entre as doses de N-fertilizante com a percentagem de infestação de internódios com sintomas de podridão vermelha, verificou-se

efeito linear significativo entre as variáveis (Figura 14). A análise de regressão entre as doses de N-fertilizante e a percentagem de infestação foi significativa, com coeficiente de determinação igual a 0,38, no mês de abril de 2010.

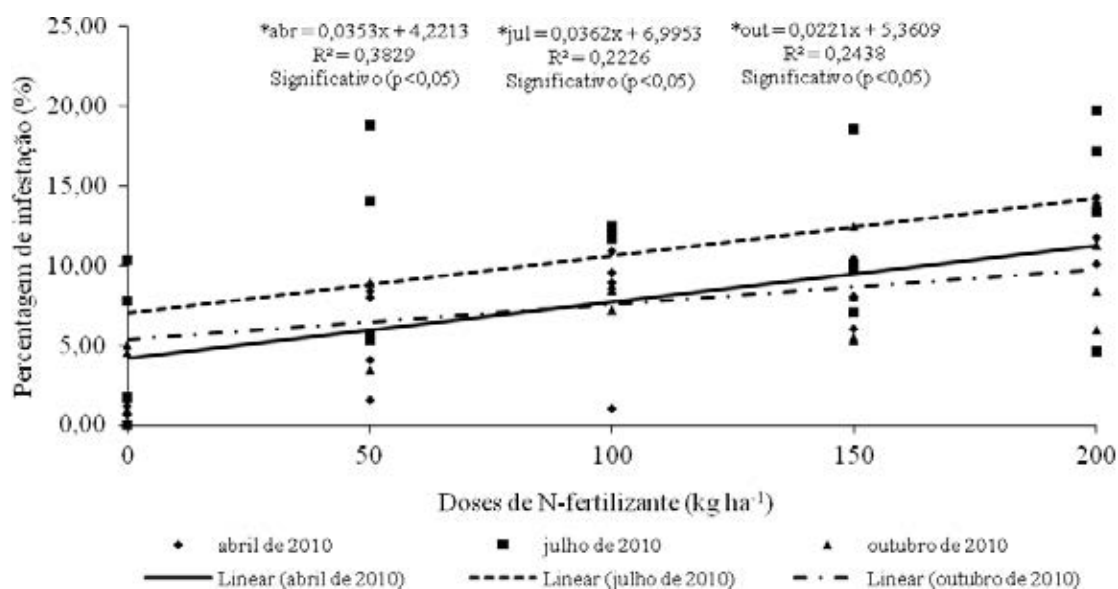


Figura 14. Percentagem de infestação de internódios com *D. saccharalis* e com sintomas de podridão vermelha em razão de diferentes doses de N-fertilizante, em cana-de-açúcar irrigada por gotejamento, nos meses de abril (208 DAC), julho (291 DAC) e outubro (381 DAC), safra de 2010.

O aumento da aplicação de nitrogênio proporcionou uma maior percentagem de infestação em julho de 2010, ocasionada pelo ataque do complexo broca-podridões, com destaque para a maior dose que apresentou uma infestação de aproximadamente 14%. Quanto à análise de regressão entre doses de N-fertilizante e à percentagem de infestação, houve uma resposta linear positiva significativa, com coeficiente de determinação de 0,22 (Figura 14).

Em relação à percentagem de infestação no mês de outubro de 2010, houve uma resposta linear significativa entre os fatores doses de N *versus* percentagem de infestação ( $R^2 = 0,24$ ;  $P < 0,05$ ), onde a percentagem de internódios com podridão vermelha aumentou de forma linear positiva com a maior aplicação de N-fertilizante (Figura 14).

Não houve resposta significativa entre os fatores doses de N *versus* percentagem de infestação, na amostragem de março de 2011. Os resultados de infestação nas parcelas foram próximos à zero, com exceção do tratamento 200 kg ha<sup>-1</sup> de N, com aproximadamente dois por cento de internódios com sintomas de podridão vermelha (Figura 15). Apesar de apresentar baixa infestação em julho de 2011, houve resposta significativa entre os fatores doses de N *versus* percentagem de infestação ( $R^2 = 0,22$ ;  $P < 0,05$ ). As maiores porcentagens de colmos com podridão vermelha foram observadas nos tratamentos com 150 Kg ha<sup>-1</sup> de N (3,05) e 200 kg ha<sup>-1</sup> de N (3,32), conforme descrito na Figura 15.

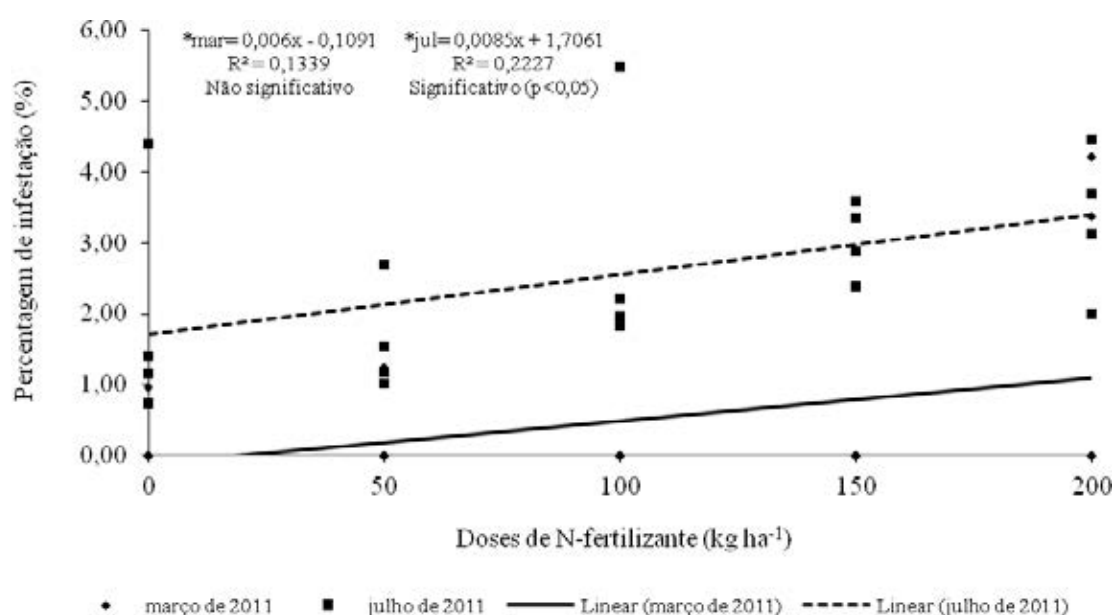


Figura 15. Percentagem de infestação de internódios com sintomas de podridão vermelha em razão de diferentes doses de N-fertilizante, em cana-de-açúcar irrigada por gotejamento, nos meses de março (165 DAC) e julho (285 DAC), safra de 2011.

Com exceção da avaliação realizada em março, safra de 2011, os resultados sugerem que a percentagem de internódios com sintomas de podridão vermelha responde de forma linear positiva com o aumento da dose de N-fertilizante aplicada no manejo de cana-de-açúcar irrigada por gotejamento. A avaliação de março de 2011 provavelmente foi prejudicada pela baixa infestação de *D. saccharalis*, onde verificou-se baixo número de

orifícios e, conseqüentemente, poucos danos observados pelos fungos causadores da podridão vermelha, como detalhado no “experimento 1”.

Embora o aumento das doses de N-fertilizante tenha propiciado uma maior percentagem de infestação de *D. saccharalis* em colmos de cana-de-açúcar, o grau de infestação ficou entre mediano e baixo em todos os tratamentos. De acordo com Guagliumi (1972), a intensidade da infestação é classificada quanto ao grau, utilizando a seguinte escala: 0-5% (baixa); 6-10% (moderada); 11-15% (mediana); 16-25% (elevada); além de 26% (muito elevada).

O aumento da dose de nitrogênio mostrou-se efetivo para a variável produtividade (TCH) em cana-de-açúcar em todos os meses de 2010 (Figura 16). A relação entre as doses de N-fertilizante e a produtividade de colmos (TCH) foi significativa e apresentou coeficiente de determinação de 0,65, 0,68 e 0,92 para os meses de abril, julho e outubro, respectivamente. Nos três meses de avaliação, a maior produção de colmos foi obtida na aplicação de 200 kg ha<sup>-1</sup>, com produtividade de 74 Mg ha<sup>-1</sup>, 91,5 Mg ha<sup>-1</sup> e 120,5 Mg ha<sup>-1</sup>, respectivamente para os meses de abril, julho e outubro.

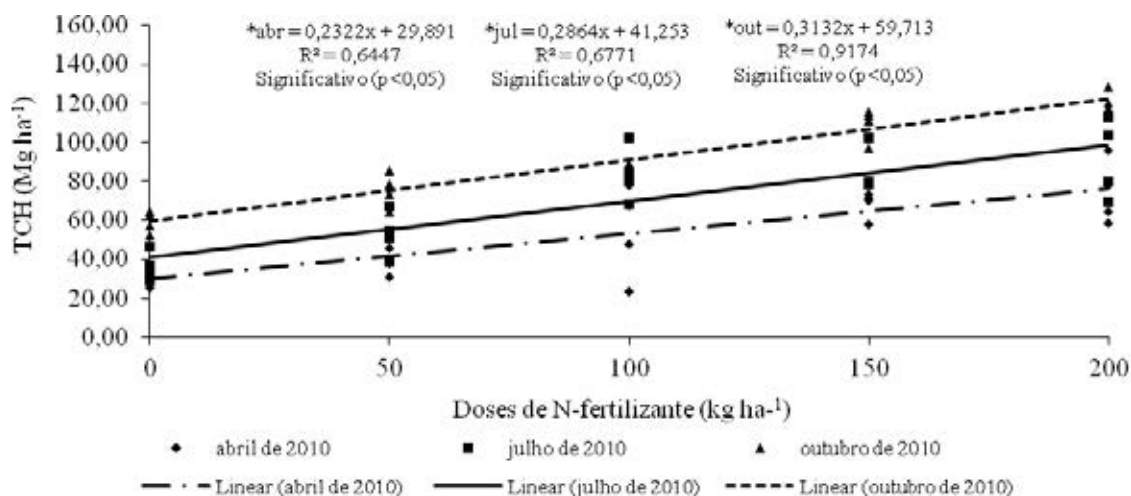


Figura 16. Toneladas de colmos por hectare (TCH) (Mg ha<sup>-1</sup>) em razão de diferentes doses de N-fertilizante, em cana-de-açúcar irrigada por gotejamento, nos meses de abril (208 DAC), julho (291 DAC) e outubro (381 DAC), safra de 2010.

Do mesmo modo que a safra anterior (2010), as avaliações de março e julho de 2011 revelaram resultados semelhantes. A utilização de doses mais elevadas de N-

fertilizante no manejo de cana-de-açúcar irrigada proporcionou aumento significativo na produtividade de colmos. O tratamento com  $200 \text{ kg ha}^{-1}$  de N possibilitou maior produção de colmos, tanto no mês de março ( $45,3 \text{ Mg ha}^{-1}$ ) quanto em julho ( $84,82 \text{ Mg ha}^{-1}$ ) de 2011 (Figura 17).

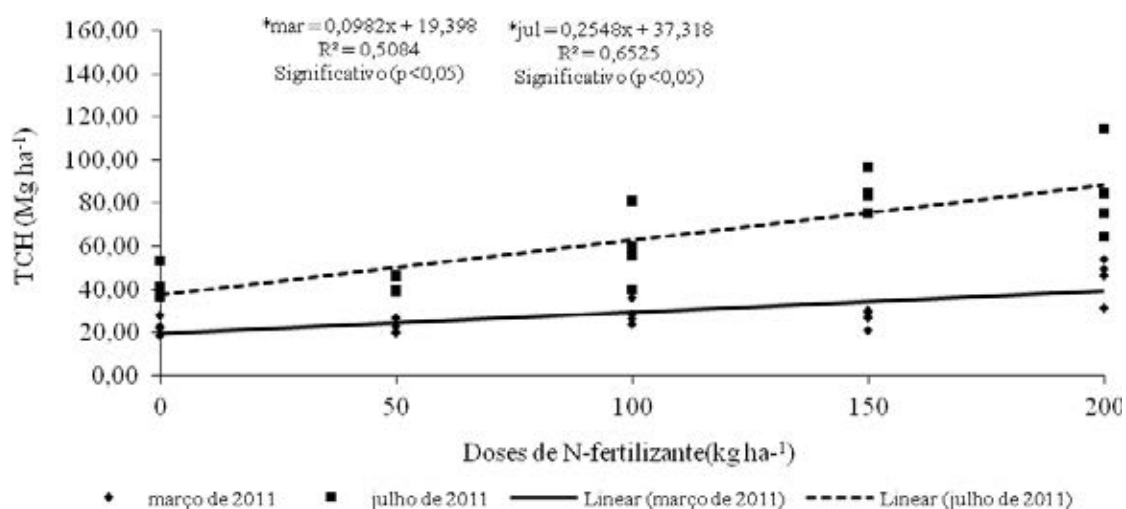


Figura 17. Toneladas de colmos por hectare (TCH) ( $\text{Mg ha}^{-1}$ ) em razão de diferentes doses de N-fertilizante, em cana-de-açúcar irrigada por gotejamento, nos meses de março (165 DAC) e julho (285 DAC), safra de 2011.

Resultados semelhantes foram observados por Moura et al. (2005), onde o rendimento de colmos apresentou comportamento linear positivo com o aumento da adubação por cobertura de N e K, em cana-de-açúcar sob irrigação ou manejo de sequeiro. Bologna-Campbell (2007) constatou resposta linear do cultivar de cana-de-açúcar SP80-3280 à adubação nitrogenada em plantio, com um aumento médio de 55 % na produção obtida na maior dose ( $120 \text{ kg ha}^{-1}$ ) em relação à testemunha.

Apesar de observada uma elevação da percentagem de internódios com podridão vermelha com o aumento das doses de N-fertilizante, também foram obtidas maiores produtividades com o aumento da disponibilidade deste nutriente, via fertirrigação. Diferentemente dos resultados obtidos no presente trabalho, onde se obteve uma resposta linear positiva entre a quantidade de nitrogênio aplicada e a percentagem de infestação de *D.*

*saccharalis*, Bortoli et al. (2005) verificaram que as doses intermediárias (10 e 20g de N por 10 L de solo) apresentaram médias de infestação menores (57,41 e 49,70 %) que as doses de 5g e 40g de N por 10 L de solo (70,53 e 65,47 %), na cultura do sorgo, em casa-de-vegetação. A influência da adubação nitrogenada na incidência de diversas pragas tem sido o enfoque de algumas pesquisas na literatura, porém são poucos os trabalhos que correlacionam a incidência da praga, a adubação nitrogenada e a irrigação com a produtividade final da cultura, principalmente em cana-de-açúcar.

Houve resposta linear significativa entre as variáveis doses de N x produtividade de açúcar (TPH), nos três meses de avaliação para a safra de 2010. Este fato ocorreu provavelmente devido ao aumento significativo da produtividade de colmos ( $\text{Mg ha}^{-1}$ ) sob doses mais elevadas de nitrogênio (Figura 18).

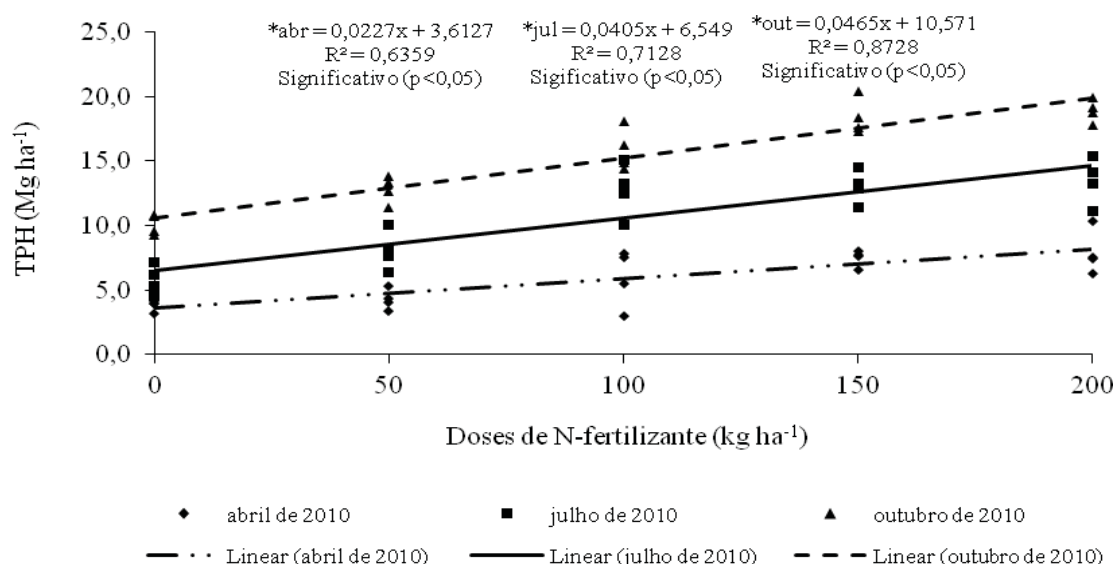


Figura 18. Toneladas de açúcar por hectare (TPH) ( $\text{Mg ha}^{-1}$ ) em razão de diferentes doses de N-fertilizante, em cana-de-açúcar irrigada por gotejamento, nos meses de abril (208 DAC), julho (291 DAC) e outubro (381 DAC), safra de 2010.

Assim como a variável produtividade de colmos (TCH), as maiores produtividades de açúcar (TPH) foram alcançadas nas maiores doses de nitrogênio ( $200 \text{ kg ha}^{-1}$ ), com 7,9, 13,5 e  $18,9 \text{ Mg ha}^{-1}$  para os meses de abril, julho e outubro, respectivamente (Figura 18).

Nas avaliações da safra de 2011, também foi obtido resposta linear significativa entre as doses de nitrogênio aplicadas e a produtividade de açúcar (TPH), para os meses de março ( $R^2= 0,44$ ) e julho ( $R^2= 0,62$ ), com 5 % de significância, conforme observado na Figura 19.

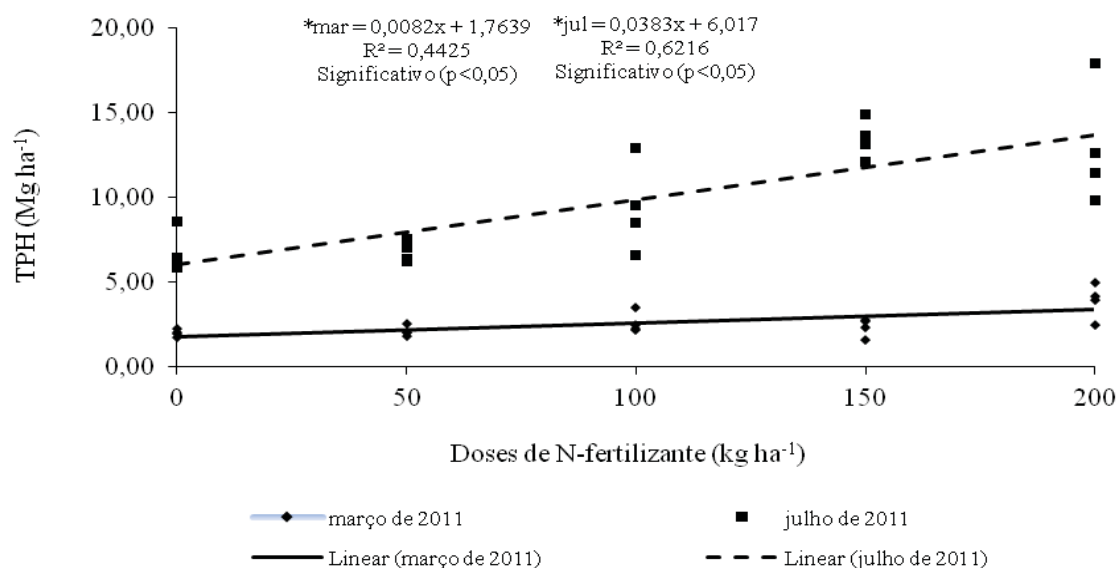


Figura 19. Toneladas de açúcar por hectare (TPH) ( $\text{Mg ha}^{-1}$ ) em razão de diferentes doses de N-fertilizante, em cana-de-açúcar irrigada por gotejamento, nos meses de março (165 DAC) e julho (285 DAC), safra de 2011.

As maiores produtividades de açúcar nos meses de março e julho de 2011 (Figura 19) também estão relacionadas à produtividade de colmos (Figura 17). O maior valor para março foi de  $3,90 \text{ Mg ha}^{-1}$  e para julho foi de  $14,43 \text{ Mg ha}^{-1}$ , ambas na dose de  $150 \text{ kg ha}^{-1}$  de N. Mesmo conhecido que infestações mais elevadas do complexo broca-podridões afetam o peso e o teor de açúcar dos colmos em cana-de-açúcar, o incremento na produtividade foi significativo e muito maior que a infestação do complexo broca-podridão, justificando assim utilização de maiores doses de nitrogênio em cana-de-açúcar irrigada.

Quanto à percentagem de açúcar (Tabela 14), em abril de 2010, o aumento da dose de N-fertilizante influenciou negativamente o acúmulo de açúcar no interior dos colmos de cana-de-açúcar irrigada.

Tabela 14. Percentagem de açúcar (PCC) em razão de diferentes doses de N-fertilizante, em cana-de-açúcar irrigada por gotejamento, nos meses de abril, julho e outubro, safra de 2010; março e julho, safra de 2011.

Doses de N (kg ha <sup>-1</sup> )	04/10	07/10	10/10	Média	03/11	07/11	Média
	-----PCC(%)-----						
0	12,36	16,11	17,05	15,17	8,71	15,84	12,28
50	11,22	15,33	17,04	14,53	9,33	15,86	12,59
100	11,32	15,18	17,53	14,68	8,97	15,87	12,42
150	11,04	15,31	16,86	14,40	8,69	15,82	12,25
200	10,66	14,95	15,70	13,77	8,53	15,23	11,88
Média	11,32	15,37	16,84	14,51	8,84	15,72	12,28
CV(%)	7,87	6,51	4,53	3,94	6,79	2,20	1,93
F – reg. linear	6,46*	2,19ns	5,69*	10,52*	1,09ns	5,33*	9,11*
R <sup>2</sup>	0,79	-	0,91	0,84	-	0,52	0,95

\* significativo pelo teste F (P<0,05), ns – não significativo, R<sup>2</sup> - coeficiente de determinação.

Na segunda época de avaliação, safra 2010, a PCC não foi influenciada pelo aumento de nitrogênio disponível no solo (Tabela 14).

Em outubro de 2010, houve resposta entre as variáveis doses de N *versus* percentagem de açúcar (R<sup>2</sup>= 0,91; P<0,05), onde a percentagem de açúcar reduziu de forma linear com a maior aplicação de N-fertilizante (Tabela 14).

Para a média das avaliações, safra de 2010, os resultados sugerem que a percentagem de açúcar respondeu de forma linear negativa com o aumento da dose de N-fertilizante (R<sup>2</sup>= 0,84; P<0,05) aplicada no manejo de cana-de-açúcar irrigada por gotejamento subsuperficial (Tabela 14).

Não houve resposta significativa entre os fatores doses de N *versus* percentagem de açúcar, em março de 2011.

Quanto à avaliação de julho de 2011, houve resposta significativa (P<0,05) entre os parâmetros, de forma linear negativa e coeficiente de determinação de aproximadamente 0,52. O aumento da dose de N-fertilizante reduziu a percentagem de açúcar nas parcelas (Tabela 14).



Do mesmo modo que a safra anterior (2010), a média dos resultados obtidos neste ano agrícola evidenciaram uma relação significativa ( $P < 0,05$ ) entre as variáveis doses de N e percentagem de açúcar (PCC), com coeficiente de determinação de 0,95. O aumento das doses de N-fertilizante em cana-de-açúcar irrigada afetou negativamente a percentagem de açúcar (PCC) nas duas safras. Esse fato ocorreu, possivelmente, ao estímulo de crescimento vegetativo proporcionado pela elevação do nitrogênio disponível para a planta, fazendo com que a cana-de-açúcar tenha mais capacidade de produzir carboidratos (biomassa), diluindo a concentração de açúcares no colmo, e conseqüentemente diminuindo sua qualidade industrial (MUCHOW et al., 1996).

Muchow et al. (1996) verificaram que os valores de PCC diminuíram de 16,1 para 13,1%, quando se aumentou a dose de N de 56 para 268 kg ha<sup>-1</sup>, em cana-de-açúcar submetida à diferentes doses de N em sistema de sequeiro. Este efeito também foi observado por Uribe (2010) em cana-de-açúcar irrigada, onde a elevação da dose de N-fertilizante reduziu a percentagem de açúcar nos colmos.

Conseqüentemente, o ATR que é diretamente relacionado com o PCC, obteve a mesma resposta linear para os meses de abril e outubro de 2010, com coeficientes de determinação de 0,79 e 0,40, respectivamente (Tabela 15).

Tabela 15. Açúcar total recuperável (ATR) em razão de diferentes doses de N-fertilizante, em cana-de-açúcar irrigada por gotejamento, nos meses de abril, julho e outubro, safra de 2010; março e julho, safra de 2011.

Doses de N (kg ha <sup>-1</sup> )	04/10	07/10	10/10	Média	03/11	07/11	Média
-----ATR-----							
0	123,81	157,00	166,22	149,01	92,69	157,39	125,04
50	113,43	150,40	164,15	142,66	97,91	157,73	127,82
100	114,52	149,09	170,51	144,70	94,81	157,91	126,36
150	111,94	150,41	164,41	142,25	92,55	157,28	124,91
200	108,68	147,20	154,15	136,67	91,18	151,97	121,57
Média	114,47	150,82	163,89	143,06	93,83	156,45	125,14
CV(%)	6,99	6,21	4,43	3,69	5,37	2,06	1,55
F – reg. linear	6,29*	1,75ns	4,34*	9,06*	1,11ns	4,92*	10,24*
R <sup>2</sup>	0,79	-	0,40	0,79	-	0,50	0,95

\* significativo pelo teste F (P<0,05), ns – não significativo, R<sup>2</sup> - coeficiente de determinação.

Apesar da avaliação realizada em julho de 2010 não apresentar resposta significativa, a média dos resultados de ATR desta safra (2010) obtiveram uma resposta linear à aplicação de N, via sistema de irrigação subsuperficial, obtendo coeficiente de determinação de 0,79.

Quanto ao ATR, safra de 2011, este atributo tecnológico foi influenciado apenas na avaliação realizada aos 285 DAC (julho), com resposta significativa (R<sup>2</sup>= 0,50; P<0,05) entre as variáveis doses de N *versus* açúcar total recuperável (ATR) (Tabela 17).

A média dos resultados de ATR observadas para esta safra (2011) verificou uma resposta linear negativa, com coeficiente de determinação de 0,95. Estes resultados corroboram com a safra anterior (2010), e sugerem que o aumento das doses de N-fertilizante afetou negativamente o ATR da cana-de-açúcar irrigada (Tabela 15).

O aumento do número de orifícios proporcionou aumento linear significativo (P<0,05) no número de internódios com podridão vermelha, nas cinco épocas de amostragem (Tabela 16). Os meses de julho e outubro de 2010 e julho de 2011 mostraram os maiores coeficientes de correlação (acima de 0,90).

Tabela 16. Correlações entre número de internódios com sintomas de podridão vermelha e orifícios em cana-de-açúcar, no ensaio de diferentes doses de N-fertilizante, em cinco épocas de avaliação, safras de 2010 e 2011.

Épocas de avaliação	Equação	r
abril de 2010	$y = 0,2245x + 6,0855$	0,8493*
julho de 2010	$y = 0,4729x + 0,674$	0,9714*
outubro de 2010	$y = 0,4318x + 1,6253$	0,9289*
março de 2011	$y = 0,02349x - 0,2045$	0,7815*
julho de 2011	$y = 0,4694x - 0,4335$	0,9639*

\*Significativo ( $P < 0,05$ )

A respeito da correlação total do número de orifícios x número de internódios com podridão nas cinco épocas de amostragem, verificou-se uma correlação linear positiva entre os fatores, obtendo uma razão de aproximadamente 2,5:1; ou seja, em média a cada 2,5 números de orifícios encontrados verificou-se um internódio com podridão vermelha em cana-de-açúcar neste experimento (Figura 20). (Para o cálculo da razão entre os parâmetros foi excluído o mês de março de 2011, devido à baixa incidência de broca observada no período, assim como no “experimento 1”).

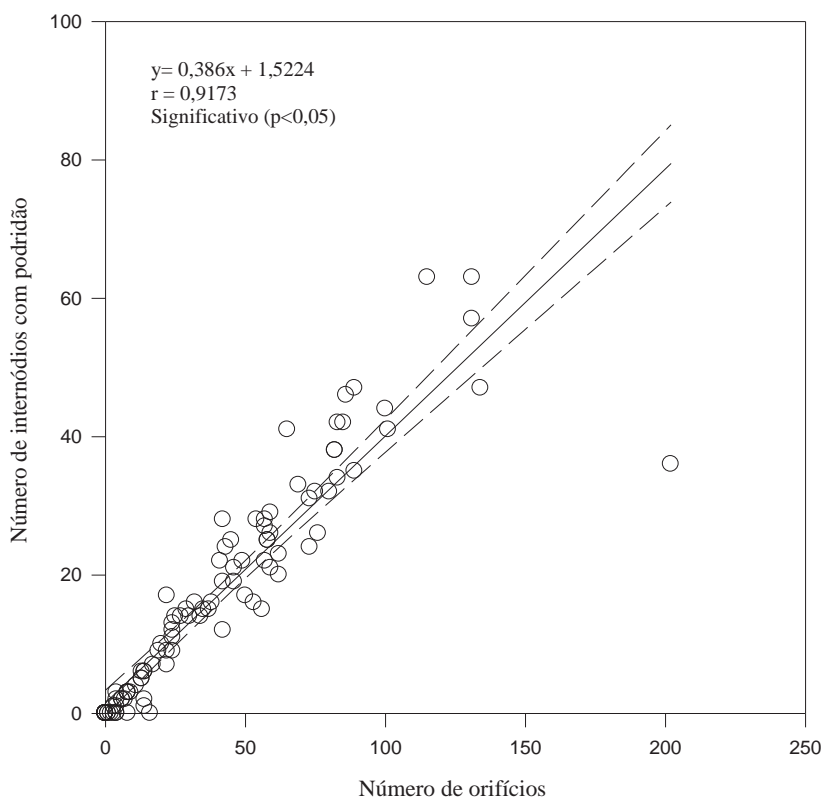


Figura 20. Número de internódios com sintomas de podridão vermelha em razão do número de orifícios em cana-de-açúcar, nas cinco avaliações, safra de 2010 e 2011.

Os resultados observados corroboram os do experimento anterior (experimento 1), onde foi obtida uma correlação linear positiva, entre os parâmetros número de orifícios *versus* número de internódios com podridão vermelha, com coeficiente de correlação superior a 0,90. Do mesmo modo, a razão observada entre os fatores também foi de aproximadamente 2,5:1 nos dois experimentos. Estes resultados sugerem uma correlação direta entre os parâmetros, sendo que a cada 2,5 orifícios originados pelo ataque da lagarta de *D. saccharalis*, exista um internódio que apresente danos ocasionados pelos fungos causadores da podridão vermelha em cana-de-açúcar.

Pela distribuição dos pontos observados na Figura 21, observa-se uma correlação linear negativa entre os fatores número de internódios com podridão vermelha e PCC, no mês de abril de 2010.

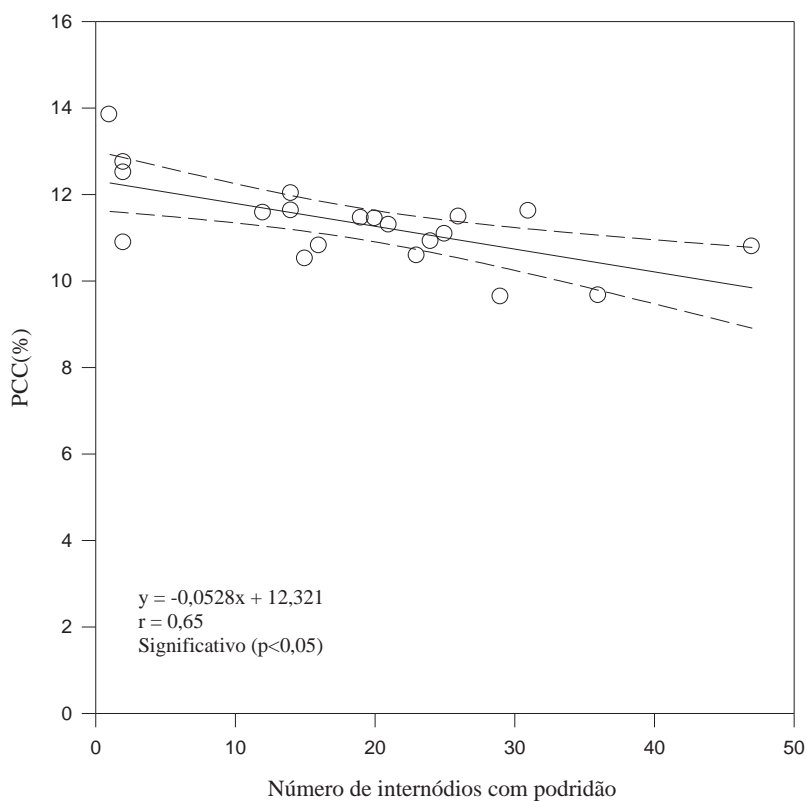


Figura 21. Percentagem de açúcar (PCC) em razão do número de internódios com sintomas de podridão vermelha em cana-de-açúcar, no mês de abril (208 DAC), na safra de 2010.

Quanto à avaliação de julho de 2010, houve interação significativa ( $P < 0,05$ ) entre os parâmetros, com resposta linear negativa e coeficiente de correlação de aproximadamente 0,71. O aumento do número de internódios com podridão vermelha reduziu a percentagem de açúcar nas parcelas de cana-de-açúcar irrigada (Figura 22).

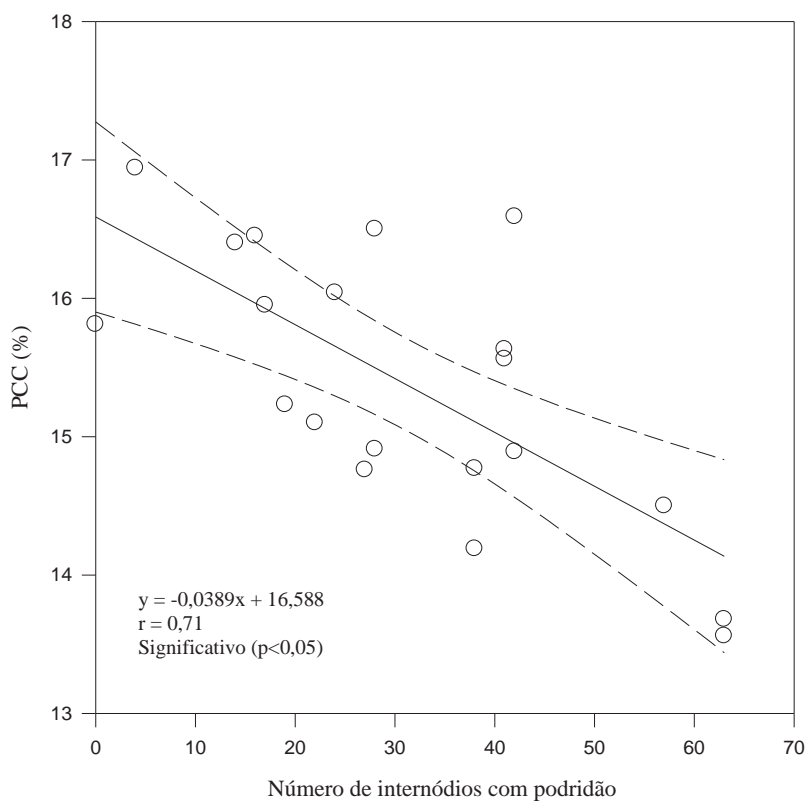


Figura 22. Percentagem de açúcar (PCC) em razão do número de internódios com sintomas de podridão vermelha em cana-de-açúcar, no mês de julho (291 DAC), na safra de 2010.

O mesmo comportamento foi observado entre as variáveis, em outubro de 2010, apresentando correlação negativa entre o número de internódios com podridão com a PCC. O aumento do número de internódios com podridão respondeu de forma linear negativa com a percentagem de açúcar da cana (PCC), com coeficiente de correlação 0,60, conforme ilustra a Figura 23.

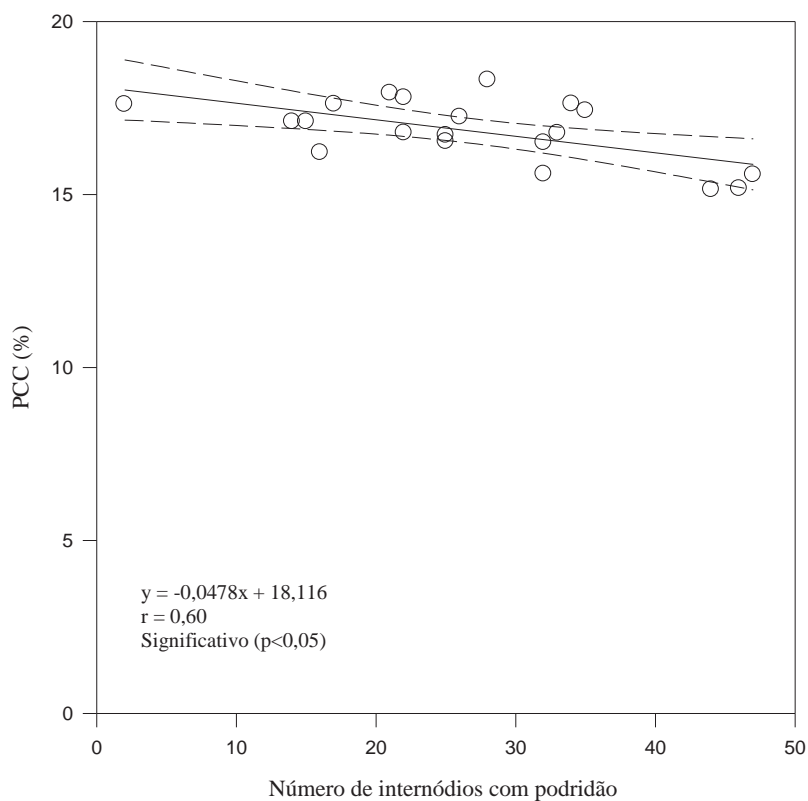


Figura 23. Percentagem de açúcar (PCC) em razão do número de internódios com sintomas de podridão vermelha em cana-de-açúcar, no mês de outubro (381 DAC), na safra de 2010.

Também como no experimento anterior, não houve correlação significativa entre as variáveis número de internódios com podridão vermelha *versus* PCC (Figura 24) em março de 2011. Do mesmo modo, a baixa infestação das parcelas nesta avaliação comprometeram a interação entre os fatores, provavelmente, devido às condições ambientais (menores temperaturas) e ao controle biológico aplicado, através da liberação de *C. flavipes*, na safra anterior.

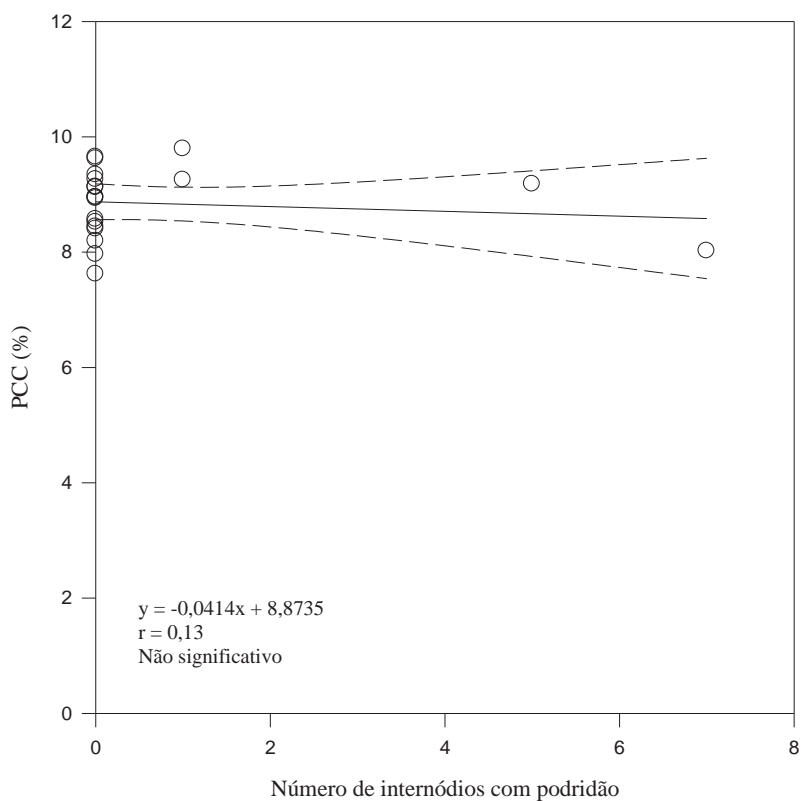


Figura 24. Percentagem de açúcar (PCC) em razão do número de internódios com sintomas de podridão vermelha em cana-de-açúcar, no mês de março (135 DAC), na safra de 2011.

Em julho de 2011, com 285 DAC, o número de internódios com podridão vermelha observados nos tratamentos não afetou a percentagem de açúcar (Figura 25).



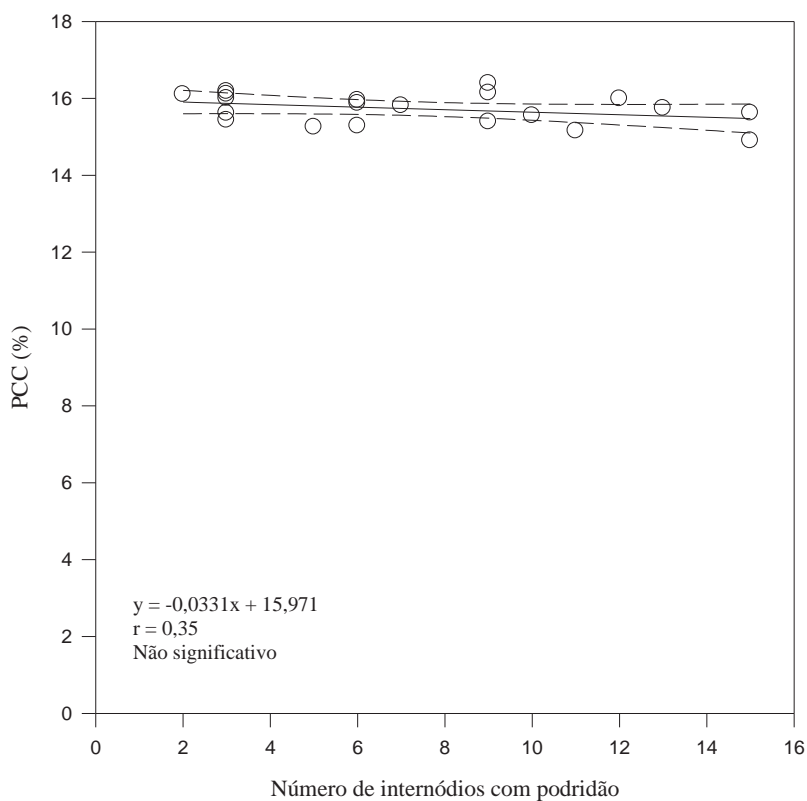


Figura 25. Percentagem de açúcar (PCC) em razão do número de internódios com sintomas de podridão vermelha em cana-de-açúcar, no mês de julho (285 DAC), na safra de 2011.

Os mesmos resultados foram observados no experimento anterior, onde possivelmente, a baixa infestação da avaliação anterior e as condições ambientais adversas observadas nesta época de avaliação, além do controle biológico exercido nas parcelas do ensaio influenciaram diretamente a interação.

Apesar da baixa infestação e condições adversas observadas na safra de 2011, os dados da safra 2010 sugerem que o aumento do número de internódios com podridão vermelha ocasiona uma diminuição na porcentagem de açúcar encontrada nos colmos de cana-de-açúcar irrigada por gotejamento, confirmando os dados obtidos no “experimento 1”.

#### 4.1.2.1 Margem de contribuição agrícola da soqueira de cana-de-açúcar fertirrigada com N-fertilizante no manejo irrigado por gotejamento (Experimento 2)

As margens de contribuição agrícola, na safra de 2009/2010, foram positivas e o maior rendimento foi observado no tratamento com 150 kg ha<sup>-1</sup> de N, com lucro de R\$6.386,93 ha<sup>-1</sup> (Tabela 17). Apesar do tratamento com 200 kg ha<sup>-1</sup> de N apresentar maior receita bruta devido à maior produtividade, o ganho em TCH não foi suficiente para cobrir os custos de CCT e da adubação nitrogenada.

Tabela 17. Rendimento financeiro em função das doses de N-fertilizante aplicadas em cana-de-açúcar (4º corte) irrigada por gotejamento, colhida em outubro de 2010 (381 DAC).

Doses de N	TCH	ATR	Açúcar	Receita Bruta	Custo CCT	Custo N (Uréia)	Custo Total	MCA
kg ha <sup>-1</sup>	t. ha <sup>-1</sup>	kg t. <sup>-1</sup>	kg ha <sup>-1</sup>	-----R\$ ha <sup>-1</sup> -----				
0	59,21	166,22	9830,60	4931,03	1184,12	0,00	1184,12	3746,90
50	75,35	164,15	12329,60	6184,53	1507,07	141,00	1648,07	4536,46
100	90,74	170,51	15475,11	7762,31	1814,73	282,00	2096,73	5665,58
150	109,35	164,41	17936,43	8996,91	2186,98	423,00	2609,98	6386,93
200	120,50	154,15	18567,28	9313,35	2409,92	564,00	2973,92	6339,43

TCH= Toneladas de colmos industrializáveis por hectare; Açúcar total recuperável por tonelada de colmos; Açúcar= TCH x ATR; Receita Bruta= Açúcar x 0,5016 (Preço do ATR); CCT= custo do corte, carregamento e transporte ( CCT= R\$ 20,00 t.<sup>-1</sup> – preço médio empresa Guarani S/A); Custo CCT= CCT x TCH; Custo de N (Uréia): Custo da adubação nitrogenada ( R\$1.270,00 t.<sup>-1</sup> – Uréia= 45% de N); Custo total= CCT + Custo N. MCA: Margem de Contribuição Agrícola (MCA= Receita bruta – Custo total).

A tabela 18 apresenta o rendimento financeiro das diferentes dosagens de N-fertilizante aplicadas em cana-de-açúcar irrigada por gotejamento, colhida em agosto de 2011 (315 DAC).

Tabela 18. Rendimento financeiro em função das doses de N-fertilizante aplicadas em cana-de-açúcar (5º corte) irrigada por gotejamento, colhida em agosto de 2011 (315 DAC).

Doses de N	TCH	ATR	Açúcar	Receita Bruta	Custo CCT	Custo N (Uréia)	Custo Total	MCA
kg ha <sup>-1</sup>	t. ha <sup>-1</sup>	kg t. <sup>-1</sup>	kg ha <sup>-1</sup>	-----R\$ ha <sup>-1</sup> -----				
0	41,92	154,28	6464,03	3242,36	838,26	0,00	838,26	2404,10
50	48,06	151,03	7221,38	3622,24	961,19	141,00	1102,19	2520,06
100	57,02	153,51	8815,48	4421,85	1140,37	282,00	1422,37	2999,48
150	60,94	157,90	9597,49	4814,10	1218,85	423,00	1641,85	3172,25
200	65,56	146,24	9572,49	4801,56	1311,22	564,00	1875,22	2926,35

TCH= Toneladas de colmos industrializáveis por hectare; Açúcar total recuperável por tonelada de colmos; Açúcar= TCH x ATR; Receita Bruta= Açúcar x 0,5016 (Preço do ATR); CCT= custo do corte, carregamento e transporte ( CCT= R\$ 20,00 t.<sup>-1</sup> – preço médio empresa Guarani S/A); Custo CCT= CCT x TCH; Custo de N (Uréia): Custo da adubação nitrogenada ( R\$1.270,00 t.<sup>-1</sup> – Uréia= 45% de N); Custo total= CCT + Custo N. MCA: Margem de Contribuição Agrícola (MCA= Receita bruta – Custo total).

A colheita do segundo experimento foi antecipada devido a incidência de fogo acidental, por isso apresentou menor rendimento que a colheita anterior. Além disso, foram observadas menores temperaturas durante esta safra (item 3.3.1.) registrando ocorrências de geadas, onde, provavelmente afetaram negativamente o desenvolvimento da cultura neste ano agrícola.

Da mesma forma que a safra anterior, o rendimento financeiro aumentou de acordo com o aumento da adubação nitrogenada até 150 kg ha<sup>-1</sup> de N, onde foi obtida maior lucratividade nas duas colheitas. Deste modo, os dados sugerem que, nas duas safras observadas, não se justifica a utilização de doses superiores a 150 kg ha<sup>-1</sup> de N. O lucro máximo foi observado no tratamento com 150 kg ha<sup>-1</sup> de N, e a utilização de 200 kg ha<sup>-1</sup> de N parece ter sido excessiva, reduzindo o rendimento final por hectare. O cenário atual mostrou uma estreita relação da lucratividade do setor com um manejo adequado, baseado na diminuição dos custos de produção, que por sua vez, estão diretamente ligados aos preços dos insumos, como observado por Faroni (2008).

O rendimento financeiro observado pela fórmula proposta por Fernandes (2003) pode alterar em função de preços de ATR, CCT e dos adubos nitrogenados. Além disso, estas estimativas de lucro podem ser diferentes daquelas obtidas pelos produtores,

devido à diferença nos sistemas de produção, nível tecnológico, gerência da propriedade, estrutura e valores dos custos de produção (VIEIRA, 2009).

#### 4.1.2.2 Bioensaios de atratividade e preferência alimentar de *Diatraea saccharalis* (Experimento 2)

Não houve correlação significativa entre as doses de N-fertilizante *versus* número de lagartas nas seis épocas e na média geral entre as observações. A elevação da dose de nitrogênio aplicada no cultivo de cana-de-açúcar irrigada não evidenciou uma resposta linear positiva e significativa ( $P > 0,05$ ), sugerindo que não houve atratividade dos fragmentos de colmos por lagartas de quarto instar de *D. saccharalis* em função do aumento da dose de nitrogênio aplicado no campo via fertirrigação (Tabela 19).

Tabela 19. Médias ( $\pm$  EP) de lagartas de *D. saccharalis* atraídas por fragmentos de colmos de cana-de-açúcar produzidos sob diferentes doses de N-fertilizante em seis observações durante teste com chance de escolha.

Doses de N (kg ha <sup>-1</sup> )	30 min.	2 h.	6 h.	12 h.	24 h.	48 h.	Média
	-----Número de lagartas <sup>1</sup> -----						
0	0,3	1,0	1,0	1,1	1,0	1,1	0,9
50	0,5	1,0	1,0	1,1	0,9	1,4	1,0
100	0,6	1,1	1,1	1,1	1,1	1,6	1,1
150	0,6	1,1	1,2	1,2	1,2	1,1	1,1
200	1,0	1,6	1,7	1,6	1,8	1,8	1,6
Média	0,6	1,2	1,2	1,2	1,2	1,4	1,1
CV(%)	23,74	19,60	21,37	20,70	21,12	20,99	15,01
F – reg. linear	4,85 <sup>ns</sup>	1,82 <sup>ns</sup>	2,12 <sup>ns</sup>	1,09 <sup>ns</sup>	3,22 <sup>ns</sup>	0,74 <sup>ns</sup>	3,83 <sup>ns</sup>
R <sup>2</sup>	0,188	0,090	0,111	0,060	0,157	0,053	0,123

<sup>1</sup>Para análise estatística os dados foram transformados em  $(x+0,5)^{1/2}$ ; \* significativo pelo teste F ( $P < 0,05$ ), ns – não significativo, R<sup>2</sup> - coeficiente de determinação.

Resultados semelhantes foram observados no experimento 1, uma vez que tanto a aplicação de maiores doses de N-fertilizante quanto o uso da irrigação não

provocaram um aumento das lagartas atraídas por fragmentos de colmos de cana-de-açúcar (Tabela 12).

Apesar do aumento das doses de N-fertilizante em cana-de-açúcar não ter afetado a atratividade dos fragmentos por lagartas, o aumento da dose de nitrogênio mostrou-se efetivo para a variável peso seco total. A relação entre as variáveis foi significativa e apresentou coeficiente de determinação de 0,20 (Figura 26).

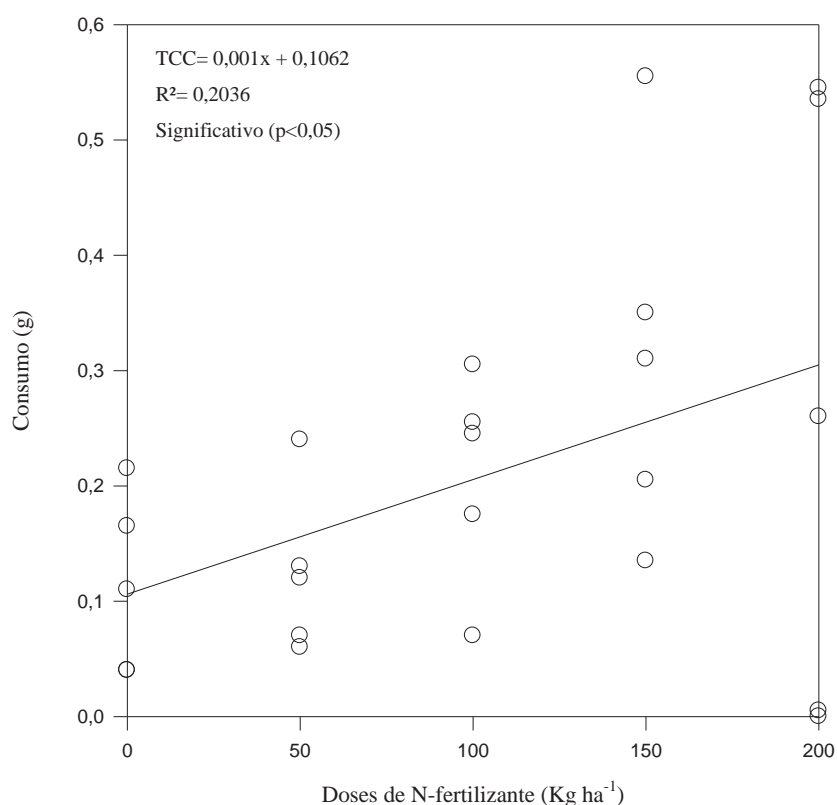


Figura 26. Médias ( $\pm$  EP) do peso seco total de fragmentos de colmos consumidos por *D. saccharalis* em cana-de-açúcar sob diferentes doses de N-fertilizante, em teste com chance de escolha.

Em relação ao consumo em teste sem chance de escolha, o mesmo comportamento foi observado que o teste com chance de escolha. Houve uma resposta linear significativa entre os fatores doses de N *versus* peso seco total ( $R^2= 0,439$ ;  $P<0,05$ ), onde o consumo de fragmentos de colmos de cana-de-açúcar por lagartas de quarto instar de *D.*

*saccharalis* aumentou de forma linear positiva com a maior aplicação de N-fertilizante (Figura 27).

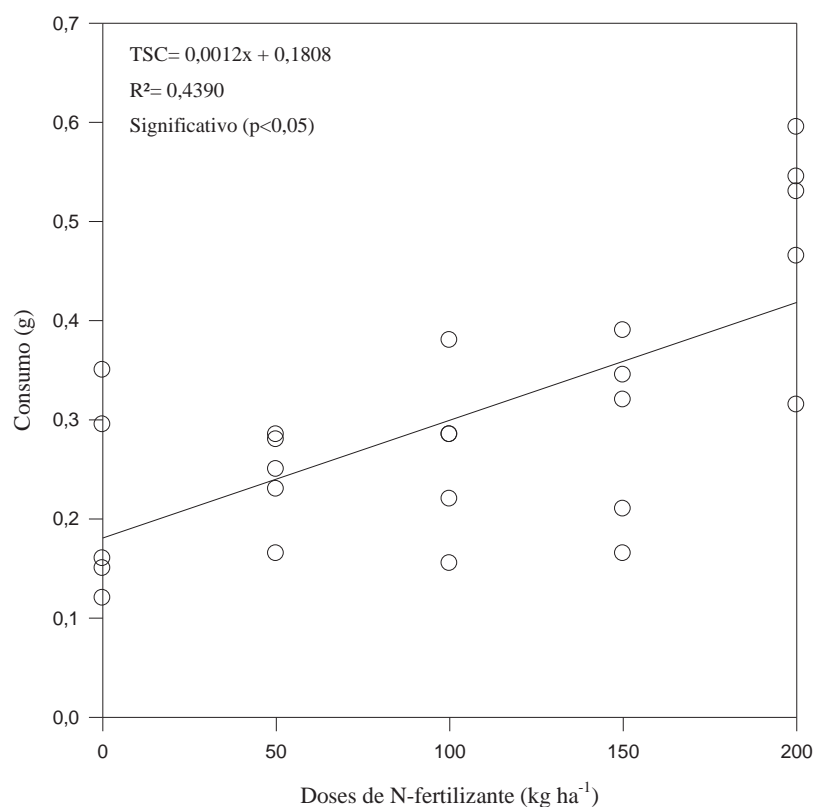


Figura 27. Médias ( $\pm$  EP) do peso seco total consumido por *D. saccharalis* em cana-de-açúcar com diferentes doses de N-fertilizante, em teste sem chance de escolha.

Estes resultados sugerem que o aumento da dose de N-fertilizante via fertirrigação proporcionou uma maior palatabilidade dos fragmentos de colmos para lagartas de *D. saccharalis*, assim, ocasionando um maior consumo. Além disso, o uso de 200 kg ha<sup>-1</sup> de N (0,49 g) obteve consumo significativamente maior em relação ao segundo material mais consumido (150 kg ha<sup>-1</sup>), com 0,29 g (Figura 27). Este fato ocorreu, possivelmente devido a doses elevadas de N, como por exemplo 200 kg ha<sup>-1</sup> poderem ocasionar desequilíbrio do nutriente na planta, tornando-a mais suscetível ao ataque da praga.

É possível também, que o uso da fertirrigação tenha proporcionado melhor absorção de N na planta, uma vez que estas necessitam de umidade adequada no solo

para poderem absorver os nutrientes necessários ao seu crescimento e desenvolvimento (SEGOVIA & LOPES FLHO, 2004). Carrijo et al. (2004) destacam que a aplicação de nitrogênio via fertirrigação é mais eficiente devido à menor perda por lixiviação e volatilização do nutriente, uma vez que este fica dissolvido na água podendo o uso da irrigação ter sido fator decisivo para a disponibilidade deste nutriente nos fragmentos de colmos das plantas.

#### **4.1.2.3 Incidência de *M. fimbriolata* (Experimento 2)**

Devido à baixa incidência nos meses de agosto e julho, não foram coletados dados sobre o número de ninfas de *M. fimbriolata* nestes períodos, razão pela qual estas avaliações não foram apresentadas na Figura 28.

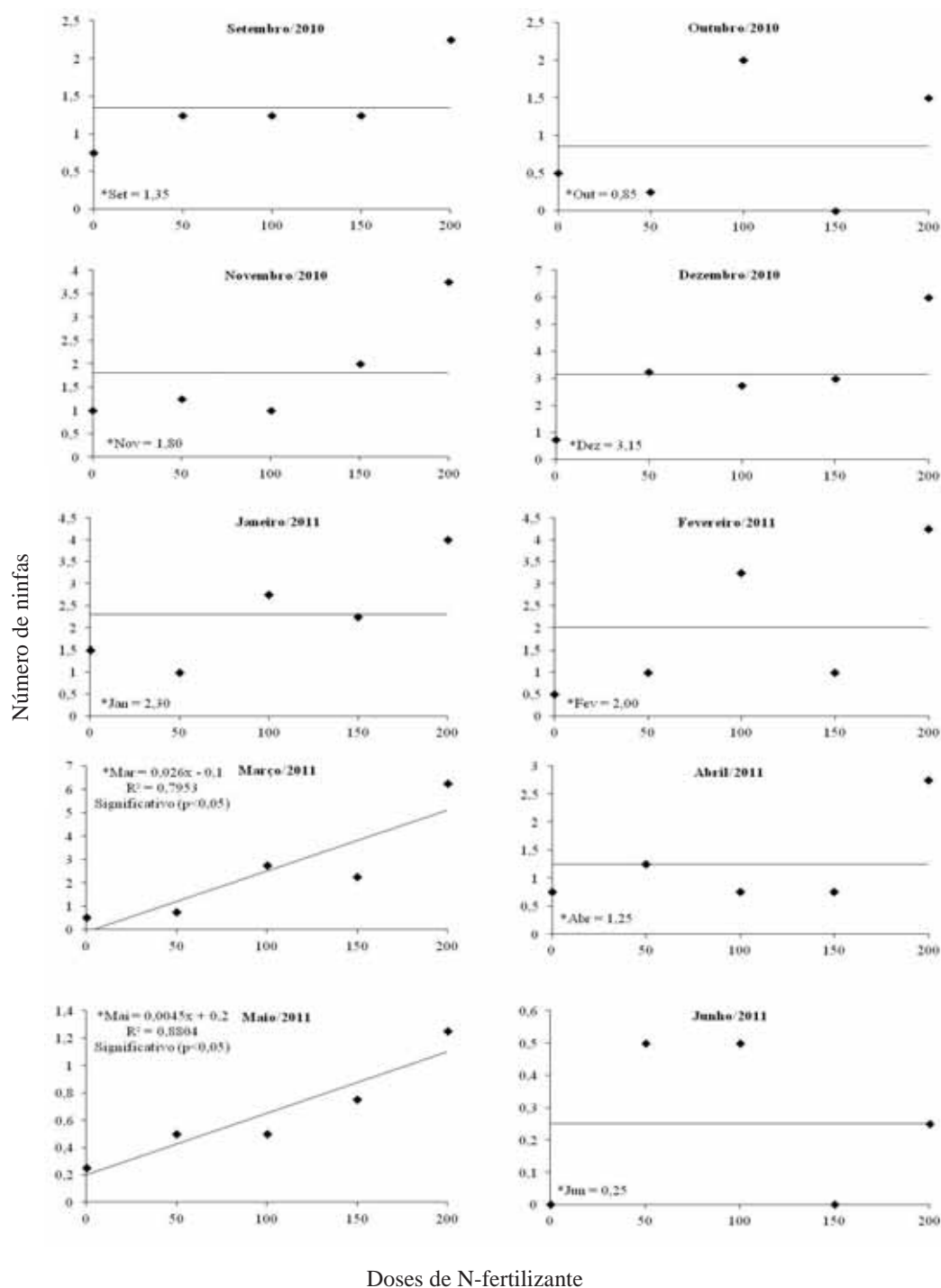


Figura 28. Número médio de ninfas de *M. fimbriolata* em razão da aplicação de diferentes doses de N-fertilizante, entre os meses de setembro de 2010 e junho de 2011, safras 2010 e 2011, em cana-de-açúcar irrigada, Jaú, SP.



Pela mesma figura verifica-se que não houve correlação significativa entre as doses de N-fertilizante *versus* número de ninfas para os meses de setembro, outubro, novembro e dezembro de 2010 e para os meses de janeiro, fevereiro, abril e junho de 2011. Nestes meses de amostragem, a elevação da dose de nitrogênio aplicada no cultivo de cana-de-açúcar irrigada não evidenciou uma resposta linear positiva e significativa ( $P>0,05$ ). No entanto, a análise do tratamento com  $200 \text{ kg ha}^{-1}$  de N sugere uma incidência mais elevada e superior à média geral em todas as avaliações, com exceção ao mês de junho.

Nos meses de março e maio de 2011, verificou-se uma correlação linear positiva entre doses de N *versus* número de ninfas (Figura 28), com coeficientes de correlação de 0,89 e 0,94, respectivamente, sugerindo aumento de infestação pelo incremento da dose de nitrogênio e uso de irrigação.

Bortoli et al. (1994) ressaltam que, de maneira geral, o excesso de nitrogênio provoca um aumento na suscetibilidade das plantas ao ataque de pragas e doenças. Tingey & Singh (1980) salientam que o excesso de nitrogênio influencia de maneira expressiva a capacidade de desenvolvimento e sobrevivência de diversos artrópodos fitófagos. O nitrogênio tem um papel importante em todos os processos metabólicos e na codificação genética, onde sua quantidade e qualidade disponível dentre os componentes alimentares, geralmente, limita o crescimento e fecundidade de sugadores (BERNAYS & CHAPMAN, 1994). Sua alta disponibilidade no floema fornece uma maior quantidade nutricional para os insetos sugadores, visto que ocorre um aumento na concentração dos aminoácidos livres, proteínas e carboidratos solúveis (BUCHANAN et al., 2000). Além de estar ligado com a maturação dos tecidos e sua lignificação (TAIZ & ZEIGER, 2004).

Devido às discrepâncias encontradas entre os períodos, os resultados sobre a incidência de ninfas de *M. fimbriolata* em relação à dose de nitrogênio, aplicado durante o ciclo de cana-de-açúcar irrigada, são ainda inconclusivos, exigindo novos estudos relacionados à capacidade deste inseto em selecionar plantas com doses mais elevadas de nitrogênio.

Com relação à flutuação populacional de *M. fimbriolata* entre 2010 e 2011 (Figura 29), apesar da disponibilidade hídrica no solo proporcionada pela irrigação via gotejamento, as infestações de ninfas mantiveram-se baixas até novembro de 2010, com médias próximas a duas ninfas por metro linear nos tratamentos com  $100$  e  $200 \text{ kg ha}^{-1}$  de N.

As populações de *M. fimbriolata* se beneficiam de alta umidade no solo e, conseqüentemente, ocorrem com maior frequência em períodos chuvosos (BARBOSA et al., 1979; DINARDO-MIRANDA, 2003).

As infestações se iniciaram a partir de setembro de 2010, com picos populacionais em dezembro de 2010 e março de 2011, caindo significativamente a partir dos meses de maio/junho de 2011 (Figura 29). Dinardo-Miranda (2003) descreveu flutuação populacional semelhante à obtida em nosso estudo. Segundo este autor, na região Centro-Sul do Brasil o ciclo vital de *M. fimbriolata* inicia-se em setembro/outubro, com um ápice das populações em dezembro/janeiro e redução significativa a partir de abril, devido às mudanças nas condições de umidade e temperatura, com o início do inverno. O autor ainda afirma que podem ocorrer variações principalmente em função de estresse hídrico em janeiro/fevereiro, ocorrendo outro pico populacional secundário em março. Entretanto, em nosso estudo as infestações se mantiveram baixas em todas as avaliações para a cana-de-açúcar irrigada e cultivada sem aplicação de nitrogênio (Figura 29).

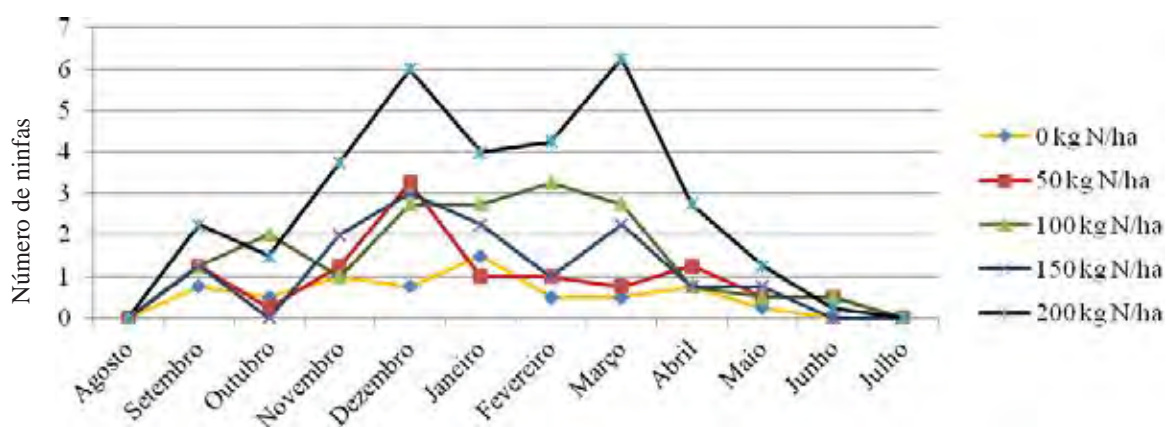


Figura 29. Número médio de ninfas de *M. fimbriolata* em razão da aplicação de diferentes doses de N-fertilizante, entre os meses de setembro de 2010 e junho de 2011, safras 2010 e 2011, em cana-de-açúcar irrigada.

Em geral, houve um aumento da infestação com o aumento da dose de N-fertilizante aplicada (Figura 29). Este fato é evidenciado nas parcelas onde se aplicou 200 kg ha<sup>-1</sup> de N, onde as populações do inseto se mantiveram mais altas, atingindo tanto o nível

de controle quanto o nível de dano econômico, durante os picos populacionais da praga. Mendonça (1996) indica o controle das cigarrinhas-das-raízes na presença de 4 a 12 ninfas  $m^{-1}$  linear de sulco. Por sua vez, Almeida (2001) adota como nível de controle 3 a 4 ninfas de *M. fimbriolata*  $m^{-1}$  linear. Dinardo-Miranda & Gil (2007) verificaram que variedades suscetíveis colhidas em final de safra atingem o nível de dano econômico entre 3 a 5 insetos por metro.

Trabalhos conduzidos por Dinardo-Miranda et al. (2001b) ilustram as diferenças entre as variedades quanto aos danos sofridos em função do ataque da praga, estabelecendo que para a SP80-1842 uma infestação média de 1 inseto  $m^{-1}$  representa uma redução de 0,60 t ATR/ha; para a SP81-3250 a redução é de 0,79 t ATR/ha, sob mesma pressão da praga. As curvas de correlação entre a infestação média de cigarrinha *versus* produtividade de açúcar destes trabalhos revelou a perda de 1 t. ATR/ha, na variedade SP80-1842 ( $y = 13,74 - 0,60X$ ;  $R^2 = 0,89$ ), caso atingisse 1,7 insetos  $m^{-1}$ , enquanto que para SP81-3250 ( $y = 11,91 - 0,79X$ ;  $R^2 = 0,98$ ), a infestação deveria ser de 1,3 insetos por metro.

Segundo o Consecana (2011), o preço do ATR em novembro de 2011 foi de R\$0,5016  $kg^{-1}$ , assim uma tonelada de ATR custa aproximadamente R\$ 501,6. Os prejuízos causados pela cigarrinha são difíceis de mensurar, pois é necessário adicionar dados da redução da produtividade agrícola e de açúcar nos processos industriais. Porém, estes danos são observados na indústria, em que o material severamente atacado diminui a capacidade de moagem, dificultando a recuperação do açúcar e inibindo a fermentação. (DINARDO-MIRANDA, 2003).

## 5 CONCLUSÕES

- A fertirrigação nitrogenada aumentou a incidência de *D. saccharalis* e, por consequência, a ocorrência de sintomas de podridão vermelha, contudo não afetaram a produtividade de colmos e açúcar;

- As diferentes doses de adubação nitrogenada e regimes hídricos não afetaram a atratividade de fragmentos de colmos de cana-de-açúcar por lagartas de quarto ínstar de *D. saccharalis*, no entanto, os tratamentos com maiores doses de N-fertilizante e irrigação aumentaram seu consumo;

- O aumento da incidência de sintomas de podridão vermelha reduziu a percentagem de açúcar nos colmos;

- A produtividade de colmos e de açúcar aumentou com a adubação nitrogenada e a disponibilidade hídrica via irrigação, porém, reduziu a percentagem de açúcar e o açúcar total recuperável (ATR);

- A maior margem de contribuição agrícola foi obtida com 150 kg ha<sup>-1</sup> de N, gerando maior rendimento financeiro;

- O uso de 200 kg ha<sup>-1</sup> de N aumentou a incidência de *M. fimbriolata* até os níveis de controle e dano econômico em cana-de-açúcar irrigada. Para a região de Jaú-SP, as infestações significativas de *M. fimbriolata* começaram a partir de setembro de 2010, com picos populacionais em dezembro de 2010 e março de 2011, reduzindo a partir dos meses de maio e junho de 2011;

## 6 REFERÊNCIAS

- AL-ZUBAID, F. S.; CAPINERA, J. C. Application of different nitrogen levels to the most plant and cannibalistic behavior of beet armyworm, *Spodoptera exigua* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae). **Environmental Entomology**, College Park, v. 12, p. 1687-1689, 1983.
- ALBUQUERQUE, G. A. C.; MARINHO, M. L. Adubação na região Norte-Nordeste. In: ORLANDO FILHO, J. (Coord.). **Nutrição e adubação da cana-de-açúcar no Brasil**. Piracicaba: Instituto do Açúcar e do Alcool, 1983. p. 267-286.
- ALMEIDA, J. E. M. Controle biológico da cigarrinha-da-raiz da cana-de-açúcar com isolados de *Metarhizium amisopliae*. In: REUNIÃO ITINERANTE DE FITOSSANIDADE DO INSTITUTO BIOLÓGICO, 5., 2001, Sertãozinho. **Anais...** Campinas: 2001. p. 35-47.
- ARCHER, T. L.; BYNUM, E. D.; ONKEN, A. B. Influence of fertilizer on southwestern corn borer, *Diatraea grandiosella*, infestation and damage to field corn. **Entomologia Experimentalis et applicata**, Dordrecht, v. 43, n. 3, p. 271-274, 1987.
- ARRIGONI, E. B. Broca da cana-de-açúcar: importância econômica e situação atual. In: ARRIGONI, E. B.; DINARDO-MIRANDA, L. L.; ROSSETTO, R. **Pragas da cana-de-açúcar: importância econômica e enfoques atuais**. Piracicaba: STAB/IAC/CTC, 2002. 1 CD-ROM.
- ATKINS, M. D. **Insects in perspective**. New York: MacMillan Publishing, 1978. p. 312-343.
- AZEVEDO, H. M. **Resposta da cana-de-açúcar a níveis de irrigação e adubação de cobertura nos tabuleiros da Paraíba**. 2002. 102 f. Tese (Doutorado em Recursos Naturais/Irrigação e Drenagem)-Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2002.

- BAKER, T. C. Chemical control of behavior. In: KERKUT, G. A.; GLIBERT, L. I. **Comprehensive insect physiology, biochemistry and pharmacology**. Oxford: Pergamon Press, 1985. chap. 9, p. 621-672.
- BARBOSA, J. T.; RISCADO, G. M.; LIMA FILHO, M. Flutuação populacional da cigarrinha da cana-de-açúcar e seus inimigos naturais em Campos- RJ, em 1977. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, Londrina, v. 8, n. 1, p. 39-46, 1979.
- BERINGER, H.; TROODENIER, G. Influence of K nutrition on the response to environmental stress. In: CONGRESS IPI. POTASSIUM RESEARCH-REVIEW AND TRENDS, 11., 1978. **Proceeding...** [S.l.: s.n.], 1978. p. 189-222.
- BERNAYS, E. A.; CHAPMAN, R. F. **Host-plant selection by phytophagous insects**. New York: Chapman & Hall, 1994. 312 p.
- BOLOGNA-CAMPBELL, I. **Balanco de nitrogênio e enxofre no sistema solo-cana-de-açúcar no ciclo de cana-planta**. 2007. 112 f. Tese (Doutorado em Agronomia/ Solos e Nutrição de Plantas)-Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2007.
- BORTOLI, S. A.; MAIA, I. G. Influência na aplicação de fertilizantes na ocorrência de pragas. In: SÁ, M. E. de; BUZZETI, S. **Importância da adubação na qualidade dos produtos agrícolas**. São Paulo: Ícone, 1994. p. 53-63.
- BORTOLLI, S. A. et al. Aspectos biológicos e danos de *Diatraea saccharalis* (Fabr., 1794) (Lepidoptera: Pyralidae) em sorgo cultivado sob diferentes doses de nitrogênio e potássio. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 29, n. 2, 257-263, mar./abr., 2005.
- BOTELHO, P. S. M. Quinze anos de controle biológico da *Diatraea saccharalis* utilizando parasitoides. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 27, p. 255-262, 1992.
- BOTELHO, P. S. M.; MACEDO, N. *Cotesia flavipes* para o controle de *Diatraea saccharalis*. In: PARRA, J. R. P. et al. **Controle biológico do Brasil: parasitoides e predadores**. São Paulo: Manole, 2002. p. 409-425.
- BUCHANAN, B. B.; GRUISSEM, W.; JONES, R. L. **Biochemistry and molecular biology of plants**. Rockville: American Society of Plant Physiologists, 2000. 1366 p.
- CALDAS, C. **Manual de análises selecionadas para indústrias sucroalcooleiras**. Maceió: Sindicato da Indústria do Açúcar e do Alcool no Estado de Alagoas, 1998. 422 p.
- AGRIANUAL. Anuário da Agricultura Brasileira 2009. São Paulo: FNP Consultoria, 496p**
- CANA. **Agrianual 2009: anuário da agricultura brasileira**. São Paulo: Instituto FNP, 2008. p. 240-242.

CANA. **Agrianual 2011**: anuário da agricultura brasileira. São Paulo: Instituto FNP, 2010. p. 228-230.

CARNAÚBA, B. A. A. O nitrogênio e a cana-de-açúcar. **STAB - Açúcar, Álcool e Subprodutos**, Piracicaba, v. 8, n. 3-4, p. 24-39, 1990.

CARRIJO, O. A. et al. **Fertirrigação de hortaliças**. Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, 2004. 13 p. (Circular Técnica, 32)

CASTRO, U.; MORALES, A., PECK, D. C. Dinamica poblacional y fenologia del salivazo de los pastos *Zulia carbonaria* (Lallemand) (Homoptera:Cercopidae) en el vale geografico del rio Cauca, Colombia. **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 34, n. 3, p. 459-470, 2005.

CHABOUSSOU, F. **Plantas doentes pelo uso de agrotóxico (a teoria da trofobiose)**. Porto Alegre: L & PM, 1987. 253 p.

COELHO, A. M. Fertirrigação. In: COSTA, E. F.; VIEIRA, R. F.; VIANA, P. A. **Quimigação**. Brasília, DF: EMBRAPA, 1994. p. 201-227.

COELHO, M. B.; BARBOSA, M. H. P.; MACIEL, M. L. Manejo da irrigação na cana-soca no cerrado de Minas Gerais. In: CONGRESSO NACIONAL DA STAB, 8., 2002, Recife. **Anais...** Recife: STAB, 2002. p. 591-598.

COLETI, J. T. et al. Remoção de macronutrientes pela cana-planta e cana-soca, em argissolos variedades RB835486 e SP813250. **STAB – Açúcar, Álcool e Subprodutos**, Piracicaba, v. 24, n. 5, p. 32-36, 2006.

CONSELHO DOS PRODUTORES DE CANA-DE-AÇÚCAR. **Manual de instruções**. 4. ed. Piracicaba, 2003. 115 p.

CONSELHO DOS PRODUTORES DE CANA-DE-AÇÚCAR. Indicadores de mercado. Piracicaba, 2011. Disponível em: <<http://www.udop.com.br/>>. Acesso em: 13 dez. 2011.

COSTA, E. F.; BRITO, R. A. L. Métodos de aplicação de produtos químicos e biológicos na irrigação pressurizada. In: COSTA, E. F.; VIEIRA, R. F.; VIANA, P. A. **Quimigação: aplicação de produtos químicos e biológicos via irrigação**. Brasília, DF: Embrapa/SPI, 1994. cap. 3, p. 85-109.

COUTINHO, E. L. M. et al. Efeito do N, P, K e calcário sobre a incidência de *Diatraea saccharalis* (Fabr., 1794) (Lep.-Pyralidae) em sorgo sacarino. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENTOMOLOGIA, 7., 1981, Fortaleza. **Resumos...** Fortaleza: SEB, 1981. p. 208.

CRUSCIOL, C. A. C. et al. SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE ECOFISIOLOGIA, MATURAÇÃO E MATURADORES EM CANA-DE-AÇÚCAR, 1., 2008, Botucatu. **Anais...** Botucatu: UNESP, 2008. 237 p.

DALRI, A. B. Irrigação em cana-de-açúcar. In: VANZOLINI, S. et al. **Atualização em produção de cana-de-açúcar**. Piracicaba: CP 2, 2006. p. 157-170.

DALRI, A. B. CRUZ, R. L. Produtividade da cana-de-açúcar fertirrigada com N e K via gotejamento subsuperficial. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 28, n. 3, p. 516-524, 2008.

DANTAS NETO, J. et al. Resposta da cana-de-açúcar, primeira soca, a níveis de irrigação e adubação por cobertura. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 10, n. 2, p. 283-288, 2006.

DEON, M. D. et al. Produtividade e qualidade da cana-de-açúcar irrigada com efluente de estação de tratamento de esgoto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 45, n. 10, p. 1149-1156, 2010.

DINARDO-MIRANDA, L. L. **Cigarrinha-das-raízes em cana-de-açúcar**. Campinas: Instituto Agrônomo, 2003. 72 p.

DINARDO-MIRANDA, L. L. Pragmas. In: DINARDO-MIRANDA, L. L.; VASCONCELOS, A. C. M.; LANDELL, M. G. A. **Cana-de-açúcar**. Campinas: Instituto Biológico, 2008. p. 349-404.

DINARDO-MIRANDA, L. L.; FERREIRA, J. M. G.; CARVALHO, P. A. M. Influência da época de colheita e do genótipo de cana-de-açúcar sobre a infestação de *Mahanarva fimbriolata* (Stal) (Hemíptera: Cercopidae). **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 30, n. 1, p. 145-149, 2001a.

DINARDO-MIRANDA, L. L. et al. Controle químico de cigarrinha-das-raízes em cana-de-açúcar. **STAB - Açúcar, Álcool e Subprodutos**, Piracicaba, v. 19, n. 4, p. 20-23, 2001b.

DINARDO-MIRANDA, L. L.; GIL, M. A. Estimativa do nível de dano econômico de *Mahanarva fimbriolata* (Stal) (Hemíptera: Cercopidae) em cana-de-açúcar. **Bragantia**, Campinas, v. 66, n. 1, p. 81-88, 2007.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília, DF, 1999. 412 p.

FARONI, C. E. **Eficiência agrônômica das adubações nitrogenadas de plantio e após o primeiro corte avaliada na primeira soca da cana-de-açúcar**. 2009. 190 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Solos e Nutrição de Plantas)-Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2008.



FERNANDES, A. C. **Cálculos na agroindústria de cana-de-açúcar**. 2. ed. Piracicaba: STAB, 2003. 240 p.

FERREIRA, P. V. **Estatística experimental aplicada à agronomia**. 3. ed. Maceió: EDUFAL, 2000. v. 1. 420 p.

FRANCO, H. C. J.; TRIVELIN, P. C. O. Adubação nitrogenada em cana-de-açúcar: reflexos do plantio à colheita. In: CRUSCIOL, C. A. C. **Tópicos em ecofisiologia da cana-de-açúcar**. Botucatu: FEPAF, 2010. 111 p.

GALLO, D.; NAKANO, O.; SILVEIRA NETO, S. **Entomologia agrícola**. Piracicaba: FEALQ, 2002. 920 p.

GARCIA, J. F. **Técnica de criação e tabela de vida de *Mahanarva fimbriolata* (Stal., 1854) (Hemiptera: Cercopidae)**. 2002. 59 f. Dissertação (Mestrado em Ciências/Entomologia)-Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

GARCIA, J. F.; BOTELHO, P. S. M.; PARRA, J. R. P. Biology and fertility life table of *Mahanarva fimbriolata* (Stal) (Hemiptera: Cercopidae) in sugarcane. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 63, p. 317-320, 2006a.

GARCIA, J. F.; MACEDO, L. P. M.; BOTELHO, P. S. M. As cigarrinhas da cana-de-açúcar. In: PINTO, A. S. **Controle de pragas da cana-de-açúcar**. Sertãozinho: Biocontrol, 2006b. p. 29-38.

GARCIA, J. F. et al. Sítio de alimentação da cigarrinha-da-raiz, *Mahanarva fimbriolata* (Stal, 1854) (Hemiptera: Cercopidae), em cana-de-açúcar. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENTOMOLOGIA, 2004, Gramado. **Resumos...** Gramado: Embrapa, 2004, p. 216.

GAVA, G. J. C. et al. Interação entre água e nitrogênio na produtividade de cana-de-açúcar (*Saccharum* sp.). In: CRUSCIOL, C. A. C. et al. **Tópicos em ecofisiologia da cana de açúcar**. Botucatu: FEPAF, 2010. p. 49-66.

GAVA, G. J. C. et al. Produtividade de três cultivares de cana-de-açúcar sob manejos de sequeiro e irrigado por gotejamento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 15, n. 3, p. 250-255, 2011.

GAVA, G. J. C. et al. Produtividade e atributos tecnológicos de três cultivares de cana-de-açúcar irrigadas por gotejamento subsuperficial. In: CONGRESSO NACIONAL DA STAB, 2008, Maceió. **Anais...** Maceió: STAB, 2008. p. 751-755.

GIBBERT, F. R. et al. Desenvolvimento de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith, 1797) em plantas de milho produzidas com diferentes doses de nitrogênio, fósforo, potássio e boro. **Revista Brasileira de Agroecologia**, Cruz Alta, v. 2, n. 2, p. 1653-1656, 2007.

- GITAHY, P. M. et al. **Perspectivas biotecnológicas de *Bacillus thuringiensis* no controle biológico da broca da cana-de-açúcar *Diatraea saccharalis***. Seropédica: EMBRAPA Agrobiologia, 2006. 44 p.
- GÓMEZ, L. L. A.; LASTRA BORJA, L. A. Insectos asociados con la caña de azúcar en Colombia. In: \_\_\_\_\_. **El cultivo de la caña en la zona azucarera de Colombia**. Cali: CENICANA, 1995. p. 237-263.
- GONÇALVES, T. D. et al. Qualidade da matéria prima em função de diferentes níveis de danos promovidos pela cigarrinha-das-raízes. **STAB - Açúcar, Álcool e Subprodutos**, Piracicaba, v. 22, n. 2, p. 29-33, 2003.
- GOUSSAIN, M. M. **Efeito da aplicação do silício em plantas de milho no desenvolvimento biológico da lagarta-do-cartucho *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith, 1797) e do pulgão-afolha *Rhopalosiphum maidis* (Fitch, 1856) (HEMIPTERA: APHIDIDAE)**. 2001. 64 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Entomologia Agrícola)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2001.
- GUAGLIUMI, P. **Pragas da cana-de-açúcar: Nordeste do Brasil**. Rio de Janeiro: IAA, 1972. 622 p. (Coleção canavieira, 10).
- GULLAN, P. J.; CRANSTON, P. J. **The insects: an outline of entomology**. London: Chapman & Hall, 1994. 491p.
- KOGAN, M. Integrated pest management: historical perspectives and contemporary development. **Annual Review of Entomology**, Palo Alto, v. 43, p. 243-270, 1998.
- KORNDORFER, G. H.; MARTINS, M. Importância da adubação na qualidade da cana-de-açúcar. **STAB - Açúcar, Álcool e Subprodutos**, Piracicaba, v. 10, n. 3, p. 26-31, 1992.
- LONG, W. H.; HENSLEY, S. D. Insect pests of sugarcane. **Annual Review of Entomology**, Palo Alto, v. 17, p. 149-176, 1972.
- LOPES, J. J. C. et al. Effects of borer/rot complex in the alcoholic fermentation of sugarcane juice. **Proceedings of International Society of Sugarcane Technologists**, Australia, v. 18, p. 902-909, 1983.
- MACEDO, D. **Seleção e caracterização de *Metarhizium anisopliae* visando o controle de *Mahanarva fimbriolata* (Hemiptera:Cercopidae) em cana-de-açúcar**. 2005. 87 f. Tese (Doutorado em Ciências/ Entomologia)-Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005.
- MACEDO, N.; BOTELHO, P. S. M. Controle integrado da broca da cana-de-açúcar *Diatraea saccharalis* (Fabricius, 1794) (Lepidoptera: Pyralidae). **Brasil Açucareiro**, Rio de Janeiro, v. 162, n. 2, p. 2-11, 1988.

- MACEDO, N.; LAVORENTI, N. Novo método de amostragem de intensidade de infestação da broca da cana-de-açúcar (*Diatraea saccharalis*). **STAB - Açúcar, Álcool e Subprodutos**, Piracicaba, v. 22, n. 3, p. 32-41, 2004.
- MACEDO, N.; MACEDO, D. Manejo da broca protege produtividade. **Correio**, São Paulo, n. 1. p. 26-27, 2007.
- MACEDO, N.; CAMPOS, M. B. S.; ARAÚJO, J. R. Insetos nas raízes e colo da planta, perfilhamento, e produtividade em canaviais colhidos com e sem a queima. **STAB - Açúcar, Álcool e Subprodutos**, Piracicaba, v. 15, n. 3, p. 18-21, 1997.
- MACEDO, N. et al. Número e época de aplicações de inseticidas no controle de cigarrinha da raiz *Mahanarva fimbriolata* em cana-de-açúcar. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENTOMOLOGIA, 19., 2002, Manaus. **Anais...** Manaus: SEB, 2002. 1 CD-ROM.
- MALAVOLTA, E.; MORAES, M. F. Fundamentos do nitrogênio e do enxofre na nutrição mineral das plantas cultivadas. In: YAMADA, T.; ABDALLA, S. R. S.; VITTI, G. C. (Ed.). **Nitrogênio e enxofre na agricultura brasileira**. Piracicaba: IPNI Brasil, 2007. cap. 6, p.189-249.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas**. Piracicaba: Associação Brasileira para a Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1997. 319 p.
- MARTINS, M. B. G.; CASTRO, P. R. C. Efeito de giberelina e ethephon na anatomia de plantas de cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 34, n. 10, p. 1855-1863, 1999.
- MATSON, W. J. Herbivory in relation to plant nitrogen content. **Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics**, Palo Alto, v. 11, p. 119-161, 1980.
- MELO, A. B. P.; PARRA, J. R. P. Exigências térmicas e estimativas do número de gerações anuais de broca da cana-de-açúcar em quatro localidades canavieiras de São Paulo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 23, n. 7, p. 691-695, 1988.
- MENDES, A. C. Influence of climatic factors on the populations of sugarcane moth borer, *Diatraea saccharalis* (Fabr.), and root froghopper, *Mahanarva fimbriolata* (Stal). São Paulo - Brasil. **ISSCT Entomology Newsletter**, São Paulo, v. 4, p. 13, 1978.
- MENDONÇA, A. F. Distribuição de *Diatraea spp.* (Lep.: Pyralidae) e de seus principais parasitóides larvais no continente americano. In: MENDONÇA, A. F. (Ed.). **Pragas da cana-de-açúcar**. Maceió: Insetos & Cia., 1996. p. 83-121.
- MENDONÇA, A. F. **Pragas da cana-de-açúcar**. Maceió: Inseto & Cia, 1996. 239 p.

- MENDONÇA, A. F.; MENDONÇA, I. C. B. R. Cigarrinha da raiz *Mahanarva fimbriolata* (Hemiptera: Cercopidae). In: MENDONÇA, A. F. **Cigarrinhas da cana-de-açúcar**. Maceió: Insecta, 2005. p. 95-140.
- MENDONÇA, A. F.; BARBOSA, G. V. S., MARQUES, E. J. As cigarrinhas da cana-de-açúcar (Hemiptera: Cercopidae) no Brasil. In: MENDONÇA, A. F. (Ed.). **Pragas da cana-de-açúcar**. Maceió: Inseto & Cia., 1996. p. 171-192.
- MIHSFELDT, L. H.; PARRA, J. R. P. Comparação de dietas artificiais para a criação de *Diatraea saccharalis* (Fabricius, 1794) (Lepidoptera: Pyralidae). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENTOMOLOGIA, 5., 1986. **Resumos...** Rio de Janeiro: SBE, 1986. p. 67.
- MOURA, M. V. P. S. et al. Doses de adubação nitrogenada e potássica na cultura da cana-de-açúcar, primeira soca, com e sem irrigação. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 29, n. 4, p. 753-760, 2005.
- MUCHOW, R. C.; ROBERTSON, M. J.; WOOD, A. W. Growth of sugarcane under high input conditions in tropical Australia. II. Sucrose accumulation and commercial yield. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 48, p. 26-37, 1996.
- NAVA, D. E.; PINTO, A. S.; SILVA, S. D. A. Controle biológico da broca da cana-de-açúcar. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2009. 28 p. (Documentos, 287).
- NGKEE KWONG, K. F.; DEVILLE, J. Application of 15N-labelled urea to sugarcane through a drip-irrigation system in Mauritius. **Fertilizer Research**, The Hague, v. 39, n. 3, p. 223-228, 1994.
- NGKEE KWONG, K. F.; PAUL, J. P. DEVILLE, J. Drip-fertigation: a means for reducing fertilizer nitrogen to sugarcane. **Experimental Agriculture**, Cambridge, v. 35, p. 31-37, 1999.
- OLIVEIRA, E. C. A. **Balço nutricional da cana-de-açúcar relacionada a adubação nitrogenada**. 2011. 213 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Solos e Nutrição de Plantas)-Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2011.
- ORLANDO FILHO, J.; RODELLA, A. A. Doses e fracionamento de nitrogênio e potássio em solo arenoso sob primeiro cultivo. In: CONGRESSO NACIONAL DA STAB, 6., Maceió, 1996. **Anais...** Maceió: STAB, 1996. p. 517-520.
- OTTO, R. et al. Fitomassa de raízes e da parte aérea da cana-de-açúcar relacionada à adubação nitrogenada de plantio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 44, n. 4, p. 398-405, 2009.
- PARRA, J. R. P. **Técnicas de criação de insetos para programas de controle biológico**. Piracicaba: FEALQ, 2001. 134 p.

PECK, D. C.; MORALES, A.; CASTRO, U. Alternative methods for rearing grassfeeding spittlebugs (Hemiptera: Cercopidae). **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 33, n.3, p. 307-314, 2004.

PINTO, A. S. Manejo de pragas da cana-de-açúcar. In: MARQUES, M. O.; MUTTON, M. A. et al. **Tecnologia na agroindústria canavieira**. Jaboticabal: FCAV, 2008. p. 87-98.

PINTO, A. S.; CANO, M. A. V.; SANTOS, E. M. A broca da cana-de-açúcar, *Diatraea saccharalis* In: PINTO, A. S. **Controle de pragas da cana-de-açúcar**. Sertãozinho: Biocontrol, 2006. p. 15-20.

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

RIPOLI, T. C. C.; RIPOLI, M. L. C. O setor sucroalcooleiro no Brasil. In: RIPOLI, T. C. C.; RIPOLI, M. L. C. **Biomassa de cana-de-açúcar: colheita, energia e ambiente**. Piracicaba: Os autores, 2007. p. 1-15

ROBINSON, N. et al. Evidence of differences in nitrogen use efficiency in sugarcane genotypes. In: AUSTRALIAN SOCIETY OF SUGARCANE TECHNOLOGISTS CONGRESS, 31., 2009, Balina. **Proceedings...** Balina: ASSCT, 2010. p. 256-264.

ROSENFELD, U.; LEME, R. J. A. Produtividade da cana-de-açúcar irrigada por aspersão: estudo de épocas de irrigação. In: CONGRESSO NACIONAL DA STAB, 3., 1984, São Paulo. **Anais...** Piracicaba: STAB, 1984. p. 77-84.

ROSSETO, R.; KORNDÖRFER, G. H.; DIAS, F. L. F. Nutrição e adubação da cana-de-açúcar. In: MARQUES, M. O. et al. **Tecnologia na agroindústria canavieira**. Jaboticabal: FCAV, 2008. p. 125-140.

SANTOS, D. S. et al. Influência da irrigação na infestação de *Diatraea flavipennella* (Box, 1931) (Lepidoptera: Crambidae) em variedades de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENTOMOLOGIA, 23., 2010, Natal. **Resumos...** Natal: SEB, 2010. 1 CD ROM.

SEGOVIA, J. F. O.; LOPES FILHO, R. P. **Irrigação de hortaliças no Estado do Amapá**. Macapá: Embrapa Amapá, 2004. 13 p. (Circular Técnica, 33).

SILVA, G. M. A.; CAMPOS, R. B. Influência do ataque do complexo broca-podridões na composição da cana-de-açúcar. In: SEMINÁRIO COPERSUCAR DA AGROINDÚSTRIA AÇUCAREIRA, 3., Águas de Lindóia, 1975. **Anais...** Águas de Lindóia: COPERSUCAR, 1975. p. 233-240.

SILVA, G. M. A.; POMPEO, R. M. Levantamento da intensidade de infestação do complexo broca-podridões do colmo da cana-de-açúcar. In: SEMINÁRIO COPERSUCAR DA

AGROINDUSTRIA AÇUCAREIRA, 3., 1975, Águas de Lindóia. **Anais... Águas de Lindóia: COPERSUCAR**, 1975. p. 219-232.

SILVA, A. B. et al. Rendimento e qualidade da cana-de-açúcar irrigada sob adubações de nitrogênio e potássio em cobertura. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 22, n. 3, p. 236-241, 2009.

SILVEIRA, J. A. G.; CROCOMO, O. J. Assimilação de nitrogênio em cana-de-açúcar cultivada em presença de elevado nível de N e de vinhaça no solo. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Londrina, v. 2, n. 2, p. 7-15, 1990.

SINGH, P. N.; MOHAN, S. C. Water use and yield response of sugarcane under different irrigation schedules and nitrogen levels in a subtropical region. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 26, n. 4, p. 253-264, 1994.

SINGH, R.; SINGH, M. P. Studies on varietal – cum – manurial responses on the incidence of paddy stem borer (*Tryporyza incertulas* Wilk.). **Madras Agricultural Journal**, Coimbatore, v. 64, n. 4, p. 247-251, 1977.

SOARES, R. A. B.; CARDOSO, H. R. Irrigação de salvamento em cana-de-açúcar In: SEGATO, S. V.; FERNANDES, C.; PINTO, A. S. **Expansão e renovação de canavial**. Piracicaba: CP 2, 2007. p. 281-293

SOUZA, E. F.; BERNARDO, S.; CARVALHO, J. A. Função de produção da cana-de-açúcar em relação à água para três variedades, em Campos dos Goytacazes, RJ. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 19, n. 1, p. 28-32, 1999.

STINGEL, E. **Distribuição espacial e plano de amostragem para a cigarrinha-das-raízes, *Mahanarva fimbriolata* (Stal, 1854), em cana-de-açúcar**. 2005. 75 f. Dissertação (Mestrado em Ciências/Entomologia)-Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. p. 309-334.

TANEJA, S. L.; DHINDWAL, A. S. Bollworm incidence as affected by sowing date, nitrogen application and plant population in plant cotton. **Indian Journal Plant Protection**, New Delhi, v. 10, n. 1/2, p. 1-6, 1982.

TÉRAN, F. O. Dinâmica populacional de adultos de *Diatraea saccharalis* (Fabricius, 1794) em canaviais do estado de São Paulo. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, Londrina, v. 8, n. 1, p. 3-17, 1979.

TÉRAN, F. O.; PRECETTI, A. A. C. M.; DERNEIKA, O. Broca da cana-de-açúcar *Diatraea saccharalis*. In: REUNIÃO TÉCNICA AGRONÔMICA: PRAGAS DA CANA-DE-AÇÚCAR, 1., 1983, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: Copersucar, 1983. p. 4-15.

THORBURN, P. J. et al. The fate of nitrogen applied to sugarcane by trickle irrigation. **Irrigation Science**, New York, v. 22, n. 3-4, p. 201-209, 2003.

TINGEY, W. M.; SINGH, S. R. Environmental factors influencing the magnitude and expression of resistance. In: FOWDEN, F. G.; JENNINGS, P. R. (Ed.). **Breeding plants resistant to insects**. New York: John Wiley & Sons, 1980. p. 87-113.

TINZAARA, W. et al. Use of infochemicals in pest management with special reference to the banana weevil *Cosmopolites sordidus* (Germar) (Coleoptera: Curculionidae). **Insect Science and its Application**, Cambridge, v. 22, p. 241-261, 2002.

URIBE, R. A. M. **Produtividade e estimativa de acúmulo da biomassa em soqueira de cana-de-açúcar irrigada por gotejamento subsuperficial com diferentes doses de N-fertilizante**. 2010. 67 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Irrigação e Drenagem)-Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2010.

VENDRAMIM, J. D. et al. Comparação entre dois métodos para avaliação da infestação pelo complexo broca-podridões em cultivares de cana-de-açúcar. **Anais da ESALQ**, Piracicaba, v. 45, p. 397-421, 1988.

VIEIRA, M. X. **Eficiência agronômica da adubação de soqueira de cana-de-açúcar com cloreto de amônio**. 2009. 134 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Solos e Nutrição de Plantas)-Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2009.

VILLAS BÔAS, R. L. et al. Perfil da pesquisa e emprego da fertirrigação no Brasil. In: FOLEGATTI, M. V. (Coord.). **Fertirrigação**. Guaíba: Agropecuária, 2001.

VITTI, A. C. et al. Nitrogênio. In: DINARDO-MIRANDA, L. L.; VASCONCELOS, A. C. M.; LANDELL, M. G. A. **Cana-de-açúcar**. Campinas: Instituto Agrônomico, 2008. p. 239-270.

WIGGLESWORTH, V. B. **The principles of insect physiology**. New York: Chapman & Hall, 1972. 269p.

ZAAZOU, H. M.; EL-NAHAL, A. K. M.; BISHARA, M. A. The effect of certain cultural practices on the infestation of rice by *Chilo agamennon* Bles. and *Tryporiza incertulas* (Lepidoptera: Pyralidae). **Bulletin de la Societe Entomologique D' Egypte**, Le Caire, v. 54, p. 149-154, 1970.

ZAMBELLO, J. R.; AZEREDO, D. F. Adubação na região Centro-Sul. In: ORLANDO FILHO, J. (Coord.). **Nutrição e adubação da cana-de-açúcar no Brasil**. Piracicaba: Instituto do Açúcar e do Alcool, 1983. p. 289-313.

ZING, Y. L.; GONG, P. Y.; JIANG, L. R. Effects of nitrogen fertilizer application of the cotton plant and the bollworm. **Acta Entomologica Sinica**, Peking, v. 25, n. 1, p. 16-23, 1982.