

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E ENGENHARIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

**PAULA ALBERTI BONADIMAN**

**CANA-DE-AÇÚCAR: FLUTUAÇÃO POPULACIONAL DE INSETOS-PRAGA,  
FITOPATOMETRIA E DINÂMICA TEMPORAL DA FERRUGEM MARROM  
SOB DIFERENTES ADUBAÇÕES**

**ALEGRE - ES**

**2021**

PAULA ALBERTI BONADIMAN

**CANA-DE-AÇÚCAR: FLUTUAÇÃO POPULACIONAL DE INSETOS-PRAGA,  
FITOPATOMETRIA E DINÂMICA TEMPORAL DA FERRUGEM MARROM  
SOB DIFERENTES ADUBAÇÕES**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Agronomia do Centro de Ciências Agrárias e Engenharias da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para a obtenção do título de Magister Scientiae em Agronomia, na área de concentração Produção Vegetal, Linha de Pesquisa Proteção Sustentável de Plantas (Fitossanidade).

Orientador: D. Sc. Hugo Bolsoni Zago.

Coorientador: Prof. D. Sc. Willian Bucker  
Morais

Coorientador: Prof. D. Sc. Leandro Pin Dalvi

**Alegre – ES**

**2021**

Ficha catalográfica disponibilizada pelo Sistema Integrado de  
Bibliotecas - SIBI/UFES e elaborada pelo autor

---

A334c      Alberti Bonadiman, Paula, 1995-  
Cana-de-açúcar: flutuação populacional de insetos-praga,  
fitopatometria e dinâmica temporal da ferrugem marrom sob  
diferentes adubações / Paula Alberti Bonadiman. - 2021.  
82 f. : il.

Orientador: Hugo Bolsoni Zago.  
Coorientadores: Willian Bucker Morais, Leandro Pin Dalvi.  
Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Universidade  
Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Agrárias e  
Engenharias.

I. Bolsoni Zago, Hugo. II. Bucker Morais, Willian. III. Pin  
Dalvi, Leandro. IV. Universidade Federal do Espírito Santo.  
Centro de Ciências Agrárias e Engenharias. V. Título.

CDU: 63

---

PAULA ALBERTI BONADIMAN

**CANA-DE-AÇÚCAR: FLUTUAÇÃO POPULACIONAL DE INSETOS-PRAGA,  
FITOPATOMETRIA E DINÂMICA TEMPORAL DA FERRUGEM MARROM SOB  
DIFERENTES ADUBAÇÕES**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Agronomia do Centro de Ciências Agrárias e Engenharias da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para a obtenção do título de *Magister Scientiae* em Agronomia, na área de concentração Produção Vegetal, Linha de Pesquisa Proteção Sustentável de Plantas.

Aprovada em 24 de fevereiro de 2021.

**COMISSÃO EXAMINADORA**



---

Prof. D. Sc. Hugo Bolsoni Zago  
CAAE-UFES (Orientador)



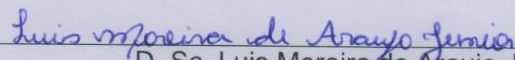
---

Prof. D. Sc. Fabio Ramos Alves  
CAAE-UFES (Membro interno ao programa)



---

D. Sc. Vitor Zuim  
(Membro externo ao programa)



---

D. Sc. Luis Moreira de Araujo Junior  
CAAE-UFES (Membro externo ao programa)

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus por ser meu guia e amparo.

Aos meus pais Silvana Maria Alberti Bonadiman e Wanderlei Fortunato Bonadiman e a minha irmã Eduarda Alberti Bonadiman por todo apoio e motivação nos estudos.

Ao meu noivo João Luis Frizzera Junior por ser meu companheiro fiel em todos os momentos, sem medir esforços para me ajudar e aconselhar.

A todos meus familiares, que mesmo eu estando ausente em diversos momentos, sempre torceram por mim.

Ao meu orientador Prof. D. Sc. Hugo Bolsoni Zago e coorientadores Prof. D. Sc. Willian Bucker Morais e Prof. D. Sc. Leandro Pin Dalvi pelas orientações, conselhos e amizade, sendo meus exemplos como mestres.

A banca avaliadora Prof. D. Sc. Fabio Ramos Alves, D. Sc. Vitor Zuim. D. Sc. Luis Moreira de Araujo Junior e Prof. D. Sc. Hugo Jose Goncalves Dos Santos Junior pela disponibilidade de participação e pelas contribuições neste trabalho.

Aos meus amigos Aixelhe, Andressa, Breno, Carol, João Marcos, Jordania, Leonardo Belan, Leonardo Mardgan, Matheus, Laura, Lorena, Lucas, Luis, Pedro, Raphael, Renzo e Saulo pelos conselhos e auxílio durante as avaliações, vocês foram essenciais. Foi um prazer conviver e aprender com vocês durante esses anos.

As minhas colegas Maria Laura, Mila e Yanira que participaram na elaboração do Capítulo 2. E a todos que participaram das avaliações desse capítulo.

Aos colegas do NUDEMAF, com vocês aprendi muito sobre diferenças e vou levar cada momento compartilhado.

A Univesidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Agrárias e Engenharias (CCAUE-UFES) por todo apoio e estrutura oferecida para o desenvolvimento da pesquisa.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

A todos, muito obrigada!

“Se a educação sozinha não  
transforma a sociedade, sem ela  
tampouco a sociedade muda.”

Paulo Freire.

## RESUMO

A cana-de-açúcar é uma das principais culturas brasileiras, presente em pequenas e grandes propriedades agrícolas, com baixa e alta tecnificação. No entanto, problemas fitossanitários são uma grande preocupação para qualquer finalidade, pois na maioria desses problemas há perda de qualidade do produto e/ou redução da produção. Dessa forma, o objetivo do trabalho foi avaliar a flutuação populacional e a infestação de insetos pragas e registrar a ocorrência de inimigos naturais em duas variedades de cana-de-açúcar, regional denominada “Palito” e comercial RB-867515, submetidas à presença e à ausência da adubação química durante o ciclo cana-planta e primeira cana-soca. Além disso, objetivou-se desenvolver e validar um diagrama de área padrão com fotografias coloridas (SADcp) para ferrugem marrom, causada por *Puccinia melanocephala* (Uredinales: Puccinaceae), e a dinâmica temporal da doença. Verificou-se a presença de *Saccharicoccus sacchari* (Hemiptera: Pseudococcidae), *Mahanarva posticata* (Hemiptera: Cercopidae) e o complexo *Diatraea saccharalis* (Lepidoptera: Crambidae) e *Colletotrichum falcatum* (Glomerellales: Glomerellaceae). A variedade RB-867515 apresentou maior incidência de *S. sacchari*, sendo esta influenciada pela temperatura e a maior incidência registrada nos meses de maio e abril com temperatura média de 23°C. A incidência de *M. posticata* ocorreu de junho a agosto com média inferior a 6% e a infestação do complexo *D. saccharalis*-*C. falcatum* foi de 1% para os dois ciclos. Foram registradas as presenças dos inimigos naturais *Doru luteipes* (Dermaptera: forficulidae), *Cotesia flavipes* (Hymenoptera: Braconidae), coccinelídeos (Coleoptera: Coccinellidae), crisopídeos (Neuroptera: Chrysopidae) e o fungo entomopatogênico *Aspergillus parasiticus* (Eurotiales: Trichocomaceae). O diagrama proposto neste estudo demonstrou eficiência para auxiliar na estimativa visual da severidade da ferrugem marrom em folhas de cana-de-açúcar. Quanto à dinâmica temporal, a ferrugem marrom ocorreu nos meses avaliados, com maior severidade nas estações mais frias, entre maio e agosto (20 a 22°C). A ferrugem marrom foi identificada nas duas variedades de cana-de-açúcar, mas a variedade RB-867515 apresentou menor intensidade e a adubação química proporcionou aumento na severidade da doença na variedade Palito.

**Palavras-chave:** Problemas fitossanitários; Severidade; Monitoramento; Variáveis climáticas.

## ABSTRACT

Sugarcane is one of the main Brazilian crops, present in small and large agricultural properties, with low and high technology. However, phytosanitary problems are a major concern to any degree, as in most of these problems, there is loss of product quality and or reduced production. Thus, the objective of the work was to assess population fluctuation and insect pest infestation and record the occurrence of natural enemies, in two varieties of sugar cane, called "Palito" regional and commercial RB-867515, submitted to the presence and absence of chemical fertilization, during the cane-plant and first cane-cane cycle. In addition, the aim was to develop and validate a standard area diagram with color photographs (SADcp) for brown rust, caused by *Puccinia melanocephala* (Uredinales: Puccinaceae) and a temporal disease dynamics. The presence of *Saccharicoccus sacchari* (Hemiptera: Pseudococcidae), *Mahanarva posticata* (Hemiptera: Cercopidae) and the complex *Diatraea saccharalis* (Lepidoptera: Crambidae) and *Colletotrichum falcatum* (Glomerellales: Glomerellaceae) were found. The variety RB-867515 had the highest incidence of *S. sacchari*, which was influenced by temperature and the highest incidence recorded in the months of may and april with an average temperature of 23°C. The incidence of *M. posticata* occurred from june to august with an average of less than 6% and the infestation of the complex *D. saccharalis-C falcatum* was 1% for both cycles. The presence of natural enemies *Doru luteipes* (Dermaptera: forficulidae), *Cotesia flavipes* (Hymenoptera: Braconidae), coccinellids (Coleoptera: Coccinellidae), chrysopids (Neuroptera: Chrysopidae) and the entomopathogenic fungus *Aspergillia parasiticus*. The diagram proposed in this study serves to assist in the visual estimation of the severity of brown rust on sugarcane leaves. As for the temporal dynamics, brown rust occurred in the months taken, with greater severity in the colder seasons between May and August (20 to 22°C). Brown rust was identified in the two sugarcane varieties, but one RB-867515 variety had less intensity and chemical fertilization increased the disease severity in the Palito variety.

**Keywords:** Phytosanitary problems; Severity; Monitoring; Climatic variables.



## SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL .....	10
MATSUOKA, S.; GARCIA, A. A. F; ARIZONO, H. Melhoramento da cana-de-açúcar. 2.ed. In BORÉM, A. Melhoramento de espécies cultivadas. Viçosa, 2005, p. 205-251.....	17
CAPÍTULO 1 .....	20
Population fluctuation of <i>Saccharicoccus sacchari</i> , <i>Mahanarva posticata</i> and infestation of the <i>Diatraea saccharalis-Colletotrichum falcatum</i> complex in sugarcane varieties with different fertilizations .....	21
<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	22
<b>2. METODOLOGIA</b> .....	23
2.1. PREPARO E MANEJO DA ÁREA EXPERIMENTAL .....	23
2.2. CLASSIFICAÇÃO TAXONÔMICA .....	25
2.3. AVALIAÇÕES .....	25
2.4. ANÁLISE DOS DADOS.....	26
<b>3. RESULTADOS</b> .....	26
<b>4. DISCUSSÃO</b> .....	31
<b>5. CONCLUSÕES</b> .....	33
<b>6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	34
CAPÍTULO 2 .....	40
Diagrama de área padrão com fotografias coloridas para estimar a severidade da ferrugem marrom na cana-de-açúcar.....	40
<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	42
<b>2. METODOLOGIA</b> .....	43
2.1. DESENVOLVIMENTO DO DIAGRAMA DE ÁREA PADRÃO .....	43
2.2. VALIDAÇÃO DO DIAGRAMA DE ÁREA PADRÃO .....	44
2.2.1. <b>Análise dos dados</b> .....	44
<b>3. RESULTADOS</b> .....	45
3.1. DESENVOLVIMENTO DO DIAGRAMA DE ÁREA PADRÃO .....	45
3.2. VALIDAÇÃO DO DIAGRAMA DE ÁREA PADRÃO .....	47
3.2.1. <b>Características gerais das avaliações</b> .....	47
3.2.2. <b>Coefficientes da regressão linear</b> .....	48
3.2.3. <b>Coefficientes de correlação e concordância de Lin</b> .....	50
3.2.4. <b>Reprodutibilidade</b> .....	53
<b>4. DISCUSSÃO</b> .....	56

<b>5. CONCLUSÕES</b> .....	58
<b>6. REFERÊNCIAS</b> .....	58
LENZ, G.; COSTA, I. D.; BALARDIN, R. S.; MARQUES, L. N.; ARRÚ, A.; STEFANELO, M. S.; ZEMOLIN, C. R. Elaboração e validação de escala diagramática para quantificação da mancha de isariopsis da videira. <i>Ciência Rural</i> , v. 39, n. 8, p. 2301-2308, 2009. ....	60
MATSUOKA, S.; GARCIA, A. A. F; ARIZONO, H. Melhoria da cana-de-açúcar. 2.ed. In BORÉM, A. Melhoria de espécies cultivadas. Viçosa, 2005, p. 205-251.....	61
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	64
Dinâmica temporal da ferrugem marrom em variedades de cana-de-açúcar com diferentes adubações .....	64
<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	66
<b>2. METODOLOGIA</b> .....	67
<b>3. RESULTADOS</b> .....	69
<b>3.1. ADAPTAÇÃO DE MODELOS EMPÍRICOS AO PROGRESSO DA FERRUGEM MARROM</b> .....	69
<b>3.2. ÁREA ABAIXO DA CURVA DE PROGRESSO DA DOENÇA</b> .....	71
<b>3.3. CURVA DE PROGRESSO DA DOENÇA E SUA RELAÇÃO COM VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS</b> .....	72
<b>4. DISCUSSÃO</b> .....	73
<b>5. CONCLUSÕES</b> .....	76
<b>6. REFERÊNCIAS</b> .....	77

## INTRODUÇÃO GERAL

A cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.) é uma das mais importantes culturas do Brasil. A área colhida para a safra de 2020/21 foi estimada em 8,406 milhões de hectares, com produção de 630,7 milhões de ton. A região sudeste é a maior produtora, com destaque para São Paulo e Minas Gerais, porém o Espírito Santo apresenta uma projeção de produção acima de 2,6 milhões de toneladas (CONAB, 2020). No estado do Espírito Santo o cultivo tem sido empregado para agroindústria, produção de etanol, aguardente, consumo in natura e alimentação animal (ROCHA *et al.*, 2015; CONAB, 2020).

Estima-se para 2020/21 que mais de 49% da área plantada no estado seja com a variedade RB-86.7515, pois possui ótima produção de massa, bons índices de açúcares redutores totais e alto rendimento (CONAB, 2020). A variedade RB-86.7515 tem sido recomendada para a região sul, norte e serrana do estado para a utilização como espécie forrageira, sendo um volumoso de baixo custo oferecido a animais durante a seca, como suplementação da pastagem (MOLINO *et al.*, 2015; CONAB, 2020). Além desta variedade, pequenos e médios produtores tendem a utilizar genótipos de origem desconhecida, que vem sendo cultivados por gerações (ROCHA *et al.*, 2015), como é o exemplo da variedade Palito, regionalizada no sul do estado, utilizada principalmente para alimentação animal.

Fatores como variedades com baixa produtividade, tratos culturais incorretos e ataque de pragas e doenças afetam a produtividade da cana-de-açúcar (ROCHA *et al.*, 2015; NOCELLI *et al.*, 2017). Entre os problemas fitossanitários em canaviais destacam-se insetos-pragas como *Saccharicoccus sacchari* (Cockerell, 1895) (Hemiptera: Pseudococcidae), *Mahanarva posticata* (Stal, 1855) (Hemiptera: Cercopidae) e *Diatraea saccharalis* (Fabricius, 1794) (Lepidoptera: Crambidae), além dos agentes causadores de doenças, *Colletotrichum falcatum* (Went, 1893) (Glomerellales: Glomerellaceae) e *Puccinia melanocephala* (H. et P. Sydow) (Pucciniales: Pucciniaceae).

*Saccharicoccus sacchari*, popularmente denominada de cochonilha rosada, é registrada em diversos canaviais do Brasil, causando danos diretos pela sucção de seiva e indiretos pela transmissão de patógenos, introdução de substâncias tóxicas

e secreção do *honeydew*, atraindo formigas e fumagina (GALLO *et al.*, 2002; ELROBY, 2018). Os prejuízos causados pelo inseto são a redução de açúcar, diminuição do crescimento da planta e até morte de brotos jovens. (PUTTARUDRIAH, 1954; YAKOUB, 2012). Diversos fatores influenciam a dinâmica populacional de *S. sacchari*, o tipo de colheita realizado nos canaviais, variedades utilizadas e as variáveis climáticas (INKERMAN, 1986; BORGES FILHO *et al.*, 2019; EBIEDA *et al.*, 2020; LATHA; BAUTISTA, 2020). Apesar da dificuldade de adotar estratégias de manejo, atualmente são recomendadas variedades que apresentam baixa infestação e que suportam o ataque, reduzindo dessa forma a perda na produção (BORGES *et al.*, 2016).

Outro inseto sugador que pode causar inúmeros danos a cultura da cana-de-açúcar é a cigarrinha da parte aérea, *M. posticata*. As ninfas se alojam no colmo e na folha e sugam a seiva, sendo facilmente identificadas pela presença de espuma que recobre o corpo e confere proteção contra perda de umidade, temperaturas elevadas e inimigos naturais (GALLO *et al.*, 2002; TONELLI *et al.*, 2018). Os adultos sugam a seiva e injetam toxinas nas folhas, tornando-as amareladas e prejudicando a fotossíntese (OLIVEIRA, 1981; SCHÖBEL; CARVALHO, 2020).

O complexo broca-podridão, causado pela associação entre *D. saccharalis* e pelo fungo *C. falcatum*, vem ocasionando perdas consideráveis em canaviais. Ao se alimentar do colmo, a lagarta confecciona galerias, reduzindo o peso e a qualidade da planta. As injúrias provocadas pelo inseto permitem a penetração do fungo na planta, e após a colonização apresenta coloração avermelhada (GALLO *et al.*, 2002). A presença de *C. falcatum* provoca redução no teor de sacarose, o que interfere na produção de etanol (MENDES *et al.*, 2012; VILELA *et al.*, 2017; FERREIRA *et al.*, 2018). A intensidade de infestação pelo complexo pode variar conforme a época do ano, genótipo e ciclo da cultura, sendo de extrema importância o monitoramento do inseto para elaboração de estratégias de manejo (GALLO *et al.*, 2002; MORAIS, 2012).

A ferrugem marrom, causada pelo basidiomiceto *P. melanocephala* está amplamente distribuído nas regiões de cultivo da cana-de-açúcar (SELVAKUMAR; VISWANATHAN, 2019). As pústulas possuem coloração marrom escuro em função da massa de uredósporos que se desenvolvem na parte inferior da superfície foliar (PURDY; LIU; DEAN, 1983; ORDOÑEZ; SÁNCHEZ; KAFURE, 2010). Os principais

sintomas da doença são pequenas pontuações marrons em ambas as superfícies das folhas, que evoluem na forma de manchas alongadas de margem irregular e formação de tecido necrosado, o que reduz a área sadia da planta e prejudica a realização de fotossíntese (TOKESHI, 1997; HOY; HOLLIER, 2009; MATSUOKA *et al.*, 2005).

A principal forma de manejo da doença é o uso de cultivares resistentes (TOKESHI, 1997; WANG *et al.*, 2013; BALSALOBRE *et al.*, 2016). No entanto, *P. melanocephala* apresenta alta capacidade de adaptação, de forma a suplantar facilmente a resistência; além de ser influenciada por condições ambientais, como aumento do desenvolvimento em alta umidade e baixas temperaturas (BARRERA; HOY; LI, 2012 e 2013; HOY; AVELLANEDA; BOMBECINI, 2014; BOSCHIERO *et al.*, 2019; SANJEL *et al.*, 2019; SELVAKUMAR; VISWANATHAN, 2019). Devido à sua importância e ampla distribuição geográfica, é necessário que se realize um monitoramento constante das áreas. Contudo, a simples observação da ocorrência ou a utilização de critérios subjetivos na quantificação da doença, na maioria dos casos, induz ao erro. Desta forma, a adoção de parâmetros precisos com a utilização de escalas diagramáticas na quantificação da doença auxilia na tomada de decisão para o manejo (LENZ *et al.*, 2009; ALMEIDA *et al.*, 2019; WANG *et al.*, 2019; PEREIRA *et al.*, 2020).

O uso de escalas diagramáticas permite reduzir a subjetividade das estimativas de severidade entre os avaliadores e, com isso, melhorar os níveis de acurácia e a precisão na avaliação (MARTINS *et al.*, 2004; AQUINO *et al.*, 2008; LENZ *et al.*, 2009). A quantificação da severidade da ferrugem marrom até o momento é realizada com auxílio do diagrama bicolor proposto por Amorim *et al.* (1987). Todavia, devido à representação apurada e precisa, escalas diagramáticas com diagramas de área padrão com fotografias coloridas têm sido preferencialmente desenvolvidas, o que torna necessário a atualização de diagramas bicolores de patossistemas de interesse econômico (BELAN, *et al.*, 2014; SCHWANCK; DEL PONTE, 2014; DEL PONTE *et al.*, 2019; BELAN *et al.*, 2020; PEREIRA *et al.*, 2020; FRANCESCHI *et al.*, 2020).

Diante do exposto, a pesquisa objetivou comparar a incidência de insetos-pragas, o complexo broca-podridão e inimigos naturais, em duas variedades de cana-de-açúcar, “Palito” (regional) e RB-867515 (comercial), durante o ciclo cana-planta e

primeira cana-soca, e qual a influência da adubação química na incidência destes organismos. Além disso, objetivou-se desenvolver e validar um diagrama de área padrão com fotografias coloridas para ferrugem marrom, causada pelo fungo *P. melanocephala* e descrever a dinâmica temporal da doença no campo.

## REFERÊNCIAS

- AQUINO, L. A.; BERGER, P. G.; RODRIGUES, F. A.; ZAMBOLIM, L.; HERNANDEZ, J. F. R.; MIRANDA, L. M. Elaboração e validação de escala diagramática para quantificação da mancha de ramularia do algodoeiro. **Summa Phytopathologica**, v. 34, n. 4, p. 361-363, 2008.
- ALMEIDA, K. de S.; DA SILVA, A. R.; LEMOS, N. M.; COUTINHO, W. B. G.; SILVA, J. M.; PEIXOTO, C. C.; LEITE, M. DO C.; DA PAZ-LIMA, M. L. Temporal progression of foliar plant diseases in corn hybrids. **Australian Journal of Crop Science**, v. 13, n. 11, p. 1731-1739, 2019.
- AMORIM, L.; BERGAMIN FILHO, A.; SANGUINO, A.; CARDOSO, C. O. N.; MORAES, V. A.; FERNANDES, C. R. Metodologia de avaliação de ferrugem da cana-de-açúcar (*Puccinia melanocephala*). **Boletim Técnico Copersucar**, v. 39, p. 13-16, 1987.
- BALSALOBRE, T. W. A.; MANCINI, M. C.; PEREIRA, G. S.; ANONI, C. O.; BARRETO, F. Z.; HOFFMANN, P. H.; SOUZA, A. P.; GARCIA, A. A. F.; CARNEIRO, M. S. Mixed Modeling of Yield Components and Brown Rust Resistance in Sugarcane Families. **Agronomy Journal**, v. 108, p. 1-14, 2016.
- BARRERA, W.; HOY, J.; LI, B. Effects of temperature and moisture variables on brown rust epidemic in sugarcane. **Journal of Phytopathology**, v. 161, n. 2, p. 96-106, 2013.
- BARRERA, W.; HOY, J.; LI, B. Temperature and leaf wetness effects on infection of sugarcane by *Puccinia melanocephala*. **Journal of Phytopathology**, v. 160, n. 6, p. 294-298, 2012.
- BELAN, L. L.; BELAN, L. L.; DA MATTA RAFAEL, A.; GOMES, C. A. G.; ALVES, F. R.; DE JESUS JUNIOR, W. C.; MORAES, W. B. Standard area diagram with color photographs to estimate the severity of coffee leaf rust in *Coffea canephora*. **Crop Protection**, v. 130, p. 105077, 2020.
- BELAN, L. L.; POZZA, E. A.; FREITAS, M. L DE O.; DE SOUZA, R. M.; DE JESUS JUNIOR, W. C.; OLIVEIRA, J. M. Diagrammatic scale for assessment of bacterial

blight in coffee leaves. **Journal of Phytopathology**, v. 162, n. 11-12, p. 801-810, 2014.

BORGES FILHO, R. DA C.; STURZA, V. S.; BERNARDI, D.; DA CUNHA, U. S.; PINTO, A. S. E.; SILVA, S. D. D. A.; NAVA, D. E. Population dynamics of pests and natural enemies on sugar cane grown in a subtropical region of Brazil. **Florida Entomologist**, v. 102, n. 3, p. 526-530, 2019.

BORGES FILHO, R. DA C.; STURZA, V.S.; NAVA, D.; GUEDES, J. (2016). Bioecologia e Manejo de Pragas. In: SILVA, S. D. dos A.; MONTERO, C. R. S.; SANTOS, R. C. dos.; NAVA, D. E.; GOMES, C. B.; ALMEIDA, I. R. de (Ed.). **Sistema de produção de cana-de-açúcar no Rio Grande do Sul**, Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2016, p. 75-97.

BOSCHIERO, B. N.; MARIANO, E.; AZEVEDO, R. A.; TRIVELIN, P. C. O. Influence of nitrate-ammonium ratio on the growth, nutrition, and metabolism of sugarcane. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 139, p. 246-255, 2019.

CONAB – COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira: cana-de-açúcar segundo levantamento**. Brasília: Conab, v. 7. n. 2, 2020.

DEL PONTE, E. M.; NELSON, S. C.; PETHYBRIDGE, S. J Evaluation of app-embedded disease scales for aiding visual severity estimation of *Cercospora* leaf spot of table beet. **Plant disease**, v. 103, n. 6, p. 1347-1356, 2019.

EBIEDA, A. M. M., MOHANNY, K. M., MOHAMED, G. S., ALLAM R. O. H., SADAN, M. A. A. Predicted voltinism for *Saccharicoccus sacchari* (cockerell) (hemiptera: pseudococcidae) on sugarcane in egypt. **Plant Archives**, v. 20, n. 2, p. 2708-2714, 2020.

ELROBY, A. S. M. H. Efficiency of entomopathogenic nematodes (Rhabditida) against *Saccharicoccus sacchari* (Cockerell) (Homoptera: Pseudococcidae) under laboratory conditions. **Pakistan Journal of Nematology**, v. 36, p. 59-63, 2018.

FERREIRA, C. A. D. S.; SANTANA, M. V.; SANTOS, J. B. D.; SANTOS, T. T. M. D.; LÔBO, L. M.; FERNANDES, P. M. Yield and technological quality of sugarcane



cultivars under infestation of *Diatraea saccharalis* (Fabr., 1794). **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 85, 2018.

FRANCESCHI, V. T.; ALVES, K. S.; MAZARO, S. M.; GODOY, C. V.; DUARTE, H. S.; DEL PONTE, E. M. A new standard area diagram set for assessment of severity of soybean rust improves accuracy of estimates and optimizes resource use. **Plant Pathology**, v. 69, n. 3, p. 495-505, 2020.

GALLO, D.; NAKANO, O.; SILVEIRA NETO, S.; CARVALHO, R. P. L.; BAPTISTA, G. C.; BERTI FILHO, E.; PARRA, J. R. P.; ZUCCHI, R. A.; ALVES, S. B.; VENDRAMIM, J. D.; MARCHINI, L. C.; LOPES, J. R. S.; OMOTO, C. **Entomologia Agrícola**. Piracicaba: FEALQ, 2002, p. 450-461.

HOY, J. W.; AVELLANEDA, M. C.; BOMBECINI, J. Variability in *Puccinia melanocephala* pathogenicity and resistance in sugarcane cultivars. **Plant Dis**, v, 98, p. 1728-1732, 2014.

HOY, J. W.; HOLLIER, C. A. Effect of brown rust on yield of sugarcane in Louisiana. **Plant Disease**, v. 93, p. 1171-1174, 2009.

INKERMAN, P. A.; ASHBOLT, N. J.; CARVER, M.; WILLIAMS, D. J. Observations on the pink sugarcane mealybug, *Saccharicoccus sacchari* (Cockerell), in Australia (Homoptera: Pseudococcidae). **Proceedings of the International Society of Sugar Cane Technologists**, vol. 10, p. 612-619, 1986.

LATHA, T.; BAUTISTA, K. Preliminary investigation on insect pests of sugarcane in the northern sugar belt region of Belize. **Journal of Entomology and Zoology Studies**, v. 8, n. 2, p. 1334-1340, 2020.

LENZ, G.; COSTA, I. D.; BALARDIN, R. S.; MARQUES, L. N.; ARRÚ, A.; STEFANELO, M. S.; ZEMOLIN, C. R. Elaboração e validação de escala diagramática para quantificação da mancha de isariopsis da videira. *Ciência Rural*, v. 39, n. 8, p. 2301-2308, 2009.

MARTINS, M. C.; GUERZONI, R. A.; CÂMARA, G. M. S.; MATTIAZZI, P.; LOURENÇO, A. S.; AMORIM, L. Escala diagramática para a quantificação do complexo de doenças foliares de final de ciclo em soja. **Fitopatologia Brasileira**, v. 29, n. 2, p. 179-184, 2004.

MATSUOKA, S.; GARCIA, A. A. F.; ARIZONO, H. Melhoramento da cana-de-açúcar. 2.ed. In BORÉM, A. **Melhoramento de espécies cultivadas**. Viçosa, 2005, p. 205-251.

MENDES, S. M.; VIANA, P. A.; CRUZ, I.; WAQUIL, J. M. Controle de pragas. In EDITED, B. Y.; MAY, A.; DURÃES, F. O. M.; PEREIRA FILHO, I. A.; SCHAFFERT, R. E.; PARRELLA, R. A. DA C. **Sistema Embrapa de produção agroindustrial de sorgo sacarino para bioetanol. Sistema BRS1G – Tecnologia Qualidade Embrapa**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2012, p. 57-67.

MOLINO, J.; VIAL, J.; de ALENCAR, J. A.; FIGUEIREDO, M.; PACHECO, B.; de MELLO, B. L. B. **Cana-de-açúcar+ uréia: volumoso de baixo custo para o rebanho na seca**. Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural. DCM/INCAPER, n. 130, ed. 4, 2015.

MORAIS, K. P. **Desempenho agrônômico de cana-de-açúcar em Jaguari – RS**. 2012. 66f. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Programa de Pós-graduação em Agronomia, Universidade Federal de Santa Maria.

NOCELLI, R. C. F.; ROAT, T. C.; SOCOLOWSKI, P. C.; MALASPINA, O. Controle de pragas na cana-de-açúcar e seu impacto sobre organismos voadores não alvos. In: **Cana-de-açúcar e seus impactos: uma visão acadêmica**, 1. ed. Bauru, 2017. p. 89-91.

OLIVEIRA, M. L. de. (1981). **Climatic factors and populational dynamics of *Mahanarva posticata* (Stal-1855) (Homoptera-Cercopidae) as a contribution to a possible regional implantation of the sterile male technique**. Available from INIS: [http://inis.iaea.org/search/search.aspx?orig\\_q=RN:13695905](http://inis.iaea.org/search/search.aspx?orig_q=RN:13695905).

ORDOÑEZ, M. C.; SÁNCHEZ, J. C. A.; KAFURE, J. I. V. Métodos de diferenciación en campo y laboratorio de los agentes causales de la roya café (*Puccinia melanocephala*) y la roya naranja (*Puccinia kuehnii*) en caña de azúcar. **Carta Trimestral**, v. 32, p. 30-36, 2010.

PEREIRA, R.; FERREIRA, M. A.; SOARES, T. P.; ANDRADE, M. F.; POZZA, E. A.; AVELAR, M. L.; MELO, L. A. Temporal Progress of Candeia Rust Caused by *Puccinia velata* in Clonal Candeia Plantation (*Eremanthus erythropappus* (DC.) McLeisch). **Forests**, v. 11, n. 7, p. 720, 2020.

PURDY, L. H.; LIU, L. J.; DEAN, J. L. Sugarcane rust, a newly important disease. **Plant Disease**, v. 67, n. 11, p. 1292-1296, 1983.

PUTTARUDRIAH, M. The status of the mealy-bug on sugarcane with special reference to Mysore State. **Indian Journal of Entomology**, v. 16, p. 1-10, 1954.

ROCHA, M. A. M.; AOKI, P.; ROCHA, C. A. A.; AMORIM, B. Difusão de inovações tecnológicas da cana-de-açúcar para caldo aos produtores rurais do Estado do Espírito Santo. **Cadernos de Agroecologia**, v. 10, n. 3, 2015. Edição dos Resumos do IX Congresso Brasileiro de Agroecologia e IV Seminário Estadual de Agroecologia, Belém, PA, set./out. 2015.

SANJEL, S.; CHAULAGAIN, B.; SMALL, I.; COMSTOCK, J. C.; HINCAPIE, M. A.; RAID, R.; ROTT, P. C. Comparison of progress of brown rust and orange rust and conditions conducive for severe epidemic development during the sugarcane crop season in Florida. **Plant Disease**, v. 103, n. 5, p. 825-831, 2019.

SCHÖBEL, C.; CARVALHO, G. S. Niche Modeling of Economically Important *Mahanarva* (Hemiptera, Cercopidae) Species in South and Central America: Are Brazilian Spittlebug Sugarcane Pests Potential Invaders of South and Central America?. **Journal of economic entomology**, v. 113, n. 1, p. 115-125, 2020.

SCHWANCK, A. A.; DEL PONTE, E. M. Accuracy and reliability of severity estimates using linear or logarithmic disease diagram sets in true colour or black and white: a study case for rice brown spot. **Journal of Phytopathology**, v. 162, n. 10, p. 670-682, 2014.

SELVAKUMAR, R.; VISWANATHAN, R. Sugarcane rust: changing disease dynamics and its management. **Journal of Sugarcane Research**, v. 9, n. 2, p. 97-118, 2019.

TOKESHI, H. Doenças da cana-de-açúcar. 3. ed. In: KIMATI, H.; AMORIM, L.; REZENDE, J. A. M.; BERGAMIN FILHO, A.; CAMARGO, L. E. A. **Manual de fitopatologia: doenças das plantas cultivadas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1997. v. 2, p. 199-214.

VILELA, M.; NUNES DOS SANTOS, A. J.; SIMEONE, M. L. F.; COSTA PARRELLA, R. A.; DIONISIA DA SILVA, D.; PARREIRA, D. F.; OKUMURA, F.; SCHAFFERT, R. E.; MENDES, S. M. Influence of *Diatraea saccharalis* (Lepidoptera: Crambidae)

infestation on sweet sorghum productivity and juice quality. **African Journal of Agricultural Research**, v. 12, p. 2877-2885, 2017.

WANG, J.; JACOBS, J. L.; ROTH, M. G.; CHILVERS, M. I. Temporal dynamics of *Fusarium virguliforme* colonization of soybean roots. **Plant disease**, v. 103, n. 1, p. 19-27, 2019.

WANG, X. Y.; LI, W. F.; HUANG, Y. K.; XIN, L.; LUO, Z.M.; YIN, J.; SHAN, H. L. RONG-YUE, ZHANG, R. Y. Evaluation of sugarcane introgression lines for resistance to brown rust disease caused by *Puccinia melanocephala*. **Tropical Plant Pathology**, v. 38, n. 2, p. 97-101, 2013.

YAKOUB, R. S. **Effect of infestation with pink sugarcane mealybug, *Saccharicoccus sacchari* Ckll. on the physical and chemical characters of sugarcane cultivars.** Thesis (Ph. D Degree). Faculty of Agricultural of Cairo University, Egypt, 2012.

## CAPÍTULO 1

Flutuação populacional de *Saccharicoccus sacchari*, *Mahanarva posticata* e infestação do complexo *Diatraea saccharalis*-*Colletotrichum falcatum* em variedades de cana-de-açúcar com diferentes adubações

**RESUMO:** A cana-de-açúcar apresenta diversos problemas fitossanitários, como o ataque de insetos-pragas. Conhecer a dinâmica populacional de pragas ao longo do ano agrícola em condições regionais fornece informações para tomada de decisão em programas de manejo integrado de pragas. Dessa forma, o objetivo do trabalho foi avaliar a incidência e flutuação populacional de insetos pragas e registrar a ocorrência de inimigos naturais em duas variedades de cana-de-açúcar, submetidas à presença e à ausência da adubação química durante o ciclo de cultivo cana-planta e primeira cana-soca. Foram identificados na área a presença de *Saccharicoccus sacchari* (Hemiptera: Pseudococcidae), *Mahanarva posticata* (Hemiptera: Cercopidae) e o complexo *Diatraea saccharalis* (Lepidoptera: Crambidae) e *Colletotrichum falcatum* (Glomerellales: Glomerellaceae). Os resultados demonstraram que a incidência de *S. sacchari* foi influenciada pela temperatura nos meses analisados e a maior incidência foi registrada nos meses de abril e maio, com temperatura média de 23°C. A variedade RB-867515 e Palito apresentaram incidência de *S. sacchari*, porém as maiores médias foram registradas na RB-867515. A incidência de *M. posticata* ocorreu de junho a agosto, com média inferior a 6%, e a infestação do complexo *D. saccharalis* e *C. falcatum* foi de 1% para os dois ciclos da cana-de-açúcar. Foram registradas as presenças dos inimigos naturais *Doru luteipes* (Dermaptera: Forficulidae), massa de pupas de *Cotesia flavipes* (Hymenoptera: Braconidae), coccinelídeos (Coleoptera: Coccinellidae), crisopídeos (Neuroptera: Chrysopidae) e o fungo entomopatogênico *Aspergillus parasiticus* (Eurotiales: Trichocomaceae).

**Palavras-chave:** Cochonilha rosada, Cigarrinha, Broca-podridão, Palito, RB-867515.

Population fluctuation of *Saccharicoccus sacchari*, *Mahanarva posticata* and infestation of the *Diatraea saccharalis*-*Colletotrichum falcatum* complex in sugarcane varieties with different fertilizations

**ABSTRACT:** Sugarcane presents several phytosanitary problems, such as the attack of insect pests. Knowing the population dynamics of pests throughout the agricultural year under regional conditions provides information for decision-making in integrated pest management programs. Thus, the objective of the work was to evaluate the incidence and population fluctuation of insect pests and to register the occurrence of natural enemies in two varieties of sugarcane, submitted to the presence and absence of chemical fertilization, during the sugarcane cultivation cycle. plant and first cane. The presence of *Saccharicoccus sacchari* (Hemiptera: Pseudococcidae), *Mahanarva posticata* (Hemiptera: Cercopidae) and the complex *Diatraea saccharalis* (Lepidoptera: Crambidae) and *Colletotrichum falcatum* (Glomerellales: Glomerellaceae) were identified in the area. The results showed that the incidence of *S. sacchari* was influenced by the temperature in the months analyzed and the highest incidence was recorded in the months of april and may with an average temperature of 23°C. The variety RB-867515 and Palito had an incidence of *S. sacchari*, however the highest averages were registered in RB-867515. The incidence of *M. posticata* occurred from June to August with an average of less than 6% and the infestation of the *D. saccharalis* and *C. falcatum* complex was 1% for both sugarcane cycles. The presence of the natural enemies *Doru luteipes* (Dermaptera: Forficulidae), pupae mass of *Cotesia flavipes* (Hymenoptera: Braconidae), coccinellids (Coleoptera: Coccinellidae), chrysopids (Neuroptera: Chrysopidae) and the entomopathogenic fungus *Aspergillus parasiticus* (Eurotiales: Trichocomaceae).

**Keywords:** Pink Cochineal, leafhopper, Rotten/borer, Palito, RB-867515.

## 1. INTRODUÇÃO

A produção de cana-de-açúcar, *Saccharum officinarum*, no ano de 2018 foi a segunda maior por grupo de commodities do mundo, com 1,9 bilhões de toneladas, atrás apenas da produção de cereais (FAO, 2020). No estado do Espírito Santo, para a safra 20/21 estima-se uma produção acima de 2,8 milhões de toneladas, em 49 mil ha (CONAB, 2020). Em 2017 a produção esteve localizada principalmente na região norte, sendo o principal produtor o município de Linhares. Já na região sul capixaba a produção foi de 211 mil toneladas, em uma área de 4758 ha (IBGE, 2019). Além do etanol e açúcar, o cultivo de cana-de-açúcar tem sido utilizado para agroindústria, consumo in natura e alimentação animal (ROCHA *et al.*, 2015; CONAB, 2020).

As principais perdas na produção de canaviais estão relacionadas aos problemas fitossanitários, sendo que as pragas apresentam grande relevância (NOCELLI *et al.*, 2017). A estimativa de perdas econômicas no Brasil em 2013 foi de 541 US\$/ha da produção (OLIVEIRA *et al.*, 2014). A praga mais importante em termos econômicos é *Diatraea saccharalis* (Fabricius, 1794) (Lepidoptera: Crambidae), que associada a *Colletotrichum falcatum* (Went, 1893) (Glomerellales: Glomerellaceae) formam o complexo broca-podridão (GALLO *et al.*, 2002; MENDES, 2012). Os danos causados resultam na redução dos teores de sólidos solúveis totais (Brix), do teor aparente de sacarose, da pureza e, conseqüentemente, na produção (VILELA *et al.*, 2017; FERREIRA *et al.*, 2018).

A presença em níveis significativos de outras pragas como cochonilha rosada, *Saccharicoccus sacchari* (Cockerell, 1895) (Hemiptera: Pseudococcidae) e cigarrinha da parte aérea, *Mahanarva posticata* (Stal, 1855) (Hemiptera: Cercopidae) podem ocasionar redução significativa da produção e do teor de brix em altas infestações (OLIVEIRA, 1981; PARRA; BOTELHO; PINTO, 2014; SCHÖBEL; CARVALHO, 2020). Além disso, são responsáveis por transmitir vírus e contaminar o caldo através da cera que *S. sacchari* produz, o que dificulta também o beneficiamento do mesmo (YAKOUB, 2012; BORGES FILHO *et al.*, 2016).

Compreender a flutuação populacional de insetos pragas ao longo do ano agrícola contribui para estratégias de manejo, entre as quais a idade fenológica, variedades e

meses do ano que requerem maior atenção, seja para monitoramento, controle preventivo ou curativo. Ainda, fatores como adubação, orientação geográfica e inimigos naturais podem ser determinantes para a presença ou ausência e variação de níveis populacionais de pragas (SPADOTTO *et al.*, 2014; ELHAM *et al.*, 2019). Dessa forma, há necessidade de estudo local e temporal das pragas existentes em canaviais e suas interações com o manejo cultura, clima e variedade.

Diante do exposto, essa pesquisa objetiva avaliar a incidência e flutuação populacional de insetos pragas e registrar a ocorrência de inimigos naturais em duas variedades de cana-de-açúcar (submetidas ou não a adubação química) ao longo de dois ciclos (cana-planta e primeira cana-soca). Além disso, correlacionar esse levantamento com as condições meteorológicas registradas para a região.

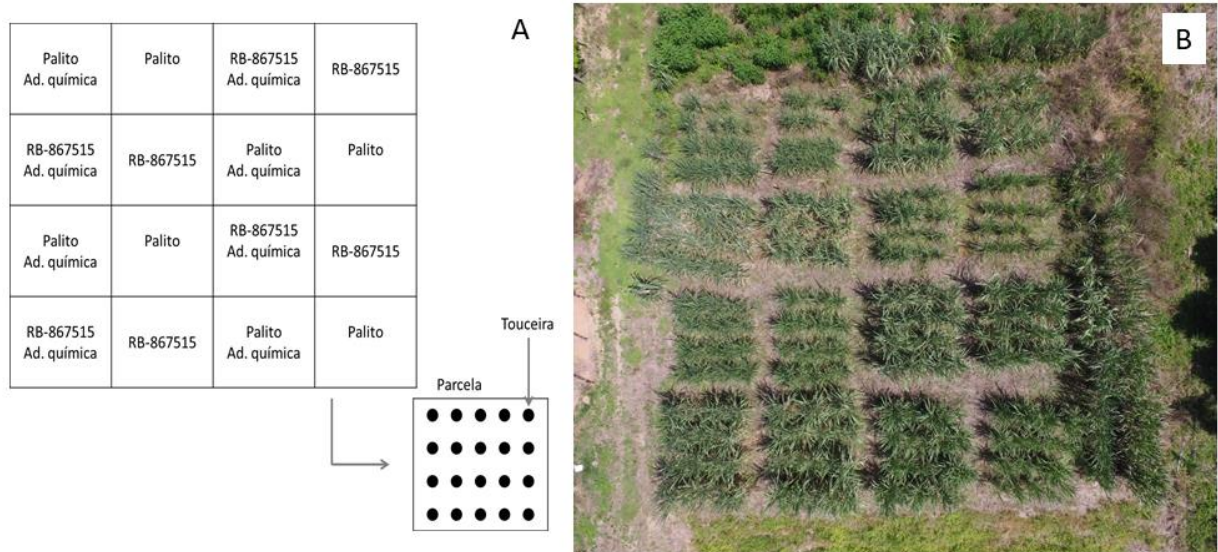
## **2. METODOLOGIA**

O experimento foi conduzido no período de 2019 a 2020 na área experimental do Centro de Ciências Agrárias e Engenharia da Universidade Federal do Espírito Santo (CCAUE/UFES), localizado no município de Alegre, no estado do Espírito Santo, Brasil (20°44'56" S - 41°29'25" O; altitude 140 metros).

### **2.1. PREPARO E MANEJO DA ÁREA EXPERIMENTAL**

O plantio da cana-de-açúcar foi realizado no dia 20 de outubro de 2018, conduzido por dois ciclos de cultivo: cana-planta e primeira cana-soca. O delineamento experimental foi em blocos casualizados com quatro repetições, no esquema fatorial 2x2, totalizando 16 parcelas. O primeiro fator constituído pela variedade comercial RB-867515 e pela variedade regional do sul do Espírito Santo "Palito" e o segundo fator por dois tipos de adubação, sem e com fertilizante químico. Cada parcela foi constituída de 4 linhas com 5 touceiras cada, com espaçamento de 1 m entre touceiras e 1,5 m entre linhas, totalizando 20 touceiras por parcela (Figura 1).





**Figura 1** – A) Croqui da área experimental com cultivo de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*); B) foto aérea da área experimental com cultivo de cana-de-açúcar.

No ciclo cana-planta todas as parcelas após três meses do plantio receberam adubação orgânica de 40 toneladas/ha de esterco bovino. Nos tratamentos com adubação química foi realizada a adubação com 700 Kg/ha do formulado 19-04-19 (N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O) no dia 11 de março de 2019. A recomendação foi realizada de acordo com o Manual de Recomendação de Calagem e Adubação para o Estado do Espírito Santo - 5ª aproximação para do ciclo da cana-planta (PREZOTTI *et al.*, 2007). O corte das plantas de cana-de-açúcar no ciclo cana-planta foi realizado no dia primeiro de dezembro de 2019.

No ciclo cana-soca, no dia 17 de março de 2020 todas as touceiras receberam adubação com esterco bovino (20 toneladas/ha). No dia 20 de abril de 2020, nos tratamentos com adubação química foram aplicados 266,67 kg/ha de ureia (120 Kg/ha de N), 166,67 Kg/ha de cloreto de potássio (100 Kg/ha de K<sub>2</sub>O) e 60 Kg/ha de Monoamônio fosfato - MAP (30 Kg/ha P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), de acordo com a análise de solo realizada e a recomendação do ciclo cana-soca do Manual de Recomendação de Calagem e Adubação para o Estado do Espírito Santo - 5ª aproximação (PREZOTTI *et al.*, 2007). O corte das plantas de cana-de-açúcar no ciclo cana-soca foi realizado no dia 28 de agosto de 2020.

Para avaliação da incidência e infestação de insetos-praga e presença de inimigos naturais nas plantas durante os ciclos, foi elaborado um croqui com a localização

dos blocos compostos pelos tratamentos e as plantas que representavam as repetições, sendo estas marcadas no campo com fitilhos coloridos.

Os dados meteorológicos, precipitação e temperatura mínima, média e máxima foram coletados por meio da estação automática do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e pela estação automática do Instituto Federal do Espírito Santo campus Alegre.

## 2.2. CLASSIFICAÇÃO TAXONÔMICA

A classificação taxonômica dos insetos-pragas e inimigos naturais foi realizada mediante coleta em campo, seguido por observações morfológicas com auxílio de lupa e comparações baseadas na bibliografia específica (Anexo 1 e 2). Para a identificação do fungo do complexo broca-podridão foram observadas as estruturas conidióforos e setas em microscópio ótico (Anexo 1-D-E).

## 2.3. AVALIAÇÕES

A quantificação populacional de insetos pragas foi realizada quinzenalmente no período de agosto a novembro de 2019 no ciclo cana-planta e de abril a agosto de 2020 no ciclo cana-soca. As avaliações foram realizadas em todas as plantas, por meio de observações diretas da presença ou ausência dos insetos nos três colmos identificados com fitilho em cada touceira. Foram registrados também a presença de inimigos naturais por meio das observações diretas, no período de agosto de 2019 a agosto de 2020.

A infestação do complexo *D. saccharalis*-*C. falcatum* foi avaliada no momento da colheita da cana-planta e primeira cana-soca em novembro de 2019 e agosto de 2020, respectivamente. Em cada parcela foram selecionadas seis touceiras centrais, sendo os três colmos identificados nestas touceiras, totalizando 18 colmos por parcela. Os colmos foram cortados longitudinalmente ao meio, para contabilizar o número total de entrenós e o número de entrenós broqueados, parâmetros utilizados para quantificar a intensidade de infestação (PARRA, 1993).

Com intuito de avaliar a preferência dos insetos sugadores em relação às variedades estudadas, após a quantificação da infestação de *D. saccharalis*-*C. falcatum* mediu-se a porcentagem em massa de sólidos solúveis (Brix) com a extração do caldo da cana-de-açúcar.

#### 2.4. ANÁLISE DOS DADOS

As incidências de insetos-praga foram submetidas à análise de variância multivariada “three-away” (dois ciclos x duas variedades x dois tipos de adubação), seguido por análises de variância univariadas para cada espécie, mantendo apenas os efeitos significativos (PROC GLM com MANOVA Statement). Quando necessário, foi utilizado o Teste de T ( $p < 0,05$ ). As médias de incidência foram correlacionadas com os dados meteorológicos por meio da análise de correlação de *Pearson*. A precipitação pluvial foi representada pela soma e a temperatura pelas médias dos valores desses fatores registradas nos quinze dias que antecederam as avaliações.

As médias do complexo *D. saccharalis*-*C. falcatum* e de Brix foram submetidas à análise ao teste de F ( $p < 0,05$ ), e as médias comparadas pelo teste T ( $p < 0,05$ ).

O programa utilizado para o processamento das análises foi o software R, versão 3.4.4.

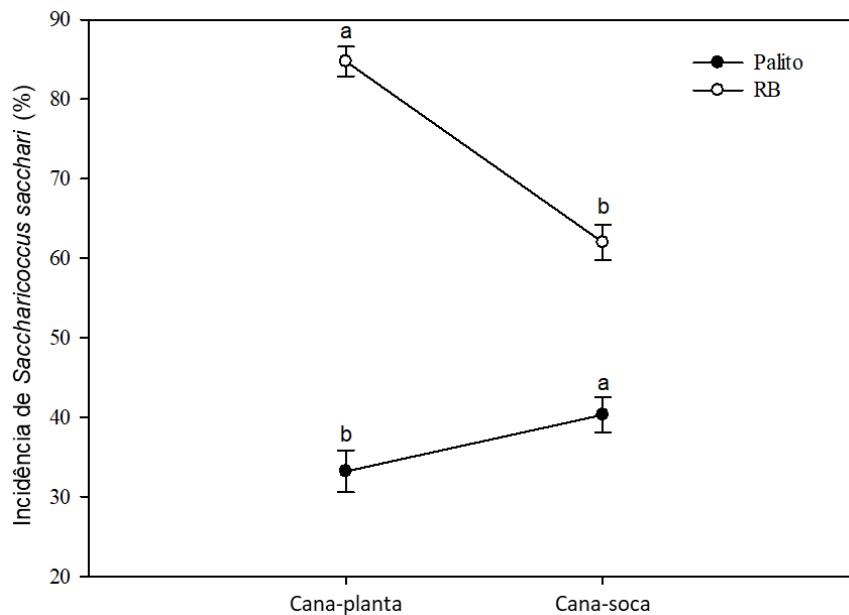
### 3. RESULTADOS

Foram registrados na área de estudo os insetos-praga *Saccharicoccus sacchari*, *Mahanarva posticata* e o complexo *Diatraea saccharalis*-*Colletotrichum falcatum*.

As incidências de *S. sacchari* e *M. posticata* não apresentaram interação tripla entre os fatores ciclos de cultivo, variedades e adubações. Contudo, houve diferenças significativas entre os ciclos de cultivo, variedades e interação entre estes fatores (F: 7,54, GL: 1, P: 0,0007). Não houve efeito da adubação.

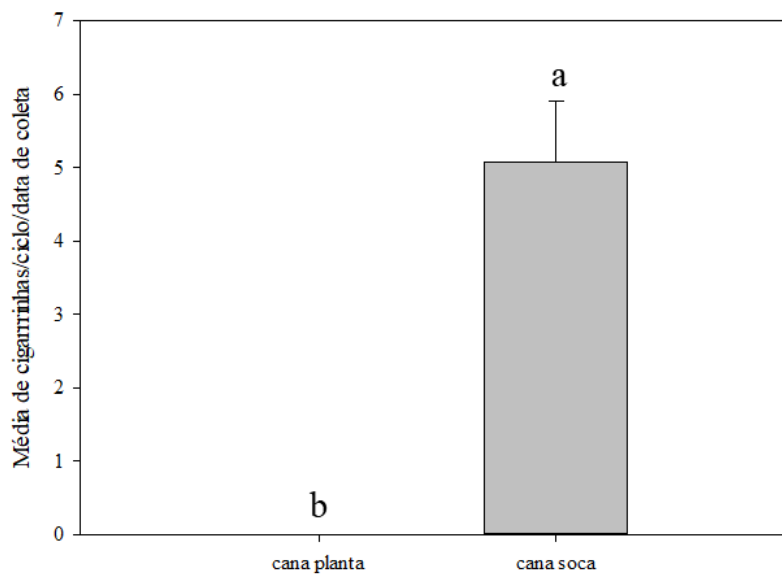
Analisando cada espécie separadamente, houve interação significativa na incidência de *S. sacchari* entre as variedades e os ciclos de cultivo (F: 28,75, GL: 1, P:  $< 0,0001$ ). No ciclo cana-planta a incidência de *S. sacchari* na variedade RB-867515 foi estatisticamente superior em relação a incidência no ciclo cana-soca,

diferentemente da incidência na variedade Palito, a qual foi estatisticamente inferior no ciclo cana-planta (Figura 2).



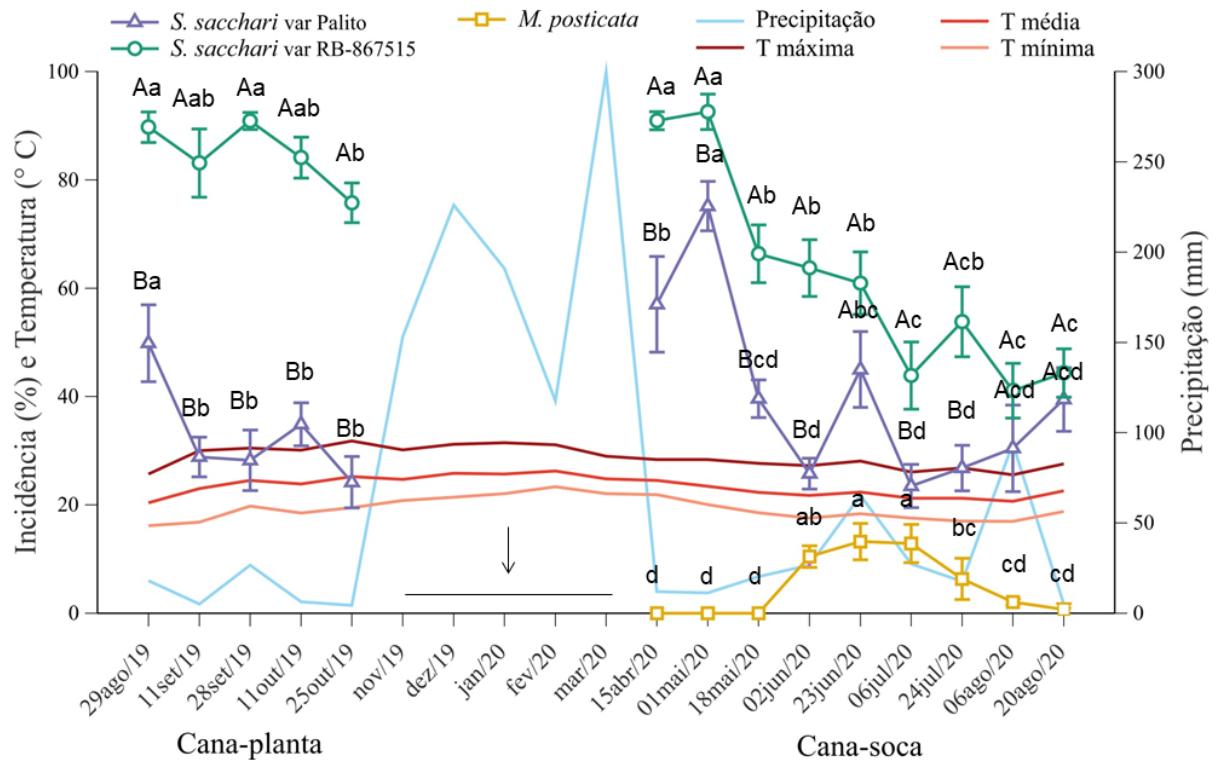
**Figura 2** – Incidência de *S. sacchari* nas variedades RB-867515 e Palito nos ciclos de cultivo de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*) cana-planta e primeira cana-soca. As letras minúsculas comparam os ciclos de cultivo pelo teste de análise univariada ( $p < 0,05$ ).

A incidência de *M. posticata* diferiu apenas entre os ciclos de cultivo (F: 20,36, GL:1, P: <0,0001). No ciclo cana-planta não houve incidência e no ciclo cana-soca a média de incidência foi de 5,07% (Figura 3).



**Figura 3** – Incidência de *M. posticata* nos ciclos de cana de açúcar (*Saccharum officinarum*) cana-planta e primeira cana-soca. As letras minúsculas comparam os ciclos de pelo teste de análise univariada ( $p < 0,05$ ).

No ciclo de cultivo cana-planta a variedade RB-867515 apresentou incidência de *S. sacchari* estatisticamente superior a variedade Palito (Figura 4). No ciclo cana-soca a incidência na variedade Palito e RB-867515 foram estatisticamente iguais apenas na segunda avaliação do mês de junho e no mês de agosto.



**Figura 4** - Incidência de *Saccharicoccus sacchari* e *Mahanarva posticata* nas variedades de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*) Palito e RB-867515 no ciclo cana-planta e primeira cana-soca e temperatura mínima, média e máxima e precipitação de agosto de 2019 a agosto de 2020. Médias acompanhadas de letras maiúsculas comparam as variedades e minúsculas entre os meses avaliados em cada ciclo. Médias acompanhadas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste T ( $p < 0,05$ ) e as barras representam o desvio médio padrão. A seta indica o período de colheita e brotação.

No ciclo cana-planta a incidência de *S. sacchari* na variedade RB-867515 variou decrescendo ligeiramente e na variedade Palito a incidência reduziu em setembro e se manteve constante estatisticamente até o final do ciclo (Figura 3). No ciclo cana-soca para as duas variedades as médias de incidência de *S. sacchari* foram superiores nos meses de abril e maio e inferiores a partir do mês de julho. Neste mesmo ciclo, a incidência de *M. posticata* foi superior em junho e julho.

Por meio da correlação de *Pearson* foi possível identificar na variedade Palito, no ciclo cana-planta, correlação negativa entre a incidência de *S. sacchari* e

temperatura média e máxima (Tabela 1). À medida que a temperatura aumentou nos meses avaliados, a incidência reduziu (Figura 4).

**Tabela 1** – Correlação de *Pearson* entre a incidência de *Saccharicoccus sacchari* e as variáveis climáticas, temperatura mínima, média e máxima e precipitação nos ciclos de cultivo cana-planta e primeira cana-soca.

Variáveis meteorológicas	Ciclo cana-planta				Ciclo cana-soca			
	Palito		RB-867515		Palito		RB-867515	
	$\rho^1$	p-valor	$\rho^1$	p-valor	$\rho^1$	p-valor	$\rho^1$	p-valor
Temperatura mínima	-0,724	0,1670	-0,254	0,6801	0,806	0,0086	0,8187	0,0069
Temperatura média	-0,927	0,0234	-0,540	0,347	0,822	0,0064	0,8471	0,0039
Temperatura máxima	-0,971	0,0060	-0,624	0,2599	0,766	0,0156	0,8026	0,0092
Precipitação	0,294	0,6316	0,850	0,0683	-0,284	0,4582	-0,427	0,2511

<sup>1</sup> Coeficiente de correlação de *Pearson*.

Correlação positiva foi observada no ciclo cana-soca, entre as temperaturas e a incidência de *S. sacchari* nas duas variedades (Tabela 1). Temperaturas mais baixas reduziram a incidência, o que contraria os resultados encontrados no ciclo cana-planta. Todavia, nota-se que as médias de temperatura mínima, média e máxima que coincidem com as maiores incidências nos dois ciclos foi de 20 °C, 23 °C e 28 °C, e que temperaturas acima ou abaixo reduziram, mesmo que sutilmente, a incidência de *S. sacchari* (Figura 4). A precipitação não interferiu na incidência do inseto-praga nos dois ciclos de cultivo.

As médias de incidência de *M. fimbriolata* apresentaram correlação negativa com as temperaturas mínimas, médias e máximas, mas não houve correlação a precipitação pluviométrica.

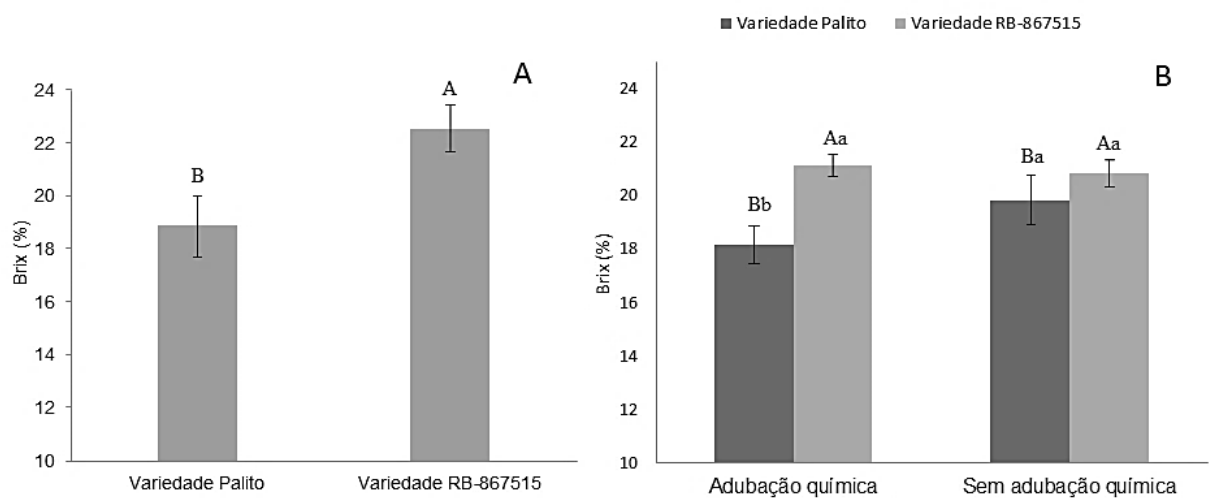
**Tabela 2** - Correlação de *Pearson* entre a incidência de *Mahanarva posticata* e as variáveis climáticas, temperatura mínima, média e máxima e precipitação nos ciclos de cultivo primeira cana-soca.

Variáveis meteorológicas	$\rho^1$	p-valor
Temperatura mínima	-0,7143	0,0306
Temperatura média	-0,7063	0,0334
Temperatura máxima	-0,6005	0,0873

Precipitação	0,4799	0,1911
--------------	--------	--------

<sup>1</sup> Coeficiente de correlação de *Pearson*.

As médias de grau Brix no ciclo cana-planta foram estatisticamente diferentes entre as variedades (Figura 5-A). A RB-867515 apresentou média de Brix 22,55% e a Palito 18,84%. No ciclo cana-soca, houve interação das médias de Brix entre as variedades e a adubação, porém a variedade RB-867515 apresentou média de Brix de 20,97%, sendo superior à variedade Palito, que apresentou média de Brix de 18,98%, independente da aplicação ou não da adubação química (Figura 5-B).



**Figura 4** - Teor de sólidos solúveis das variedades de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*) Palito e RB-867515: A) ciclo de cultivo cana-planta; B) ciclo de cultivo cana-soca. Letras maiúsculas comparam as variedades e letras minúsculas as adubações. Médias acompanhadas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste F ( $p < 0,05$ ) e as barras representam o desvio padrão.

A infestação do complexo *D. saccharalis*-*C. falcatum* foi inferior a 1% nos dois ciclos avaliados. Dessa forma, não ocorreu interação da infestação entre os fatores variedade, adubação e tempo de avaliação e significância na análise de cada fator isoladamente ao nível de 5% de probabilidade.

Foram registradas as presenças dos inimigos naturais *Doru luteipes* (Scudder, 1876) (Dermaptera: forficulidae), massa de pupas de *Cotesia flavipes* (Cameron, 1891) (Hymenoptera: Braconidae), coccinelídeos (Coleoptera: Coccinellidae), crisopídeos (Neuroptera: Chrysopidae) e o fungo entomopatogênico *Aspergillus parasiticus* (Speare, 1912) (Eurotiales: Trichocomaceae).

#### 4. DISCUSSÃO

A população de insetos pragas varia em função do tempo, influenciada por fatores bióticos a abióticos, fazendo-se necessário estudar e compreender a flutuação populacional destes insetos, permitindo o desenvolvimento de estratégias de manejo viáveis. Dessa forma, ficou evidente para as condições desse experimento que a incidência de *S. sacchari* foi superior na variedade RB-867515 em relação a variedade Palito, nos dois ciclos avaliados, e que a temperatura de 23°C foi favorável ao desenvolvimento do inseto. A maior incidência na variedade RB-867515 pode estar atribuída aos altos teores de sólidos solúveis totais e pelo baixo índice de desfolha apresentado pela variedade (DAROS *et al.*, 2010).

Quando comparadas às médias de Brix das variedades, a RB-867515 apresenta valores estatisticamente superiores à variedade Palito. Insetos sugadores como *S. sacchari*, selecionam suas plantas hospedeiras de acordo com o conteúdo nutricional, e o grau Brix é um dos fatores para a escolha de variedades (ALMEIDA-CORTEZ, 2005; VOORRIPS *et al.*, 2008). A variedade RB-867515 oferece altos teores de açúcares, assim os insetos necessitam sugar menor quantidade de seiva para suprir nas necessidades, dessa forma o gasto energético é reduzido durante a alimentação. Além disso, a qualidade do alimento, por meio da composição em carboidratos, proteínas e vitaminas, influencia o ciclo de vida dos insetos, a longevidade e velocidade de desenvolvimento e em alguns casos até na fecundidade (SILVEIRA NETO *et al.*, 1976).

O outro fator que pode ser atribuído às médias superiores de incidência de *S. sacchari* na variedade RB-867515 é a característica da planta. A RB-867515, por não apresentar desfolha, proporciona ambiente favorável ao inseto e se difere da variedade Palito, que apresenta alta desfolha, permanecendo nos colmos apenas as folhas fotossintéticas ativas (DAROS *et al.*, 2010). As folhas da variedade RB-867515, mesmo após secas, permanecem anexadas ao colmo, de modo que oferecem proteção a *S. Sacchari*, que se alojam nos nós (BORGES FILHO *et al.*, 2016). A bainha foliar executa a função de barreira contra a perda de umidade pela radiação e pelo vento e para inseticidas de contato, além de proteção contra inimigos naturais (INKERMAN, 1986; BORGES FILHO *et al.*, 2016).



No ciclo cana-soca a redução da incidência da *S. sacchari* foi registrada a partir de junho a agosto, meses que ocorreu também a redução da temperatura média, cerca de 21°C. Os meses de abril e início de maio apresentaram as maiores incidências no período de avaliação, com temperatura média de 23°C, o que acorda com a literatura, que indica maiores infestações principalmente nos meses menos frios, com incidência de 80 a 90% (BONNETT; HEWITT, 2005; BORGES FILHO *et al.*, 2016; BORGES FILHO *et al.*, 2019; EBIEDA *et al.*, 2020; LATHA; BAUTISTA, 2020). Todavia, temperaturas médias maiores que 24°C também provocaram a redução da incidência, como observado no Rio Grande do Sul nos anos de 2013 a 2015 (BORGES FILHO *et al.*, 2019).

A incidência de *M. posticata* foi verificada nos meses de junho de 2020 a agosto de 2020, período onde é relatada a incidência do inseto em canaviais (OLIVEIRA, 1981). Apesar de apresentar baixa incidência, inferior a 6%, de acordo com a literatura e o registrado nessa pesquisa, o alto índice pluviométrico permite a elevação da umidade do ar, o que torna o ambiente favorável para *M. posticata*. (OLIVEIRA, 1981). Nos meses de julho e agosto a incidência reduz, o que pode estar relacionado a temperatura mínima de 16°C, que desfavorece o desenvolvimento do inseto.

O complexo *D. saccharalis-C. falcatum* apresentou média de infestação inferior a 1%, nos dois ciclos avaliados. A média reeduzida de infestação do complexo *D. saccharalis-C. falcatum* e de incidência de *M. posticata* não possibilitaram diagnosticar se os insetos apresentavam preferência pelas variedades e se a adubação química inferiu nos ataques.

A baixa presença de *M. posticata* e *D. saccharalis-C. falcatum* pode estar relacionada principalmente com a ausência de grandes áreas de canaviais próximos ao local onde foi conduzido o experimento, mesmo sendo pragas de grande importância comercial. Na região sul do estado do Espírito Santo a predominância é de agricultora familiar, com pequenas áreas de cultivo, assim ocorrem poucos focos de disseminação de insetos pragas, uma vez que a ocorrência destas é favorecida pela concentração geográfica da cultura (SPADOTTO *et al.*, 2014; IBGE, 2019). Todavia, o uso intensivo de poucas variedades no estado indica elevado Índice de Concentração Varietal, o que pode ocasionar futuramente a alta exposição à riscos

biológicos, como o elevado ataque de pragas e doenças (BRAGA JUNIOR *et al.*, 2018).

Além da baixa concentração de cultivos de cana-de-açúcar, ocorreu controle biológico natural no canavial. Foram registradas as presenças dos inimigos naturais *D. luteipes*, coccinelídeos, crisopídeos e *C. flavipes*, parasitoide de *D. saccharalis* (KASSAB *et al.*, 2020). A proximidade com áreas de vegetação nativa e culturas como o milho e sorgo proporcionou atrair estes inimigos naturais, uma vez que fornecem alimentos e abrigo. Além disso, não foram realizadas aplicações de inseticidas (NARANJO-GUEVARA *et al.*, 2017).

Foi registrada também a colonização do fungo entomopatogênico *Aspergillus parasiticus* em *S. sacchari*. Este fungo apresenta capacidade de colonizar o inseto, causando a morte do mesmo, o qual atua como controle biológico natural, segundo descrito por Drummond, De Barro e Pinnock (1991).

## 5. CONCLUSÕES

A incidência de *S. sacchari* foi influenciada pela temperatura nos meses analisados e a maior incidência foi registrada nos meses de abril e maio, com temperatura média de 23°C. A variedade RB-867515 e Palito apresentaram incidência de *S. sacchari*, porém as maiores médias foram registradas na RB-867515. Portanto, a partir desta combinação o monitoramento deve ser intensificado para auxiliar a adoção ou não de métodos de controle.

A incidência de *M. posticata* e a infestação do complexo *D. saccharalis* e *C. falcatum* foram inferiores a 6% e 1%, respectivamente.

Foram registradas as presenças dos inimigos naturais *Doru luteipes*, *Cotesia flavipes*, coccinelídeo, crisopídeo e o fungo entomopatogênico *Aspergillus parasiticus*.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA-CORTEZ, J. S. Herbivoria e mecanismos de defesa vegetal. In: NOGUEIRA, R.J.M.C.; ARAÚJO, E.L.; WILLADINO, L.G.; CALVALCANTE, U.M.T. (Eds). **Estresses ambientais: danos e benefícios em plantas**. Recife: UFRPE/Imprensa Universitária, 2005. p. 389-396.
- BONNETT, G. D.; HEWITT, M. L. Numbers of pink sugarcane mealy bug, *Saccharicoccus sacchari* (Cockerell)(Hemiptera: Pseudococcidae), differ within seasons and among regions and stages of the sugarcane crop cycle. **Australian Journal of Entomology**, v. 44, n. 3, p. 304-309, 2005.
- BORGES FILHO, R. DA C.; STURZA, V. S.; BERNARDI, D.; DA CUNHA, U. S.; PINTO, A. S. E.; SILVA, S. D. D. A.; NAVA, D. E. Population dynamics of pests and natural enemies on sugar cane grown in a subtropical region of Brazil. **Florida Entomologist**, v. 102, n. 3, p. 526-530, 2019.
- BORGES FILHO, R. DA C.; STURZA, V.S.; NAVA, D.; GUEDES, J. (2016). Bioecologia e Manejo de Pragas. In: SILVA, S. D. dos A.; MONTERO, C. R. S.; SANTOS, R. C. dos.; NAVA, D. E.; GOMES, C. B.; ALMEIDA, I. R. de (Ed.). **Sistema de produção de cana-de-açúcar no Rio Grande do Sul**, Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2016, p. 75-97.
- BRAGA JUNIOR, R. L. C.; LANDELL, M. G. A. A P.; BIDÓIA, M. A. C.; SILVA, T. N.; THOMAZINHO JÚNIOR, J. R.; SILVA, V. H. P. **Censo varietal IAC de cana-de-açúcar na região Centro-Sul do Brasil – Safra 2017/18**. Campinas: Instituto Agrônômico (IAC), n. 219, p. 1-57, 2018.
- CONAB – COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira: cana-de-açúcar segundo levantamento**. Brasília: Conab, v. 7. n. 2, 2020.
- DAROS, E.; OLIVEIRA, R. A.; ZAMBON, J. L. C.; FILHO, J. C. B. **Catálogo nacional de variedades “RB” de cana-de-açúcar**. Curitiba: Ridesa, 2010.
- DRUMMOND, J.; DE BARRO, P. J.; PINNOCK, D. E. Field and laboratory studies on the fungus *Aspergillus parasiticus*, a pathogen of the pink sugar cane mealybug *Saccharicoccus sacchari*. **Biological Control**, v. 1, n. 4, p. 288-292, 1991.

EBIEDA, A. M. M., MOHANNY, K. M., MOHAMED, G. S., ALLAM R. O. H., SADAN, M. A. A. Predicted voltinism for *Saccharicoccus sacchari* (Cockerell) (Hemiptera: Pseudococcidae) on sugarcane in Egypt. **Plant Archives**, v. 20, n. 2, p. 2708-2714, 2020.

ELHAM, A. K., IMAN, I. A. E. S., MARWA, M. E. D., HAGGAG, S. Z. Taxonomic studies of common genera and species of family Pseudococcidae (Hemiptera: Coccoidea) with a taxonomic key for the species in Egypt. **Egyptian Journal of Plant Protection Research Institute**, v. 2, n. 1, p. 49-66, 2019.

FAO. World Food and Agriculture - **Statistical Yearbook**, 2020.

FERREIRA, C. A. D. S.; SANTANA, M. V.; SANTOS, J. B. D.; SANTOS, T. T. M. D.; LÔBO, L. M.; FERNANDES, P. M. Yield and technological quality of sugarcane cultivars under infestation of *Diatraea saccharalis* (Fabr., 1794). **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 85, 2018.

GALLO, D.; NAKANO, O.; SILVEIRA NETO, S.; CARVALHO, R. P. L.; BAPTISTA, G. C.; BERTI FILHO, E.; PARRA, J. R. P.; ZUCCHI, R. A.; ALVES, S. B.; VENDRAMIM, J. D.; MARCHINI, L. C.; LOPES, J. R. S.; OMOTO, C. **Entomologia Agrícola**. Piracicaba: FEALQ, 2002, p. 450-461.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Agropecuário 2017: Resultados Definitivos**. Rio de Janeiro: Censo Agropecuário, v. 8, p. 1-105, 2019.

INKERMAN, P. A.; ASHBOLT, N. J.; CARVER, M.; WILLIAMS, D. J. Observations on the pink sugarcane mealybug, *Saccharicoccus sacchari* (Cockerell), in Australia (Homoptera: Pseudococcidae). **Proceedings of the International Society of Sugar Cane Technologists**, vol. 10, p. 612-619, 1986.

KASSAB, S. O.; BARBOSA, M. S.; PEREIRA, F. F.; ROSSONI, C.; PASTORI, P. L.; LUCCHETTA, J. T.; GUERRA, M. S.; ZANUNCIO, J. C. Reproductive potential and biological characteristics of the parasitoid *Cotesia flavipes* (Hymenoptera: Braconidae) in *Diatraea saccharalis* (Lepidoptera: Crambidae) depending on parasitoid-host ratio. **Florida Entomologist**, v. 103, n. 3, p. 316-320, 2020.

LATHA, T.; BAUTISTA, K. Preliminary investigation on insect pests of sugarcane in the northern sugar belt region of Belize. **Journal of Entomology and Zoology Studies**, v. 8, n. 2, p. 1334-1340, 2020.

MENDES, S. M.; VIANA, P. A.; CRUZ, I.; WAQUIL, J. M. Controle de pragas. In EDITED, B. Y.; MAY, A.; DURÃES, F. O. M.; PEREIRA FILHO, I. A.; SCHAFFERT, R. E.; PARRELLA, R. A. DA C. **Sistema Embrapa de produção agroindustrial de sorgo sacarino para bioetanol. Sistema BRS1G – Tecnologia Qualidade Embrapa**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2012, p. 57-67.

NARANJO-GUEVARA, N.; PEÑAFLORES, M. F. G.; CABEZAS-GUERRERO, M. F.; BENTO, J. M. S. Nocturnal herbivore-induced plant volatiles attract the generalist predatory earwig *Doru luteipes* Scudder. **The Science of Nature**, v. 104, n. 9, p. 1-11, 2017.

NOCELLI, R. C. F.; ROAT, T. C.; SOCOLOWSKI, P. C.; MALASPINA, O. Controle de pragas na cana-de-açúcar e seu impacto sobre organismos voadores não alvos. In: **Cana-de-açúcar e seus impactos: uma visão acadêmica**, 1. ed. Bauru, 2017. p. 89-91.

OLIVEIRA, A. M.; AUAD, S. M.; MENDES, M. R. FRIZZAS, M R. Crop losses and the economic impact of insect pests on Brazilian agriculture. **Crop Protection**, v. 56, p. 50-54, 2014.

OLIVEIRA, M. L. de. (1981). **Climatic factors and populational dynamics of *Mahanarva posticata* (Stal-1855) (Homoptera-Cercopidae) as a contribution to a possible regional implantation of the sterile male technique**. Available from INIS: [http://inis.iaea.org/search/search.aspx?orig\\_q=RN:13695905](http://inis.iaea.org/search/search.aspx?orig_q=RN:13695905).

PARRA, J. R. P. Controle das principais pragas da cana-de-açúcar. **Produção de cana-de-açúcar**. Piracicaba: Fealq, p.184-197, 1993.

PARRA, J. R. P., BOTELHO, P. S. M., & PINTO, A. D. S. Biological control of pests as a key component for sustainable sugarcane production. In Cortez, L. A. B. **Sugarcane bioethanol — R&D for Productivity and Sustainability**, São Paulo: Editora Edgard Blücher, 2014. p.441-450

PREZOTTI, L. C.; GOMES, J. A.; DADALTO, G. G.; OLIVEIRA, J. A. **Manual de recomendação de calagem e adubação para o Estado do Espírito Santo**. 5ª ed. Vitória: SEEA/Incaper/CEDAGRO, 2007.

ROCHA, M. A. M.; AOKI, P.; ROCHA, C. A. A.; AMORIM, B. Difusão de inovações tecnológicas da cana-de-açúcar para caldo aos produtores rurais do Estado do Espírito Santo. **Cadernos de Agroecologia**, v. 10, n. 3, 2015. Edição dos Resumos do IX Congresso Brasileiro de Agroecologia e IV Seminário Estadual de Agroecologia, Belém, PA, set./out. 2015.

SCHÖBEL, C.; CARVALHO, G. S. Niche Modeling of Economically Important *Mahanarva* (Hemiptera, Cercopidae) Species in South and Central America: Are Brazilian Spittlebug Sugarcane Pests Potential Invaders of South and Central America?. **Journal of economic entomology**, v. 113, n. 1, p. 115-125, 2020.

SILVEIRA NETO, S., NAKANO, O., BARBIN, D., NOVA, N. A. V. **Manual de Ecologia dos Insetos**, Editora Agronômica Ceres. São Paulo, p. 161-167, 1976.

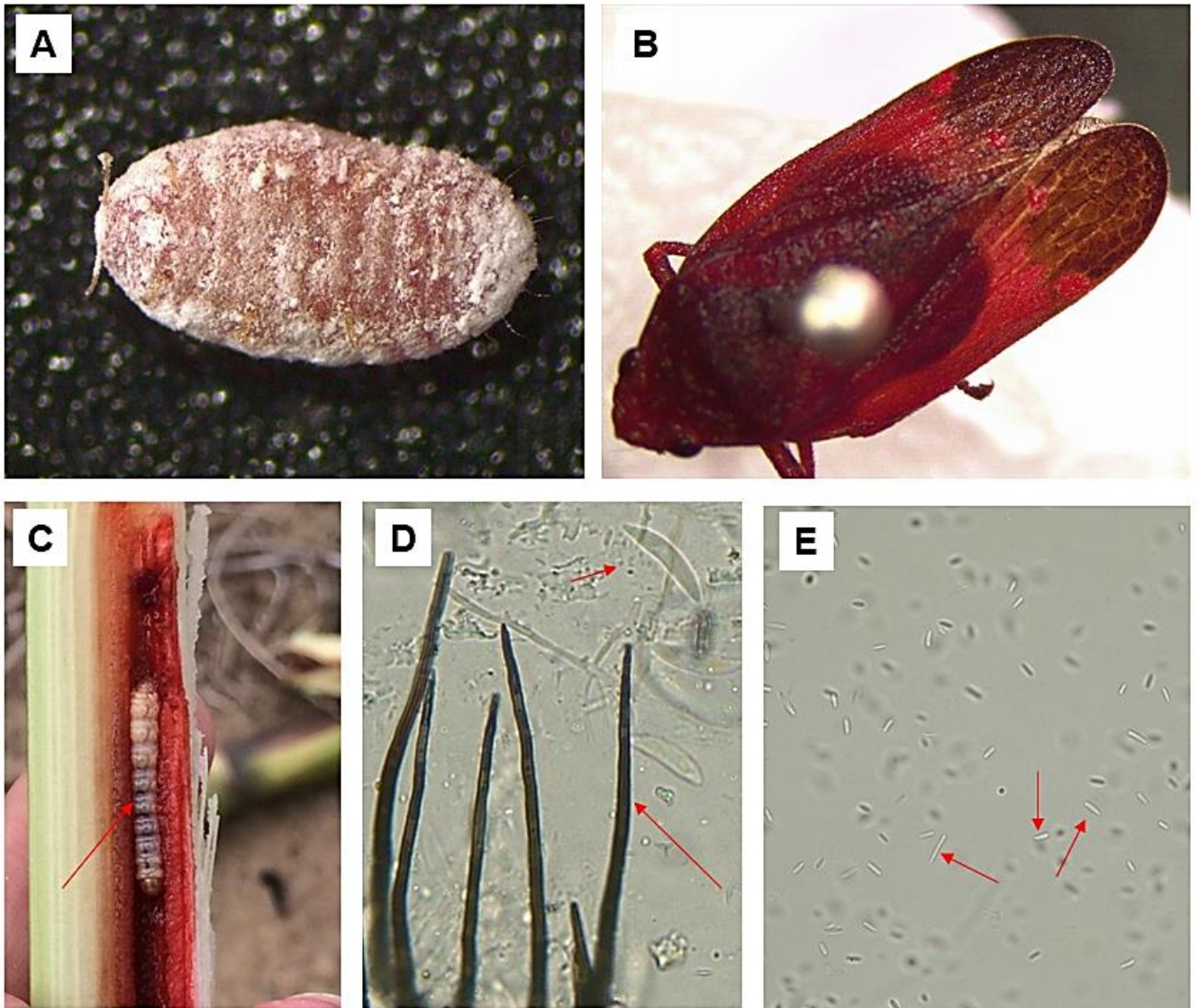
SPADOTTO, C. A.; MINGOTI, R.; HOLLER, W. A. **Distribuição da produção agrícola e vias de acesso de pragas quarentenárias no Brasil**. Campinas: Embrapa Gestão Territorial, p. 2, 2014.

VILELA, M.; NUNES DOS SANTOS, A. J.; SIMEONE, M. L. F.; COSTA PARRELLA, R. A.; DIONISIA DA SILVA, D.; PARREIRA, D. F.; OKUMURA, F.; SCHAFFERT, R. E.; MENDES, S. M. Influence of *Diatraea saccharalis* (Lepidoptera: Crambidae) infestation on sweet sorghum productivity and juice quality. **African Journal of Agricultural Research**, v. 12, p. 2877-2885, 2017.

VOORRIPS, R. E.; STEENHUIS-BROERS, G.; TIEMENS-HULSCHER, M.; VAN BUEREN, E. T. L. Plant traits associated with resistance to *Thrips tabaci* in cabbage (*Brassica oleracea* var capitata). **Euphytica**, v. 163, n. 3, p. 409, 2008.

YAKOUB, R. S. **Effect of infestation with pink sugarcane mealybug, *Saccharicoccus sacchari* Ckll. on the physical and chemical characters of sugarcane cultivars**. Thesis (Ph. D Degree). Faculty of Agricultural of Cairo University, Egypt, 2012.

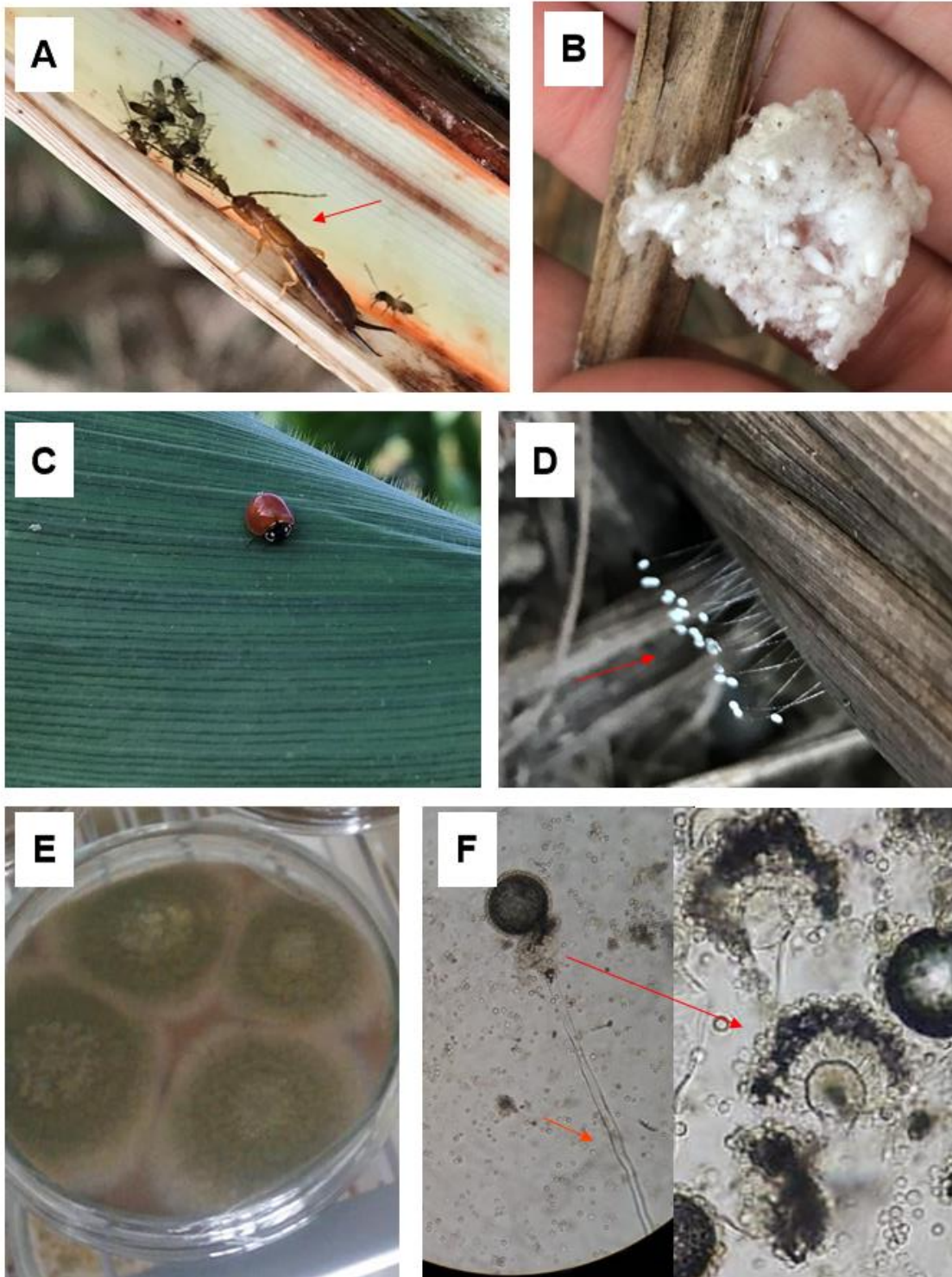
## APÊNDICE 1 – IDENTIFICAÇÃO MORFOLÓGICA



Identificação morfológica: A) Adulto de *Saccharicoccus sacchari*; B) Adulto macho de *Mahanarva posticata*; C) Fase jovem de *Diatraea saccharalis*; D) conidióforos e setas de *Colletotrichum falcatum*; e E) conídios falcados e hialinos de *C. falcatum*.



## APÊNDICE 2 – IDENTIFICAÇÃO MORFOLÓGICA



Identificação morfológica: A) Adulto de *Doru luteipes* B); Massa de pupa de *Cotesia flavipes*; C) Adulto de coccinélídeo; D) Ovos de crisopídeo; E) Placa de Petri com colônia de *Aspergillus parasiticus*; F) Seta da esquerda aponta conidióforo e seta da direita conídeos de *A. parasiticus*.



## CAPÍTULO 2

Diagrama de área padrão com fotografias coloridas para estimar a severidade da ferrugem marrom na cana-de-açúcar

**RESUMO:** A ferrugem marrom, causada pelo fungo *Puccinia melanocephala*, é uma doença de grande impacto na cultura da cana-de-açúcar. A intensidade da doença é estimada visualmente, em termos de severidade, com a utilização de escala diagramática com diagrama bicolor (SAD2col). O uso de diagramas com fotografias coloridas representa os sintomas da doença observados em campo, favorecendo a estimativa visual da severidade. Com o objetivo de aumentar a acurácia, repetibilidade e reprodutibilidade das estimativas de severidade da ferrugem marrom em cana-de-açúcar, este estudo foi realizado para elaborar e validar um diagrama de área padrão (SAD) construído com fotografias coloridas (SADcp). Para tanto, foram coletadas folhas com diferentes intensidades de sintomas nas lavouras, e a real severidade foi determinada com o auxílio do software QUANT. Os níveis intermediários da escala foram determinados com base na distribuição de frequência dos valores de severidade. Catorze avaliadores estimaram a severidade da doença em 50 folhas com diferentes intensidades de sintomas. Uma avaliação sem o diagrama de área padrão, duas avaliações com SADcp e duas avaliações com diagrama bicolor (SAD2col) foram realizadas em intervalos de sete dias. Os dados foram analisados por regressão linear e coeficiente de correlação de concordância de Lin. Sem o diagrama e com o diagrama SAD2col os avaliadores superestimaram a severidade da doença. Com o uso do SADcp, os avaliadores apresentaram melhores níveis de acurácia, precisão, reprodutibilidade e repetibilidade nas estimativas, quando comparados à quando não usaram o SAD ou quando usaram o SAD2col. Portanto, o SADcp foi adequado para estimar a severidade da ferrugem marrom em cana-de-açúcar.

**PALAVRA-CHAVE:** *Puccinia melanocephala*; escala diagramática; quantificação; correlação de Lin.

Standard area diagram with color photographs to estimate the severity of brown rust  
in sugarcane

**ABSTRACT:** Brown rust, caused by the fungus *Puccinia melanocephala*, is a disease of great impact on the culture of sugar cane. The intensity of the disease is estimated visually, in terms of severity, using a diagrammatic scale with a two-color diagram (SAD2col). The use of diagrams with color photographs represents the symptoms of the disease observed in the field, favoring the visual estimate of severity. In order to increase the accuracy, repeatability and reproducibility of the estimates of the severity of brown rust in sugarcane, this study was carried out to develop and validate a standard area diagram (SAD) constructed with color photographs (SADcp). For that, leaves were collected with different intensity of symptoms in the crops, and the real severity was determined with the aid of the QUANT software. The intermediate levels of the scale were determined based on the frequency distribution of the severity values. Fourteen evaluators estimated the severity of the disease in 50 leaves with different symptom intensities. One evaluation without the standard area diagram, two evaluations with SADcp and two evaluations with a two-color diagram (SAD2col) were performed at seven-day intervals. The data were analyzed by linear regression and Lin's concordance correlation coefficient. Without the diagram and with the SAD2col diagram, the evaluators overestimated the severity of the disease. With the use of SADcp, the evaluators showed better levels of accuracy, precision, reproducibility and repeatability in the estimates, when compared to when they did not use the SAD or when they used the SAD2col. Therefore, SADcp was adequate to estimate the severity of brown rust in sugarcane.

**KEYWORDS:** *Puccinia melanocephala*; diagrammatic scale; quantification; Lin correlation.

## 1. INTRODUÇÃO

A cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*) é de grande importância mundial, com destaque para o Brasil, maior produtor da cultura, com área colhida estimada para a safra 2020/21 de 8,44 milhões de hectare e produção de 642,1 milhões de toneladas. No Espírito Santo para a safra 20/21 estima-se uma produção acima de 2,8 milhões de ton, em 49 mil ha (CONAB, 2020). No estado a principal demanda da cana-de-açúcar é para a produção de etanol, mas parte ainda é destinada para alimentação humana, na fabricação de açúcar e também para a alimentação animal (ROCHA *et al.*, 2015; CONAB, 2020). No entanto, problemas fitossanitários são uma grande preocupação para qualquer finalidade, uma vez que podem ocorrer perdas em qualidade do produto e/ou redução da produção.

A ferrugem marrom, causada pelo fungo *Puccinia melanocephala*, é historicamente uma das principais doenças presente em canaviais brasileiros. Os esporos são visualizados na face abaxial das folhas e apresentam formato oval, com coloração marrom, parede delgada uniforme e presença de parafisos (PURDY; LIU; DEAN, 1983; ORDOÑEZ, SÁNCHEZ e KAFURE, 2010). À medida em que a doença progride, ocorre considerável perda de área fotossintética da planta, o que carrega danos à cultura (TOKESHI, 1997; MATSUOKA; GARCIA; ARIZONO, 2005).

A principal forma de manejo da doença é o uso de cultivares resistentes. No entanto, *P. melanocephala* apresenta alta capacidade de adaptação, de forma a suplantar facilmente a resistência (HOY; AVELLANEDA; BOMBECINI, 2014). Devido à sua importância e ampla distribuição geográfica, é necessário que se realize um monitoramento constante das áreas. Contudo, a simples observação da ocorrência ou a utilização de critérios subjetivos na quantificação da doença, na maioria dos casos, induz ao erro. Desta forma, a adoção de parâmetros precisos na quantificação auxilia na tomada de decisão para o controle (LENZ *et al.*, 2009). Com o uso de escalas diagramáticas é possível reduzir a subjetividade das estimativas de severidade (MARTINS *et al.*, 2004; AQUINO *et al.*, 2008; LENZ *et al.*, 2009).

Atualmente, para determinar a severidade da *P. melanocephala* em cana-de-açúcar é utilizado o diagrama bicolor (SAD2col) proposto por Amorim *et al.* (1987), porém devido à representação realista dos sintomas, as escalas diagramáticas têm sido

preferencialmente desenvolvidas a partir de fotografias coloridas (SADcp), o que torna necessário a atualização de diagramas bicolores de patossistemas de interesse econômico (BELAN *et al.*, 2014; SCHWANCK; DEL PONTE, 2014; DEL PONTE; NELSON; PETHYBRIDGE, 2019; BELAN *et al.*, 2020; NASCIMENTO *et al.*, 2020; PEREIRA *et al.*, 2020; FRANCESCHI *et al.*, 2020). Dessa forma, com o objetivo de aumentar a acurácia, repetibilidade e reprodutibilidade das estimativas de severidade de *P. melanocephala* em cana-de-açúcar, este estudo foi realizado para elaborar e validar um diagrama de área padrão (SAD) construído com fotografias coloridas.

## 2. METODOLOGIA

### 2.1. DESENVOLVIMENTO DO DIAGRAMA DE ÁREA PADRÃO

Para elaboração do diagrama, foram coletadas 110 folhas de variedades suscetíveis de cana-de-açúcar com diferentes níveis de intensidade da doença, naturalmente infectados por *Puccinia melanocephala*, em lavouras do estado do Espírito Santo. Para cada uma delas foi retirado um fragmento de tamanho padrão, correspondente ao terço médio da folha, com 25 cm de comprimento. Estes fragmentos foram fotografados com câmera digital e a porcentagem de área doente para cada um deles foi determinada através do software QUANT (VALE; FERNANDES FILHO; LIBERATO, 2003). Na quantificação da doença, o halo amarelo em torno das lesões não foi levado em consideração.

O diagrama foi desenvolvido com base na lei de Weber Fechner de acuidade visual (HORSFALL; BARRATT, 1945). A maior e menor severidade quantificadas, em porcentagem, compuseram os extremos do diagrama. As porcentagens de área quantificada foram organizadas em função da frequência observada a fim de se obter os intervalos de severidade, os quais compuseram os níveis da escala. Após a determinação dos níveis, utilizou-se, em cada um deles, três fotografias das folhas lesionadas representativas de seus respectivos níveis de doença como “subníveis” da escala.

## 2.2. VALIDAÇÃO DO DIAGRAMA DE ÁREA PADRÃO

Foram selecionadas cinquenta imagens representativas de todos os níveis da doença para a validação. Essas imagens, identificadas por numeração, foram organizadas aleatoriamente de forma individual para apresentação em PowerPoint® (MICROSOFT CORPORATION, 2010). Cada imagem foi apresentada aos avaliadores por um minuto. A sala ficou escura durante as apresentações. Catorze avaliadores sem experiência em quantificação de doenças de plantas participaram deste processo. Os intervalos entre as avaliações foram de sete dias.

A validação constou de cinco avaliações. Na primeira, os avaliadores analisaram as imagens e quantificaram a área doente de cada folha sem a utilização de qualquer escala. Após sete dias, esses avaliadores receberam instruções sobre como usar um diagrama de área padrão (AMORIM *et al.*, 1987), denominada como diagrama bicolor (SAD2col) para realizarem a segunda e terceira avaliação. A quarta e a quinta avaliações foram realizadas por meio do diagrama proposto neste estudo, construído com fotografias coloridas (SADcp) de folhas sintomáticas com ferrugem marrom em cana-de-açúcar. A cada avaliação, uma nova sequência das mesmas folhas foi organizada e apresentada aos avaliadores.

### 2.2.1. Análise dos dados

A precisão geral das estimativas foi determinada para cada avaliador e método de avaliação por meio dos coeficientes de correlação de concordância de Lin (CCC) (LIN, 1989), que combina acurácia e precisão. Os parâmetros de CCC avaliados foram o  $C_b$  (fator de correção do erro), que mede a acurácia, calculado a partir de outros dois parâmetros:  $u$  (mudança de localização ou mudança de altura quanto à relação perfeita, onde 0 = relação perfeita entre  $x$  e  $y$ ) e  $v$  (mudança de escala ou mudança de inclinação, 1 = relação perfeita entre  $x$  e  $y$ ); o  $r$  (coeficiente de correlação de Pearson) que mede a precisão; e  $\rho_c$ , que é o nível de concordância entre os valores estimados e reais, indica precisão e acurácia. Valores de  $C_b$ ,  $v$  e  $\rho_c = 1$  e  $u = 0$  significam perfeita acurácia nas estimativas. Foi ajustado um modelo linear misto aos dados dos parâmetros CCC para cada avaliador e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de significância.

Além disso, foi realizada uma análise de regressão linear para verificar as hipóteses nulas acerca do intercepto da reta,  $\beta_0 = 0$  e a inclinação da reta,  $\beta_0 = 1$  ao nível de 5% de probabilidade ( $P = 0,05$ ). A rejeição das hipóteses nulas indicam superestimação ( $\beta_0 > 0$ ) ou subestimação ( $\beta_0 < 0$ ) da severidade real quando se trata de níveis mais baixos da doença e superestimação sistemática ( $\beta_1 > 1$ ) ou subestimação ( $\beta_1 < 1$ ) da severidade real em qualquer nível da doença (NUTTER JUNIOR; SCHULTZ, 1995). O erro (desvio) das estimativas foi calculado pelos valores de porcentagem real menos porcentagem estimada, para cada folha.

A reprodutibilidade dos resultados, determinada pela confiabilidade entre avaliadores, foi avaliada por meio do coeficiente de correlação intraclasse (ICC) (SHOUKRI; PAUSE, 1999) e do coeficiente geral de concordância (OCC) (BARNHART; HABER; SONG, 2002). Os ICCs foram comparados com base no intervalo de confiança de cada método. A não sobreposição entre dois limites de confiança indica que houve diferença significativa entre os ICCs.

A análise dos dados e elaboração dos gráficos foi realizada utilizando o software R, versão 3.4.4 e o pacote R do tidyverse R (DEL PONTE, 2019; WICKHAM *et al.*, 2019).

### **3. RESULTADOS**




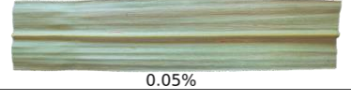

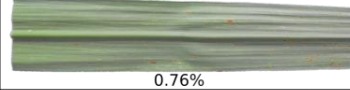
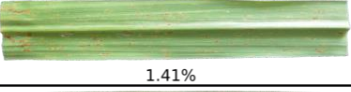
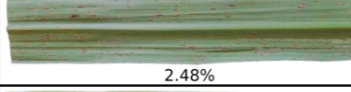

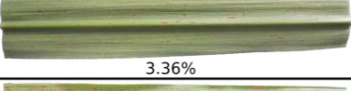

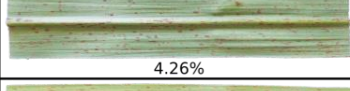
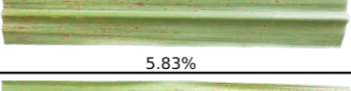
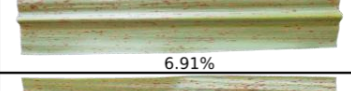
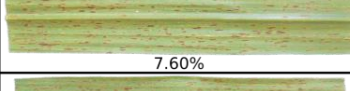
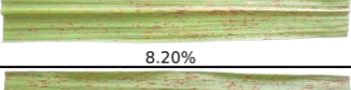
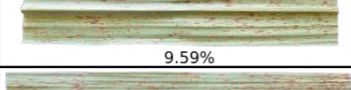

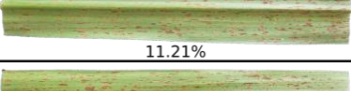


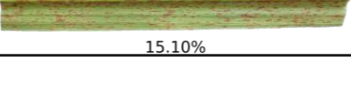
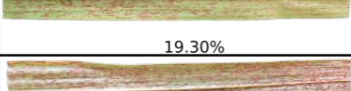
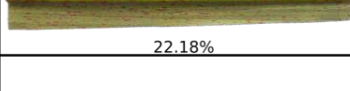



#### **3.1. DESENVOLVIMENTO DO DIAGRAMA DE ÁREA PADRÃO**

Os valores mínimos e máximos de porcentagem de área doente encontrados nas folhas quantificadas foram 0,05% e 25,36%, respectivamente. Destas, 90% apresentaram severidade menor que 16%, enquanto 10% se encontraram entre 16% e 25,36% (Tabela 1).

**Tabela 1** - Distribuição de frequência para valores de severidade (%) de *Puccinia melanocephala* em folha de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*).

<b>Intervalo (% severidade)</b>	<b>Frequência</b>	<b>Percentagem (%)</b>	<b>Frequência acumulada</b>	<b>Percentagem acumulativa</b>
0 a 1	6	5,45	6	5,45
1 a 2	1	0,91	7	6,36
2 a 3	3	2,73	10	9,09
3 a 4	11	10,00	21	19,09
4 a 5	6	5,45	27	24,54
5 a 6	5	4,55	32	29,09
6 a 7	4	3,64	36	32,72
7 a 8	15	13,64	51	46,36
8 a 9	12	10,91	63	57,27
9 a 10	3	2,73	66	60,00
10 a 11	7	6,36	73	66,36
11 a 12	6	5,45	79	71,81
12 a 13	2	1,82	81	73,63
13 a 14	5	4,55	86	78,18
14 a 15	6	5,45	92	83,63
15 a 16	9	8,18	101	91,81
16 a 17	1	0,91	102	92,72
17 a 18	1	0,91	103	93,63
18 a 19	1	0,91	104	94,54
19 a 20	2	1,82	106	96,36
20 a 21	0	0,00	106	96,36
21 a 22	0	0,00	106	96,36
22 a 23	1	0,91	107	97,27
23 a 24	0	0,00	107	97,27
24 a 25	2	1,82	109	99,09
>25	1	0,91	110	100,00

Com base na lei de Weber-Fechner's da acuidade visual (HORSFALL; BARRATT, 1945) e da análise da frequência de severidade da ferrugem marrom da cana-de-açúcar foi desenvolvido o diagrama de área padrão com 9 níveis (Figura 1), distribuídos nos intervalos de severidade de 0 (zero) a >25% (maior que 25%). Para a confecção do SAD foram utilizadas fotografias coloridas de folhas sintomáticas e assintomáticas de cana-de-açúcar.

Nível 1 (0%)			
Nível 2 (0.01 - 1%)			
Nível 3 (1.01 - 3%)			
Nível 4 (3.1 - 5%)			
Nível 5 (5.01 - 8%)			
Nível 6 (8.01 - 11%)			
Nível 7 (11.01 - 15%)			
Nível 8 (15.01 - 25%)			
Nível 9 (> 25.01%)			

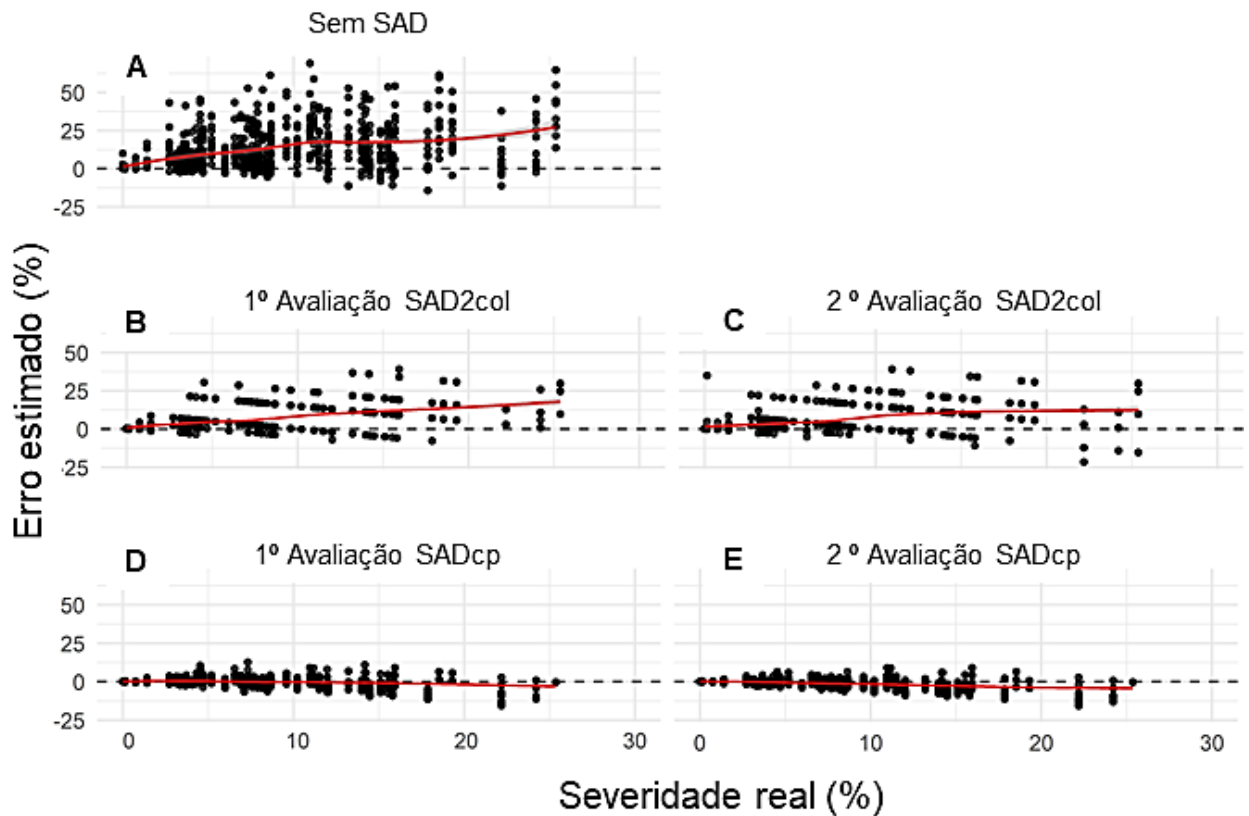
**Figura 1** – Diagrama de área padrão com fotografias coloridas para avaliação da severidade da ferrugem marrom (*Puccinia melanocephala*) em folhas de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*). Os níveis representam o intervalo da porcentagem de área foliar doente desprezando o halo amarelo em torno das lesões.

## 3.2. VALIDAÇÃO DO DIAGRAMA DE ÁREA PADRÃO

### 3.2.1. Características gerais das avaliações

O erro absoluto ou desvio das estimativas, calculado pela severidade real menos a estimada, variou entre os diferentes métodos de quantificação da severidade (Figura 2). Na avaliação sem o uso de escala foi observada grande dispersão entre os valores reais e os estimados e tendência dos avaliadores em superestimar a doença (Figura 2-A). Os níveis reais de severidade variaram entre 0 e 25,36%, enquanto que a estimada sem SAD variou de 0 a 90%. Com a utilização da SAD2col houve uma redução no erro percentual entre os avaliadores devido à redução da superestimação, uma vez que a severidade máxima fixada pela escala foi de 55% (Figura 2-B-C). Com a SADcp, o erro absoluto chegou bem próximo de zero, como pode ser observado por meio da linha de suavização que indica a tendência de dispersão dos dados (Figura 2-D-E).





**Figura 2** – Dispersão do erro absoluto das estimativas de severidade (severidade real menos severidade estimada) para 50 folhas avaliadas por catorze avaliadores em cada método de avaliação da ferrugem marrom (*Puccinia melanocephala*) da cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*): A) Avaliação sem auxílio de nenhum diagrama; B) 1ª avaliação com auxílio do diagrama bicolor (SAD2col); C) 2ª avaliação com auxílio do SAD2col; D) 1ª avaliação com auxílio do diagrama com fotografias coloridas (SADcp); E) 2ª avaliação com auxílio do SADcp.

### 3.2.2. Coeficientes da regressão linear

Aumento da acurácia e precisão nas avaliações com o uso da SADcp foram observados por meio dos parâmetros da regressão linear (Tabela 2). Os valores de intercepto ( $\beta_0$ ) das avaliações sem diagrama e com a utilização da SAD2col foram superiores a 1, demonstrando que, em geral, os avaliadores tiveram a tendência de superestimar a severidade da doença quando o valor real era mais baixo. Nas avaliações com o uso da SADcp, o intercepto alcançou valores mais próximos de zero, mas ainda assim também superestimados.

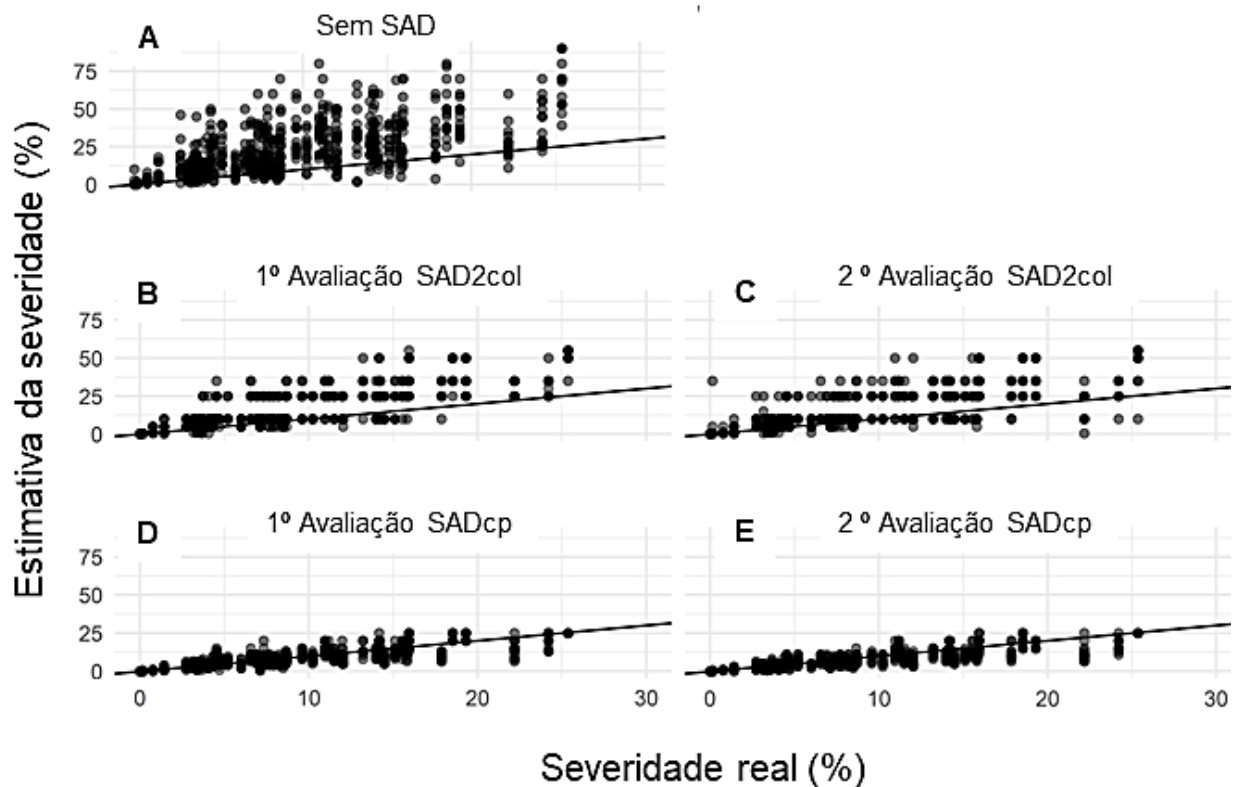
**Tabela 2** - Intercepto da regressão linear ( $\beta_0$ ), coeficiente angular ( $\beta_1$ ) e Coeficiente de determinação ( $R^2$ ) da regressão linear entre os valores de severidade estimada e real para cada diagrama utilizado na avaliação da severidade da ferrugem marrom (*Puccinia melanocephala*) em folhas de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*).

Método	Parâmetros da regressão		
	$\beta_0$	$\beta_1$	$R^2$
Sem diagrama	5,614	1,799	0,4
1ª avaliação SAD2col	1,628	1,643	0,625
2ª avaliação SAD2col	1,586	1,584	0,509
1ª avaliação da SADcp	0,98	0,861	0,691
2ª avaliação da SADcp	0,46	0,788	0,678

Os valores do coeficiente angular ( $\beta_1$ ) foram superiores a 1 para as avaliações sem diagrama e com auxílio da SAD2col, o que indica maior tendência à superestimação, de forma geral, por meio destas metodologias, enquanto que com a SADcp estes valores foram ligeiramente inferiores a 1, devido à tendência à subestimação da doença em alguns casos.

O maior coeficiente de determinação indica maior precisão nas avaliações com o uso da SADcp. Apesar deste coeficiente não ter apresentado valores acima de 90%, que seria o ideal, as demais metodologias resultaram em  $R^2$  inferiores.

Precisão e acurácia das avaliações são observados também na Figura 3. Sem o uso de diagrama na avaliação, a dispersão dos dados entre severidade real e a estimada foi elevada, com tendência de severidade estimada acima da real, o que indica médias superestimadas (Figura 3-A). Com uso do SAD2col a dispersão diminuiu, porém nota-se ainda que as médias de severidade estimada são superestimadas (Figura 3-B-C). Nas avaliações com uso do SADcp as médias de severidade estimada estão mais próximas do valor de severidade real, apresentando menor dispersão dos dados (Figura 3-D-E).



**Figura 3** - Relação entre severidade real e estimada para catorze avaliadores em cada método de avaliação da ferrugem marrom (*Puccinia melanocephala*) da cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*): A) Avaliação sem auxílio de nenhum diagrama; B) 1ª avaliação com auxílio do diagrama bicolor (SAD2col); C) 2ª avaliação com auxílio do SAD2col; D) 1ª avaliação com auxílio do diagrama com fotografias coloridas (SADcp); E) 2ª avaliação com auxílio do SADcp.

### 3.2.3. Coeficientes de correlação e concordância de Lin

Os resultados referentes aos parâmetros propostos por Lin (1998) demonstraram maior precisão geral na estimativa da doença com o uso da SADcp (Tabela 3, Figuras 4 e 5). Na avaliação sem o uso de diagrama, houve superestimação da doença, verificado pelo maior valor de  $u$ . O mesmo ocorreu na avaliação utilizando a SAD2col. Nas avaliações utilizando-se a SADcp, os valores se aproximaram mais de zero, porém os avaliadores demonstraram tendência a subestimar.

**Tabela 3** – Parâmetros dos coeficientes de correlação e concordância (Lin, 1978) para catorze avaliadores em diferentes metodologias de avaliação: sem diagrama, com auxílio da SAD2col e com auxílio da SADcp, para avaliação da severidade da ferrugem marrom (*Puccinia melanocephala*) em folhas de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*).

Métodos	$v$	$U$	$Cb$	$R$	$\rho_c$
Sem diagrama	2,37 a	1,35 a	0,49 a	0,21 a	0,37 a
1ª avaliação SAD2col	2,02 a	0,89 b	0,61 ab	0,31 a	0,5 b
2ª avaliação SAD2col	2,00 a	0,81 b	0,64 b	0,33 a	0,49 b
1ª avaliação da SADcp	2,02 a	-0,07 c	0,97 c	0,81 b	0,83 c
2ª avaliação da SADcp	0,94 b	-0,27 c	0,95 c	0,75 b	0,8 c
CV(%)	19,71	76,77	17,31	25,39	18,65

$v$ : erro sistemático para combinação perfeita (1 = combinação perfeita ente x e y).

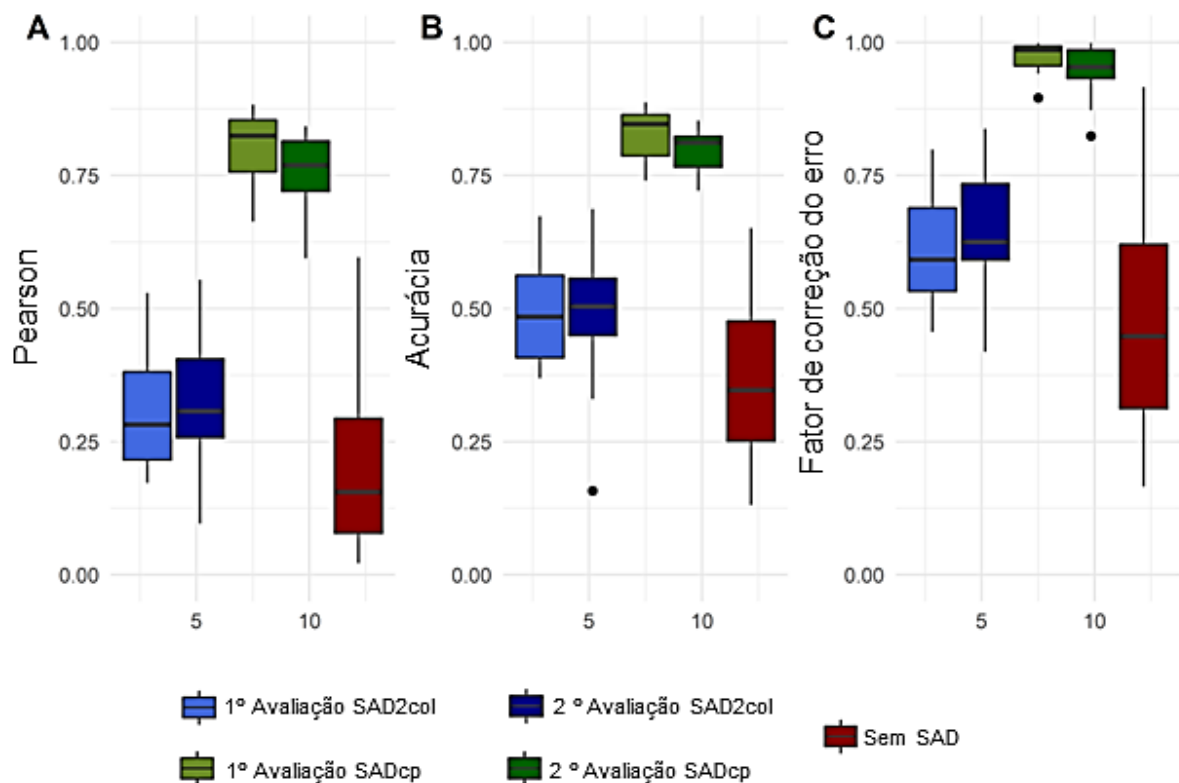
$u$ : erro constante para combinação perfeita (0 = combinação perfeita ente x e y).

$Cb$ : Fator de correção de desvio. Mede acurácia, através do quanto a linha de ajuste se desvia da linha de 45°.

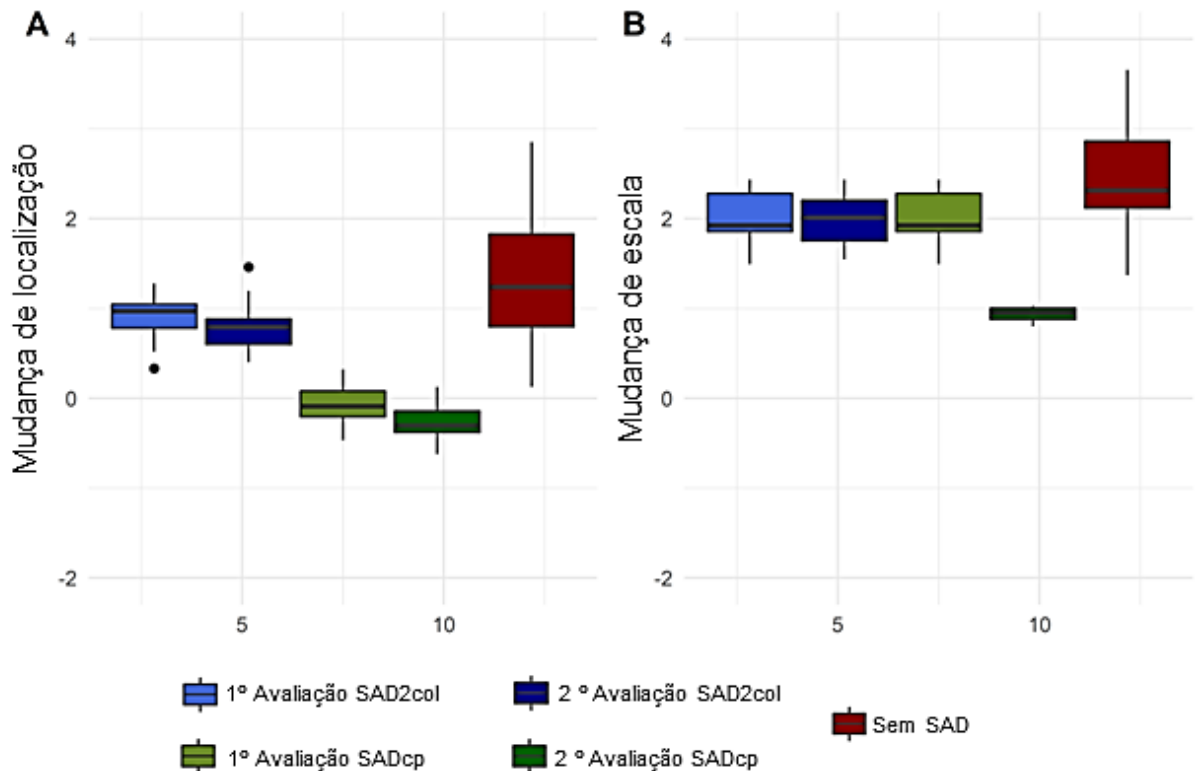
Quanto mais próximo de 1, melhor.

$r$ : Coeficiente de correlação de Pearson. Mede a precisão. Quanto mais próximo de 1, mais forte é a correlação.

$\rho_c$ : Coeficiente de concordância e correlação (Combina precisão e acurácia para medir a concordância dos valores). Médias seguidas pelas mesmas letras na coluna não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste Tukey.



**Figura 4** - Distribuição dos parâmetros de CCC. A) Coeficiente de correlação de Pearson ( $r$ ); B) Acurácia geral ( $\rho_c$ ); e, C) Fator de correção do erro ( $Cb$ ) para catorze avaliadores em diferentes metodologias de avaliação: sem diagrama, com auxílio da SAD2col e com auxílio da SADcp, para quantificar a severidade da ferrugem marrom da cana-de-açúcar.



**Figura 5** - Boxplot de distribuição dos parâmetros de CCC. A) Fator de mudança de localização ( $u$ ) e B) Fator de mudança de escala ( $v$ ), para catorze avaliadores em diferentes metodologias de avaliação: sem diagrama, com auxílio da SAD2col e com auxílio da SADcp, para quantificar a severidade da ferrugem marrom da cana-de-açúcar.

O erro constante ( $u$ ) apresentou valores mais próximos de 1 na segunda avaliação com uso da SADcp, onde 1 indica combinação perfeita entre os valores reais e os estimados. Em contrapartida, para as demais metodologias houve maior variação, demonstrando resultado satisfatório.

O fator de correção de desvio ( $Cb$ ) apresentou menor resultado na avaliação sem o uso de escala e maiores resultados com a utilização da SADcp, sendo que quanto mais próximo de um, menor é a correção e consequentemente menor é o erro. Nas avaliações utilizando a SAD2col, este parâmetro apresentou-se superior quando comparado a sem o uso de escala e inferior a SADcp.

O coeficiente de correlação de Pearson ( $r$ ) das avaliações com o uso da SADcp foi maior quando comparada as demais avaliações, apresentando forte correlação entre a severidade real das folhas com a severidade estimada pelos avaliadores. Sem o uso de escala, a correlação apresentou valor inferior às outras avaliações. Este coeficiente demonstrou que a precisão dos avaliadores foi significativamente maior nas avaliações com a utilização da SADcp.

O coeficiente de concordância da correlação ( $\rho_c$ ) sem o uso de escala apresentou o menor valor. Os valores deste parâmetro também foram baixos para as avaliações com o uso da SAD2col. Já com a utilização da SADcp, este coeficiente apresentou melhores resultados, demonstrando maior precisão e acurácia, uma vez  $\rho_c$  combina estes critérios, além de demonstrar eficiência na quantificação.

### 3.2.4. Reprodutibilidade

O coeficiente de correlação intraclases (ICC) e geral (OCC) demonstraram maior heterogeneidade entre os avaliadores nas avaliações sem diagrama e com o uso da SAD2col (Tabela 4). Nas avaliações com a SADcp, o coeficiente expressou maior homogeneidade, indicando reprodutibilidade dos dados pelos avaliadores. Apesar das avaliações com a SADcp apresentarem dados mais satisfatórios, nas demais avaliações os valores também não foram inferiores a 0,5, demonstrando que os avaliadores apresentarem tendência aos mesmos erros, de forma a reproduzir os mesmos dados, o que não significa que estes eram precisos.

**Tabela 4** - Coeficiente de correlação Intraclases (ICC) para catorze avaliadores em diferentes metodologias de avaliação: sem diagrama, com auxílio da SAD2col e com auxílio da SADcp, para avaliação da severidade da ferrugem marrom (*Puccinia melanocephala*) em folhas de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*).

Method	OCC	ICC $\rho$ (95%CI)
Sem diagrama	0,521	0,72 (0,63 – 0,80)
1ª avaliação SAD2col	0,758	0,71 (0,62 – 0,79)
2ª avaliação SAD2col	0,674	0,71 (0,62 – 0,79)
1ª avaliação da SADcp	0,845	0,88 (0,84 – 0,92)
2ª avaliação da SADcp	0,834	0,86 (0,81 – 0,91)

A SADcp neste trabalho apresentou reprodutibilidade. Sem a utilização de diagrama para a quantificação da doença, os valores de correlação entre pares de avaliadores variaram de 0,49 a 0,9, com média 0,7660 (Tabela 5). Com o uso de SAD2col estes valores foram de 0,68 a 0,92 na primeira avaliação, média 0,8042, e na segunda avaliação variaram de 0,14 a 0,91, com média 0,7131. Com o uso da SADcp os valores de correlação foram mais altos, os quais na primeira avaliação variaram de 0,79 a 0,95, com média 0,8948, e na segunda 0,76 a 0,95, média 0,8688.







#### 4. DISCUSSÃO

Um diagrama de área padrão com fotografias coloridas (SADcp) foi desenvolvido e validado para ajudar a quantificar visualmente a severidade da ferrugem marrom da folha de cana-de-açúcar. O SADcp consiste em nove níveis, cujos valores de intensidade são representados por três fotografias coloridas e três valores de severidade. Isso auxilia os avaliadores no uso do diagrama para obter resultados mais precisos. Este é o primeiro SAD construído com fotografias coloridas de folhas com sintomas de ferrugem marrom da cana-de-açúcar.

Os níveis do SADcp foram definidos com base nos maiores valores de frequência de severidade, concomitante com a análise linear dos valores até a maior severidade encontrada (25,36%) (NUÑEZ *et al.*, 2017; BELAN *et al.*, 2020). Essa análise com base na frequência permite identificar quais intervalos de severidade ocorrem mais frequentemente, e assim representá-los também em escala com níveis subdivididos. Para o patossistema em estudo, valores menores de severidade foram verificados com maior frequência, escondendo outros níveis, o que justifica a necessidade de utilizar a análise de frequência para realizar a divisão dos níveis intermediários (BELAN *et al.*, 2020). Sendo assim, os avaliadores conseguiram discriminar os valores intermediários e tornaram a estimativa mais próxima da severidade real.

Valores de maior severidade foram observados com menor frequência, o que pode estar relacionado com o comportamento da doença. Folhas com sintomas da ferrugem marrom apresentam áreas necrosadas, que em alta intensidade podem ocasionar abscisão das mesmas. Além disso, a coleta para o desenvolvimento do diagrama foi realizado na folha +3, conforme nomenclatura de Kuijper, descrita por Dillewijn (1952), sendo a folha fotossinteticamente ativa, e as folhas que já estavam presentes na base da planta não foram utilizadas.

Com o uso da SADcp, a estimativa da severidade foi mais próxima do real. Os parâmetros utilizados para quantificar a precisão, acurácia e reprodutibilidade apresentaram valores adequados quando utilizado o SADcp em comparação as outras formas de auxílio na avaliação. Nenhum dos avaliadores possuía experiência na avaliação de severidade da doença em estudo e, conseqüentemente, a avaliação sem o uso de diagrama apresentou baixa precisão e acurácia. Nas demais, os dados

evidenciaram maior acurácia na quantificação da severidade. Validações em que os avaliadores são treinados apresentam estimativas mais apuradas (GIGLIOTI *et al.*, 1998).

Os resultados encontrados por meio do método de Lin evidenciaram com mais precisão o comportamento dos avaliadores com as diferentes metodologias de quantificação da severidade, uma vez que este método é considerado mais adequado para validação de escalas diagramáticas (LIN, 1989; BOCK *et al.* 2010). Ao avaliar dados de doenças de plantas, este método se refere a quanto as estimativas de severidade estimada se aproxima da severidade real (Madden *et al.* 2007).

As análises do ICC e do  $R^2$  da equação de regressão linear entre pares de avaliadores demonstraram melhora na reprodutibilidade com o uso da SADcp. Nas duas avaliações os resultados evidenciaram maior homogeneidade entre os avaliadores quando comparados com as demais avaliações e menor variabilidade das estimativas de severidade.

Com o uso da SADcp houve redução do erro entre a severidade real e a estimada pelos avaliadores. Na avaliação sem diagrama e com SAD2col os avaliadores tenderam a superestimar a doença, intensificando o erro. Isso porque o olho humano interpreta mais facilmente lesões grandes e normalmente superestima severidade de áreas com grande número de lesões pequenas (SHERWOOD *et al.*, 1983), que é o caso da ferrugem marrom. Na estimativa da severidade com o uso da SADcp este erro diminuiu drasticamente. Houve tendência pelos avaliadores em subestimar a doença. Resultados semelhantes foram obtidos por Menge *et al.* (2013) e Belan *et al.* (2014; 2020), em que os avaliadores tenderam a subestimação. Todavia, o erro da subestimação neste trabalho foi de 2%, considerado aceitável dentro dos  $\pm 10\%$  do valor real (TOMERLIN; HOWELL, 1988; NUTTER JUNIOR; WORAWITLIKIT, 1989).

A utilização de escalas diagramáticas confeccionadas com fotografias coloridas confere avaliações mais precisas, uma vez que se aproximam mais da realidade quando comparadas com escalas bicolores. Resultados satisfatórios em validação de diagramas com fotografias coloridas também foram verificados em estudos semelhantes com outros patossistemas (SOARES; GODOY; OLIVEIRA, 2009;

CAMOCHENA; SANTOS; MAZARO, 2008; MENGE *et al.*, 2013; BELAN *et al.*, 2014; NUÑEZ *et al.*, 2017; BELAN *et al.*, 2020; CARDOSO *et al.*, 2020; FRANCESCHI *et al.*, 2020; NASCIMENTO *et al.*, 2020; PEREIRA *et al.*, 2020). Em levantamento realizado por Del Ponte *et al.* (2017) sobre escalas diagramáticas publicadas nos últimos 25 anos, dos 127 diagramas 24% era confeccionadas com fotografias coloridas.

Muitos fatores influenciam a quantificação de severidade em doenças foliares, sendo alguns deles o tamanho, número, coloração e forma das lesões. Os sintomas da ferrugem marrom são caracterizados por lesões pequenas, com bordas pouco definidas e de coloração semelhante à folhas quando secas. Dessa forma, a quantificação da doença por meio de diagramas se torna uma ferramenta necessária para refinar as avaliações de severidade (BERGAMIN; AMORIM, 1996). Além disso, a escala desenvolvida neste trabalho demonstrou eficácia na avaliação da severidade da ferrugem marrom em folhas de cana-de-açúcar, podendo ser utilizada por pessoas sem experiência na quantificação de doenças de plantas.

## **5. CONCLUSÕES**

O diagrama de área padrão construído com fotografias coloridas (SADcp) proposto neste estudo demonstrou eficiência para auxiliar na estimativa visual da severidade da ferrugem marrom em folhas de cana-de-açúcar.

Com uso do SADcp, os avaliadores apresentaram melhores níveis de acurácia, precisão e reprodutibilidade comparados para quando não utilizaram SAD, ou quando utilizaram SAD2col.

O diagrama desenvolvido pode ser usado como ferramenta para estudos epidemiológicos e em programas de manejo integrado da doença em cana-de-açúcar.

## **6. REFERÊNCIAS**

AQUINO, L. A.; BERGER, P. G.; RODRIGUES, F. A.; ZAMBOLIM, L.; HERNANDEZ, J. F. R.; MIRANDA, L. M. Elaboração e validação de escala diagramática para

quantificação da mancha de ramularia do algodoeiro. **Summa Phytopathologica**, v. 34, n. 4, p. 361-363, 2008.

AMORIM, L.; BERGAMIN, F. A.; CARDOSO C.; MORAES, V. A.; FERNANDES, C. R. Metodologia de avaliação da ferrugem da cana-de-açúcar (*Puccinia melanocephala*). **Boletim Técnico Copersucar**, v. 39, n. 1, p. 13-16, 1987.

BARNHART, H. X.; HABER, M.; SONG, J. Overall concordance correlation coefficient for evaluating agreement among multiple observers. **Biometrics**, v. 58, n. 4, p. 1020-1027, 2002.

BELAN, L. L.; BELAN, L. L.; DA MATTA RAFAEL, A.; GOMES, C. A. G.; ALVES, F. R.; DE JESUS JUNIOR, W. C.; MORAES, W. B. Standard area diagram with color photographs to estimate the severity of coffee leaf rust in *Coffea canephora*. **Crop Protection**, v. 130, p. 105077, 2020.

BELAN, L. L.; POZZA, E. A.; FREITAS, M. L DE O.; DE SOUZA, R. M.; DE JESUS JUNIOR, W. C.; OLIVEIRA, J. M. Diagrammatic scale for assessment of bacterial blight in coffee leaves. **Journal of Phytopathology**, v. 162, n. 11-12, p. 801-810, 2014.

BERGAMIN, F. A.; AMORIM, L. **Doenças de plantas tropicais: epidemiologia e controle econômico**. São Paulo: Agronômica Ceres 289, 1996.

BOCK, C. H.; POOLE, G. H.; PARKER, P. E.; GOTTWALD, T. R. Plant disease severity estimated visually, by digital photography and image analysis, and by hyperspectral imaging. **Critical reviews in plant sciences**, v. 29, n. 2, p. 59-107, 2010.

CAMOCHENA, R. C.; SANTOS, I. DOS; MAZARO, S. M. Escala diagramática para avaliação da severidade da Mancha Ocular em milho causada por *Kabatiella zae*. **Ciência Rural**, v. 38, n. 8, p. 2124-2131, 2008.

CARDOSO, A. F.; DE OLIVEIRA LOUZANO, F. S.; PINHEIRO, C. C. C.; LINS, P. M. P.; DA SILVA, G. B. Validation of Diagram Scale for Leaf Spot Caused by *Pestalotiopsis* sp. in Coconut Seedlings. **Journal of Agricultural Studies**, v. 8, n. 2, p. 32-41, 2020.

CONAB – COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira**: cana-de-açúcar segundo levantamento. Brasília: Conab, v. 7. n. 2, 2020.

DEL PONTE, E.; PETHYBRIDGE, S. J.; BOCK, C.; MICHEREFF, S. J.; MACHADO, F.J.; SPOLTI, P. Standard Area Diagrams for Aiding Severity Estimation: Scientometrics, Pathosystems and Methodological Trends in the last 25 years. **Phytopathology**, v. 107, n. 10, 2017.

DEL PONTE E. M. 2019. **Research compendium**: A New Standard Area Diagram Set for Assessment of Severity of Soybean Rust.

DEL PONTE, E. M.; NELSON, S. C.; PETHYBRIDGE, S. J Evaluation of app-embedded disease scales for aiding visual severity estimation of *Cercospora* leaf spot of table beet. **Plant disease**, v. 103, n. 6, p. 1347-1356, 2019.

DILLEWIJW, C. V. **Botany of sugarcane**. The Chronica Botanica, Waltham. 1952, p. 371.

FRANCESCHI, V. T.; ALVES, K. S.; MAZARO, S. M.; GODOY, C. V.; DUARTE, H. S.; DEL PONTE, E. M. A new standard area diagram set for assessment of severity of soybean rust improves accuracy of estimates and optimizes resource use. **Plant Pathology**, v. 69, n. 3, p. 495-505, 2020.

GIGLIOTI, E. A.; CATERI, M. G.; Desenvolvimento de software e escala diagramática para seleção e treinamento de avaliadores da severidade do complexo broca-podridões em cana-de-açúcar. **Fitopatologia Brasileira**, v. 23, p. 359-363, 1998.

HORSFALL, J. G.; BARRATT, R. W. An improved grading system for measuring plant disease. **Phytopathology**, v. 35, p. 655, 1945.

HOY, J. W.; AVELLANEDA, M. C.; BOMBECINI, J. Variability in *Puccinia melanocephala* pathogenicity and resistance in sugarcane cultivars. **Plant Disease**, v, 98, p. 1728-1732, 2014.

LENZ, G.; COSTA, I. D.; BALARDIN, R. S.; MARQUES, L. N.; ARRÚ, A.; STEFANELO, M. S.; ZEMOLIN, C. R. Elaboração e validação de escala

diagramática para quantificação da mancha de isariopsis da videira. **Ciência Rural**, v. 39, n. 8, p. 2301-2308, 2009.

LIN, L. I. K. A Concordance Correlation Coefficient to Evaluate Reproducibility. **Biometrics**, v. 45, n. 1, p. 255-288, 1989.

MADDEN, L. V.; HUGHES, G.; VAN DEN BOSCH, F. **The study of plant disease 545 epidemics**. St. Paul, MN, USA: APS Press. 2007.

MARTINS, M. C.; GUERZONI, R. A.; CÂMARA, G. M. S.; MATTIAZZI, P.; LOURENÇO, A. S.; AMORIM, L. Escala diagramática para a quantificação do complexo de doenças foliares de final de ciclo em soja. **Fitopatologia Brasileira**, v. 29, n. 2, p. 179-184, 2004.

MATSUOKA, S.; GARCIA, A. A. F.; ARIZONO, H. Melhoria da cana-de-açúcar. 2.ed. In BORÉM, A. **Melhoramento de espécies cultivadas**. Viçosa, 2005, p. 205-251.

MENGE, D.; MAKOBE, M.; SHOMARI, S.; TIEDEMANN, A. V. Development and Validation of a Diagrammatic Scale for Estimation of Cashew Blight for Epidemiological Studies. **International Journal of Advanced Research**, v. 1, n. 4, p. 26-38, 2013.

NASCIMENTO, F. A.; DUARTE, H. D. S. S.; SOUZA, F. F.; ISHIKAWA, F. H.; CAPUCHO, A. S. Development and validation of a standard area diagram set to assess powdery mildew severity on watermelon leaves. **Ciência Rural**, v. 50, n. 10, 2020.

NUÑEZ, A. M. P.; MONTEIRO, F. P.; PACHECO, L. P.; RODRÍGUEZ, G. A. A.; NOGUEIRA, C. C. A.; PINTO, F. A. M. F.; DE MEDEIROS, F. H. V.; DE SOUZA, J. T. Development and validation of a diagrammatic scale to assess the severity of black rot of crucifers in kale. **Journal of Phytopathology**, v. 165, n. 3, p. 195-203, 2017.

NUTTER JUNIOR, F. W.; SCHULTZ, P. M. Improving the accuracy and precision of disease assessments: selection of methods and use of computer-aided training programs. **Canadian Journal of plant pathology**, v. 17, n. 2, p. 174-184, 1995.

NUTTER JUNIOR F. W.; WORAWITLIKIT, O. Disease Pro: a computer program for evaluating and improving a person ability to assess disease proportion. **Phytopathology**, v. 79, n. 1135, 1989.

ORDOÑEZ, M. C.; SÁNCHEZ, J. C. A.; KAFURE, J. I. V. Métodos de diferenciación en campo y laboratorio de los agentes causales de la roya café (*Puccinia melanocephala*) y la roya naranja (*Puccinia kuehnii*) en caña de azúcar. **Carta Trimestral**, v. 32, p. 30-36, 2010.

PEREIRA, W. E. L.; DE ANDRADE, S. M. P.; DEL PONTE, E. M.; ESTEVES, M. B.; CANALE, M. C.; TAKITA, M. A.; COLETTA-FILHO, H. D.; DE SOUZA, A. A. Severity assessment in the *Nicotiana tabacum*-*Xylella fastidiosa* subsp. pauca pathosystem: design and interlaboratory validation of a standard area diagram set. **Tropical Plant Pathology**, v. 45, n. 6, p. 710-722, 2020.

PURDY, L. H.; LIU, L. J.; DEAN, J. L. Sugarcane rust, a newly important disease. **Plant Disease**, v. 67, n. 11, p. 1292-1296, 1983.

ROCHA, M. A. M.; AOKI, P.; ROCHA, C. A. A.; AMORIM, B. Difusão de inovações tecnológicas da cana-de-açúcar para caldo aos produtores rurais do Estado do Espírito Santo. **Cadernos de Agroecologia**, v. 10, n. 3, 2015. Edição dos Resumos do IX Congresso Brasileiro de Agroecologia e IV Seminário Estadual de Agroecologia, Belém, PA, set./out. 2015.

SHERWOOD, R. T.; BERG, C. C.; HOOVER, M. R.; ZEIDERS, K. E. Illusions in visual assessment of *Stagonospora* leaf spot of orchardgrass. **Phytopathology**, v. 73, n. 2, p. 173-177, 1983.

SCHWANCK, A. A.; DEL PONTE, E. M. Accuracy and reliability of severity estimates using linear or logarithmic disease diagram sets in true colour or black and white: a study case for rice brown spot. **Journal of Phytopathology**, v. 162, n. 10, p. 670-682, 2014.

SHOUKRI, M. M.; PAUSE, C. A. **Statistical methods for health science**. 2 ed. Boca Raton: CRC Press, 1999.

SOARES, R. M.; GODOY, C. V.; OLIVEIRA, M. C. N. DE. Escala diagramática para avaliação da severidade da mancha alvo da soja. **Tropical Plant Pathology**, v. 34, n. 5, p. 333-338, 2009.

TOMERLIN, J. R., HOWELL, T. A. Distrain: a computer program for training people to estimate disease severity on cereal leaves. **Plant Disease**, v. 72, n. 5, p. 455-459, 1988.

VALE, F. X. R.; FERNANDES FILHO, E. I.; LIBERATO, J. R. 2003. QUANT. A software for plant disease severity assessment. In: **8th international congress of plant pathology**. New Zealand: Christchurch, 2003. p. 105.

WICKHAM, H.; AVERICK, M.; BRYAN, J.; CHANG, W.; MCGOWAN, L. D.; FRANÇOIS, R.; GROLEMUND, G.; HAYES, A. L.; HENRY, L.; HESTER, J.; KHUN, M.; PEDERSEN, T. L.; MILLER, E.; BACHE, S. M.; OOMS, J.; ROBINSON, D. SEIDEL, D. P.; SPINU, V.; TAKAHASHI, K.; VAUGHAN, D.; WILKE, C.; WOO, K.; YUTANI, H. Welcome to the Tidyverse. **Journal of Open Source Software**, v. 4, n. 43, p. 1686, 2019.



### CAPÍTULO 3

#### Dinâmica temporal da ferrugem marrom em variedades de cana-de-açúcar com diferentes adubações

**RESUMO:** O estudo da dinâmica temporal de doenças permite compreender padrões e desenvolver tecnologias apropriadas ao manejo, direcionando a utilização de variedades e o monitoramento das condições ambientais para a aplicação do controle. Dessa forma, objetivou-se estudar a dinâmica temporal da ferrugem marrom (*Puccinia melanocephala*) em duas variedades de cana-de-açúcar, comercial e regional, submetidas à presença e a ausência de fertilizante químico. Para isso, foi realizado quinzenalmente na área experimental de cana-de-açúcar, entre dezembro de 2019 e setembro de 2020, a avaliação da severidade, sendo utilizado o diagrama de área padrão elaborado com fotografias coloridas para ferrugem marrom (SADcp), proposto no capítulo anterior. Foram construídas as curvas de progresso da doença, ajustados os modelos empíricos, calculada a área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) e correlacionada a severidade com as variáveis meteorológicas. O modelo que melhor descreveu o patossistema foi o logístico. A AACPD demonstrou diferença significativa entre as variedades e que a adubação química interferiu positivamente no desenvolvimento da doença na variedade regional. Houve correlação negativa entre a severidade e a temperatura, sendo que a faixa de temperatura mínima de 17 a 19 °C e temperatura média de 20 a 22 °C favoreceu o progresso da doença. Por consequência, neste período o monitoramento deve ser rigorosamente aplicado para auxiliar a adoção ou não do manejo.

**PALAVRAS-CHAVE:** *Puccinia melanocephala*; variedade Palito; variedade RB-867515; severidade; adubação nitrogenada.

## Temporal dynamics of brown rust in sugar cane varieties with different fertilizations

**ABSTRACT:** The study of the temporal dynamics of diseases allows the understanding of patterns and the development of appropriate technologies for management, directing the use of varieties and the monitoring of environmental conditions for the application of control. Thus, the objective was to study the temporal dynamics of brown rust (*Puccinia melanocephala*) in two varieties of sugar cane, commercial and regional, submitted to the presence and absence of chemical fertilizer. For this purpose, the severity assessment was carried out every two weeks, in the experimental area of sugarcane, between December 2019 and September 2020, using the standard area diagram prepared with color photographs for brown rust (SADcp), proposed in previous chapter. The disease progress curves were constructed, the empirical models were adjusted, the areas below the disease progress curve (AACPD) were calculated and the severity was correlated with the meteorological variables. The model that best described the pathosystem was the logistical one. AACPD demonstrated a significant difference between varieties and that chemical fertilization positively interfered in the development of the disease in the regional variety. There was a negative correlation between severity and temperature, with a minimum temperature range of 17 to 19 °C and an average temperature of 20 to 22 °C favoring the progress of the disease, therefore, in this period, monitoring should be strictly applied to assist adoption. or not management.

**KEYWORDS:** *Puccinia melanocephala*; variety Palito; variety RB-867515; severity; nitrogen.

## 1. INTRODUÇÃO

O Brasil historicamente é o principal produtor de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*). A demanda nacional da cultura é para a produção de etanol e açúcar, alimentação humana e também para alimentação animal (CONAB, 2020). No entanto, problemas fitossanitários são uma grande preocupação para qualquer finalidade, tamanho de área e investimento tecnológico, pois na maioria desses problemas há perda de qualidade do produto e/ou redução da produção. De acordo com a FAO (2019), a cada ano de 20 a 40% da produção agrícola é reduzida devido às pragas, e perdas causadas por doenças de plantas afetam US\$ 220 bilhões na economia mundial.

A ferrugem marrom, causada pelo patógeno biotrófico, *Puccinia melanocephala* (Uredinales: Puccinaceae), é relatada na maioria dos países produtores de cana-de-açúcar, principalmente nas regiões tropicais, sendo uma das principais doenças em canaviais (SELVAKUMAR; VISWANATHAN, 2019). As pústulas do fungo são propagadas principalmente pelo vento e sobrevivem em apenas tecidos vivos, sendo visualizadas na área inferior das folhas, o qual apresenta formato oval, com coloração marrom, parede delgada uniforme e presença de parafisos (ORDOÑEZ; SÁNCHEZ; KAFURE, 2010). Os sintomas causados são observados na face adaxial das folhas e evolui para formação de tecido necrosado, que reduz a área sadia das folhas, prejudicando a fotossíntese (TOKESHI, 1997; HOY; HOLLIER, 2009).

O controle da ferrugem marrom é realizado principalmente por meio de variedades resistentes (TOKESHI, 1997; WANG *et al.*, 2013; BALSALOBRE *et al.*, 2016). Todavia, o manejo da adubação com fertilizantes químicos e as condições climáticas interferem direta e indiretamente na evolução da doença (BARRERA; HOY; LI, 2012 e 2013; BOSCHIERO *et al.*, 2019; SANJEL *et al.*, 2019; SELVAKUMAR; VISWANATHAN, 2019). Devido a isso e a sua distribuição geográfica, estudos da dinâmica temporal da doença devem ser realizados em diferentes condições ambientais, permitindo assim o monitoramento e o desenvolvimento de estratégias de manejo eficientes (BARRERA; HOY; LI, 2013; ALMEIDA *et al.*, 2019; SANJEL *et al.*, 2019; WANG *et al.*, 2019; PEREIRA *et al.*, 2020).

Dessa forma, objetivou-se com o presente trabalho estudar a dinâmica temporal da ferrugem marrom em duas cultivares de cana-de-açúcar, submetidas à presença e a ausência de fertilizante químico.

## 2. METODOLOGIA

O experimento foi desenvolvido no período de dezembro de 2019 a setembro de 2020 no ciclo de cultivo primeira cana-soca, na área experimental do Centro de Ciências Agrárias e Engenharias da Universidade Federal do Espírito Santo (CCAUE/UFES).

O delineamento experimental foi em blocos casualizados com quatro repetições, no esquema fatorial 2x2, totalizando 16 parcelas. O primeiro fator foi constituído pelas variedades Embrapa RB-867515 e Palito e o segundo fator pela presença e ausência de fertilizante químico. Cada parcela foi composta por 4 linhas com 5 touceiras cada, com espaçamento de 1 m entre touceiras e 1,5 m entre linhas, totalizando 20 touceiras por parcela. Três colmos representativos foram amostrados em cada touceira, identificados com fitilhos.

Em dezembro de 2019 deu-se início ao ciclo cana-soca e no dia 17 de março de 2020 todas as touceiras receberam adubação com esterco bovino (20 toneladas/ha). No dia 20 de abril de 2020, nos tratamentos com adubação química foram aplicados 266,67 kg/ha de ureia (120 Kg/ha de N), 166,67 Kg/ha de cloreto de potássio (100 Kg/ha de K<sub>2</sub>O) e 60 Kg/ha de monoamônio fosfato - MAP (30 Kg/ha P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), seguindo a análise de solo realizada e a recomendação do ciclo cana-soca do Manual de Recomendação de Calagem e Adubação para o Estado do Espírito Santo - 5ª aproximação (PREZOTTI *et al.*, 2007).

A identificação de *P. melanocephala* foi realizada por meio da coleta de folhas de cana-de-açúcar que apresentavam sintomas de ferrugem (Figura 1-A) e observação dos sinais em laboratório. Os esporos foram transferidos para lâminas, observados em microscópio (Figura 1-B), e as estruturas comparadas com literatura específica (DIXON *et al.*, 2010; ORDOÑEZ; SÁNCHEZ; KAFURE, 2010).



**Figura 1** – A) Pústula de *Puccinia melanocephala* na face abaxial da folha de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*); B) – Microscopia óptica de esporos de *Puccinia melanocephala*.

A quantificação da severidade foi realizada quinzenalmente, de dezembro de 2019 a agosto de 2020, na folha +3, conforme nomenclatura de Kuijper, descrita por Dillewijn (1952), no colmo com maior severidade entre os identificados com o fitilho. Todas as touceiras foram avaliadas, utilizando para isso o diagrama de área padrão com fotografias coloridas (SADcp) (Apêndice 1).

Os dados meteorológicos, precipitação e temperatura média foram coletados por meio da estação automática do Instituto Federal do Espírito Santo (IFES) campus Alegre, localizado a 3,5 km da área experimental.

O estudo da análise temporal foi realizado por meio de avaliações do desenvolvimento da doença ao longo do tempo. A partir das médias de severidade foram plotadas as curvas de progresso da doença. O desenvolvimento da doença foi investigado pelos modelos empíricos: monomolecular  $Y = \ln\left(\frac{1}{1-y}\right)$ , logístico  $Y = \ln\left(\frac{y}{1-y}\right)$ , Gompertz  $Y = -\ln(-\ln(y))$ , em que  $y$  é a proporção da doença (severidade) e pelo coeficiente de correlação de concordância de Lin (CCC) (LIN, 1989; BERGAMIN FILHO; AMORIM; HAU, 2014).

Os parâmetros utilizados para a escolha do modelo foram: coeficiente de determinação ( $R^2$ ); coeficiente de correlação ( $r$ ); desvio padrão residual; coeficiente de Linn (CCC); forma da curva de severidade versus o tempo de avaliação; e bom senso para compreensão dos fatores biológicos referentes ao patossistema.

De posse dos valores de severidade, calculou-se também a área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD), determinada pela equação (SHANER; FINNEY, 1977):

$$AACPD = \sum_i^{n-1} [(y_i + y_{i+1})/2] * [(t_{i+1}) - t_i]$$

Em que  $n$  é o número de avaliações;  $y$  a intensidade da doença;  $t$  o tempo de avaliação da intensidade da doença.

Os dados obtidos da AACPD foram submetidos aos testes de normalidade e homocedasticidade, por meio dos testes de Shapiro-Wilks e Bartlett e a análise de variância pelo teste F ( $p < 0.05$ ).

As médias de severidade e as variáveis meteorológicas foram correlacionadas por meio da correlação de *Pearson*.

Para o processamento de todas as análises foi utilizado o programa computacional de código aberto R (R CORE TEAM, 2016).

### 3. RESULTADOS

#### 3.1. ADAPTAÇÃO DE MODELOS EMPÍRICOS AO PROGRESSO DA FERRUGEM MARROM

Para todos os tratamentos, independente do diagrama utilizado nas avaliações, o modelo que melhor se ajustou à curva epidemiológica dentre os testados (Logístico, Gompertz e Mononuclear) foi o logístico. Os valores de coeficiente de determinação ( $R^2$ ) e coeficiente de correlação de concordância de Linn (CCC) foram superiores quando empregado o modelo logístico (Tabela 1 e 2).

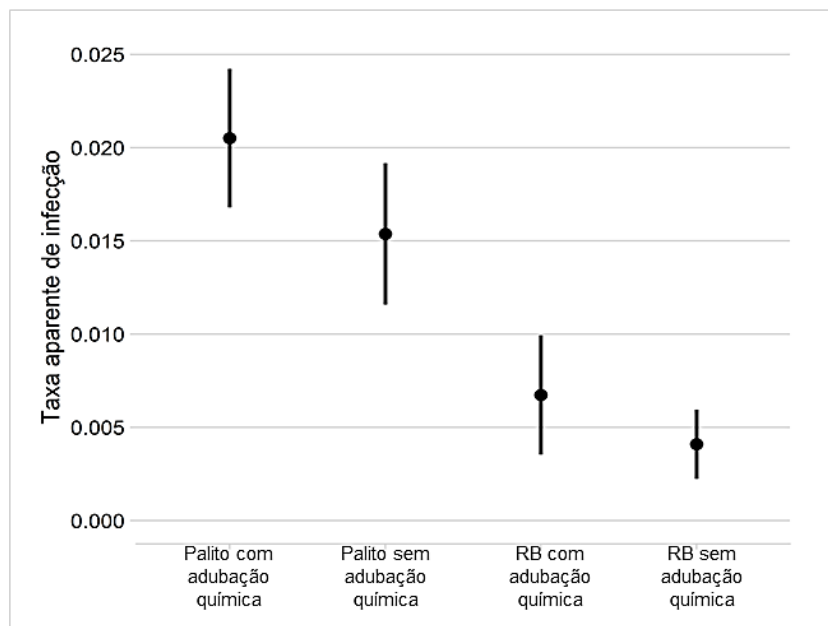
**Tabela 1** - Parâmetros utilizados para ajuste do modelo Logístico, Gompertz e Monomolecular. Utilizado para auxiliar na avaliação da severidade o diagrama de área padrão com fotografias coloridas (SADcp).

Tratamento	Modelo	R <sup>2</sup>	Desvio padrão residual	CCC
Variedade Palito com adubação química	Logístico	0,90219	0,52994	0,94858
	Gompertz	0,88888	0,10898	0,94117
	Monomolecular	0,72572	0,00758	0,84107
Variedade Palito sem adubação química	Logístico	0,83288	0,54051	0,90882
	Gompertz	0,82025	0,09220	0,90125
	Monomolecular	0,74262	0,00193	0,85230
Variedade RB com adubação química	Logístico	0,57298	0,45625	0,72853
	Gompertz	0,55237	0,06880	0,71165
	Monomolecular	0,42402	0,00066	0,59552
Variedade RB sem adubação química	Logístico	0,59555	0,26502	0,74652
	Gompertz	0,58089	0,03791	0,73489
	Monomolecular	0,48536	0,00025	0,65353

r: Taxa de progresso da doença; R<sup>2</sup>: Coeficiente de determinação da análise de regressão linear; CCC: coeficiente de correlação de concordância de Linn.

Os valores de R<sup>2</sup> e coeficiente de Linn foram maiores nos tratamentos com a variedade Palito, uma vez que a variedade RB-867515 apresentou severidade muito reduzida, dificultando o ajuste do modelo.

O tratamento com a variedade Palito submetido à adubação química apresentou maior taxa de infecção (Figura 2). A variedade Palito sem a adubação química apresentou taxa de infecção inferior, porém superior aos tratamentos com a variedade RB-867515.



**Figura 2** – Taxa de infecção da ferrugem marrom nas variedades de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*) RB-867515 e Palito submetidas a presença e ausência da adubação química. Utilizado para auxiliar na avaliação da severidade o diagrama de área padrão com fotografias coloridas (SADcp).

### 3.2. ÁREA ABAIXO DA CURVA DE PROGRESSO DA DOENÇA

A variedade Palito submetida à aplicação do adubo químico apresentou AACPD superior estatisticamente em relação aos demais tratamentos (Tabela 2). A variedade Palito com a ausência da adubação química, apesar de apresentar média de AACPD maior que os tratamentos da RB-867515, não apresentou diferença estatística.

**Tabela 2** - Área abaixo da curva de progresso da ferrugem marrom na variedade de cana-de-açúcar Palito e RB-867515 no ciclo cana-soca, submetidas a presença e ausência de adubação química. Utilizado para auxiliar na avaliação da severidade o diagrama de área padrão com fotografias coloridas (SADcp).

Fatores	SADcp	
	Palito	RB-867515
Com adubação química	4.004,92 Aa	337,18 Bb
Sem adubação química	1030,37 Bb	191,73 Bb
C.V.	80,14 %	

Médias acompanhadas de letras maiúsculas comparam as variedades nas linhas e as letras minúsculas comparam as adubações nas colunas.

Médias acompanhadas pela mesma letra não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade.



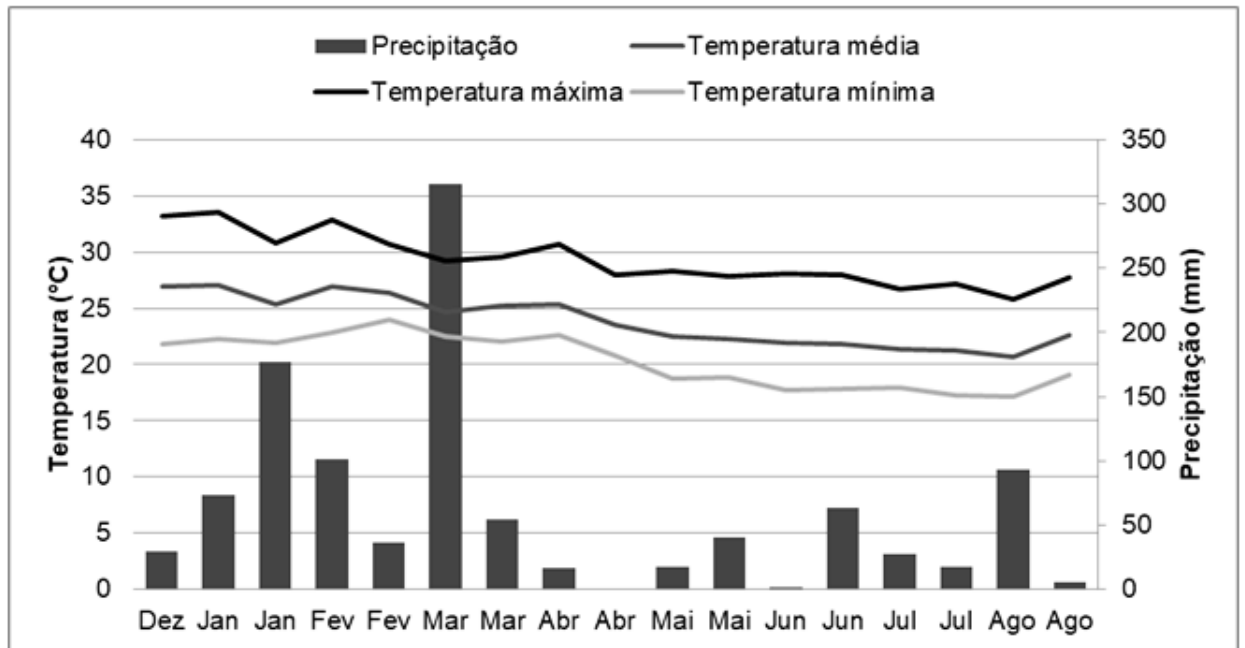
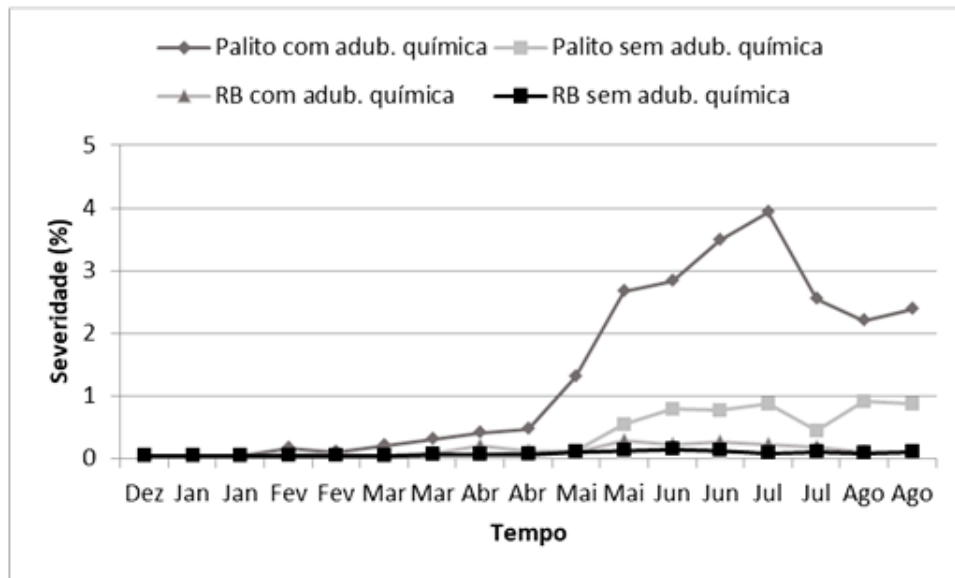
A variedade RB-867515 com a ausência ou presença da aplicação do adubo químico apresentou médias de AACPD menor em relação ao tratamento com a variedade Palito submetida a adubação química. A adubação química não interferiu no progresso da doença nesta cultivar, uma vez que a variedade apresentou média inferior a 1% de severidade.

### 3.3. CURVA DE PROGRESSO DA DOENÇA E SUA RELAÇÃO COM VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS

As médias de severidade da ferrugem marrom apresentaram correlação negativa com a temperatura, sendo que as maiores correlações, acima de -0,8, foram observadas apenas nas temperaturas mínimas e médias (Tabela 3). Temperaturas mais baixas causaram o aumento da severidade. As maiores médias de severidades foram registradas nos meses de maio a agosto, com temperatura mínima de 17 a 19°C, temperatura média de 20 a 22 °C e temperatura máxima de 26 a 28 °C (Figura 3). A variedade RB-867515 apresentou menor correlação com a temperatura, uma vez que a severidade no tratamento era inferior a 0,01%. A precipitação não apresentou correlação com a severidade.

**Tabela 3** - Coeficiente de correlação de *Pearson* entre temperatura mínima, média e máxima, precipitação e severidade da ferrugem marrom, avaliada com o auxílio do diagrama de área padrão com fotografias coloridas (SADcp) no ciclo cana-soca.

Variáveis meteorológicas	Com adubação química				Sem adubação química			
	Palito		RB-867515		Palito		RB-867515	
	$\rho^1$	p-valor	$\rho^1$	p-valor	$\rho^1$	p-valor	$\rho^1$	p-valor
Temperatura mínima	-0,897	1,1e-6	-0,844	1,9e-5	-0,849	1,6e-5	-0,615	0,0086
Temperatura média	-0,874	4,6e-6	-0,857	1,1e-5	-0,824	4,8e-5	-0,595	0,0117
Temperatura máxima	-0,765	0,0034	-0,739	0,0007	-0,742	0,0064	-0,499	0,0413
Precipitação	-0,350	0,1686	-0,464	0,0603	-0,289	0,2611	-0,343	0,1772



**Figura 3** – A) Curvas de progresso da ferrugem marrom nas variedades de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*) RB-867515 e Palito, utilizado para auxiliar na avaliação da severidade o diagrama de área padrão com fotografias coloridas (SADcp); B) Médias quinzenais das variáveis climáticas: temperatura mínima, média e máxima (°C) e precipitação acumulada (mm).

#### 4. DISCUSSÃO

Compreender a dinâmica temporal de patossistemas permite desenvolver estratégias eficazes para o manejo da doença, direcionando a utilização de variedades e o monitoramento das condições ambientes para a aplicação do controle. Este estudo apresenta a análise temporal em condições de campo para

ferrugem marrom, uma das principais doenças presentes em canaviais brasileiros. O modelo logístico foi o mais adequado para explicar a curva epidemiológica da doença. A variável climática, temperatura, e a adubação química influenciaram na severidade da ferrugem marrom ao longo do período de avaliação. Todas as plantas apresentaram incidência da doença, mas o aumento da severidade foi observado de maio a agosto.

A ferrugem marrom é uma doença policíclica, sendo descrita pelo modelo logístico para a curva epidemiológica. Dessa forma, o desenvolvimento da doença ocorreu à medida que o ambiente ficou favorável e a velocidade de aumento da doença foi proporcional à severidade da doença em campo e a área sadia foliar disponível (BERGAMIN FILHO; AMORIM; HAU, 2014). Portanto, para a ferrugem marrom as medidas de controle aplicadas para reduzir a taxa de progresso da doença são mais eficazes (HOY; HOLLIER, 2009).

A variedade Palito submetida à adubação química apresentou maior taxa de infecção e maiores médias de severidade, sendo assim havia quantidade elevada de esporos. Estes esporos em condições ambientais adequadas infectaram e colonizaram a planta. O resultado vai de acordo também com a AACPD, onde este tratamento apresentou diferença significativa com maiores médias em relação aos demais, o que demonstra que a adubação química realizada na variedade Palito interferiu de forma positiva para o aumento da severidade.

As maiores médias atribuídas em todo tempo de avaliação a variedade Palito, submetida à adubação química, podem estar relacionadas à adubação nitrogenada, mesmo que esta tenha sido realizada de acordo com a análise de solo e a recomendação da quinta aproximação do Espírito Santo. O adubo químico lançado ao solo, ureia, apresenta alta solubilidade e é absorvido rapidamente pela planta por meio do mecanismo de fluxo de massa, uma vez que ele é composto por  $\text{NH}_2$ , e por hidrólise é convertida em  $\text{NH}_3$ , que novamente sofre hidrólise e forma  $\text{NH}_4$ , o qual se torna a espécie química que a planta absorve o nitrogênio. Em estudo que comparou plantas de cana-de-açúcar submetidas à adubação com  $\text{NH}_4$  e  $\text{NO}_3$ , foi constatado que a adubação com  $\text{NH}_4$  favoreceu o desenvolvimento da ferrugem marrom (BOSCHIERO *et al.*, 2019). Dessa forma, a absorção do  $\text{NH}_4$  pela variedade Palito

pode ter ocasionado uma série de mudanças na estrutura e fisiologia da planta, tornando-a mais susceptível a infecção (SHRIVASTAVA *et al.*, 2003).

O teor de nitrogênio, quando elevado nas folhas, pode ocasionar redução na produção de compostos fenólicos antifúngicos, de lignina e sílica, uma vez que a lignificação presente na parede celular interrompe o desenvolvimento de patógenos (YAMADA, 1995; TAIZ; ZEIGER, 2004). Lignina e sílica estão diretamente relacionadas com a resistência de doenças em plantas e em baixo teor, e a tornam mais suscetível ao ataque destas doenças (RAMOUTHAR; CALDWELL; MCFARLANE, 2016; CAMARGO *et al.*, 2020). Além disso, o nitrogênio aumenta a suculência dos tecidos foliares por meio de aminoácidos livres, o que torna a planta mais atrativa e nutritiva ao fungo (YAMADA, 1995). Patógenos obrigatórios, como as ferrugens (*Puccinia* spp.) ocasionam danos mais severos às plantas que são expostas a teores mais elevados de nitrogênio (PEREIRA; PEREIRA, 2017; BOSCHIERO *et al.*, 2019).

A variedade RB-867515 apresentou médias de severidade muito reduzidas, inferiores a 1% nos meses avaliados, o que já era esperado, uma vez que a variedade é considerada resistente à ferrugem marrom, a qual passou por uma série de etapas de seleção por programas de melhoramento (DAROS *et al.*, 2010). A resistência apresentada à ferrugem marrom está atribuída principalmente ao gene de maior expressão *Bru 1* (DAUGROIS *et al.*, 1996; COSTET *et al.*, 2012; BARRETO *et al.*, 2017).

O progresso da doença causada por *P. melanocephala* depende da susceptibilidade varietal e das condições climáticas (SELVAKUMAR; VISWANATHAN, 2019). Neste trabalho, a ferrugem marrom foi influenciada pela temperatura do ar. No decorrer da redução da temperatura ocorreu o aumento do desenvolvimento da doença. As maiores severidades foram registradas nos meses de maio a agosto, com temperaturas mínimas variando de 17 a 19 °C e médias de 20 a 22 °C. A ferrugem marrom apresenta maior expressão com a faixa de 15°C a 25°C (BARRERA; HOY; LI, 2012; SANJEL *et al.*, 2019).

Nos meses de verão, período em que se observou menor severidade da ferrugem marrom no estudo, a temperatura durante do dia é elevada, cerca de 32°C, e o progresso da doença é afetado negativamente. Estudos relataram que esporos de *P.*

*melanocephala* germinaram em temperaturas até 32°C, porém com baixo índice de germinação (BARRERA; HOY; LI, 2013; SANJEL *et al.*, 2019). Temperaturas elevadas aumentam o tempo de desenvolvimento da ferrugem marrom e reduzem a gravidade da doença (BARRERA; HOY; LI, 2012).

Apesar da precipitação não apresentar correlação com a severidade, no período de avaliação não houve ausência de chuva, fator que pode influir na expressão dos sintomas da doença (DELGADO *et al.*, 2017). A água proveniente da precipitação pluviométrica e/ou orvalho é um importante fator para a germinação e infecção do fungo, associado à temperatura favorável (BARRERA; HOY; LI, 2012). Esporos de *P. melanocephala* necessitam de uma fina camada livre de umidade sobre as folhas para germinar (MARTIN *et al.*, 2015). Por outro lado, chuvas em excesso são desfavoráveis ao fungo, pois tendem a remover esporos do ar e das folhas, reduzindo a disseminação e penetração, respectivamente (RAID; COMSTOCK, 2006).

A incidência da ferrugem marrom foi observada em todas as plantas no período amostral, e devido à presença e à dispersão do inóculo e influência da temperatura e da variedade no progresso da doença, o patossistema em estudo deve ser constantemente monitorado. O estudo da dinâmica temporal demonstrou o período em que a ferrugem marrom necessita de maior atenção no monitoramento e da aplicação do manejo, além de diagnosticar a variedade mais adequada para o cultivo nas condições do experimento.

## **5. CONCLUSÕES**

A ferrugem marrom ocorreu nas duas variedades de cana-de-açúcar, mas a variedade RB-867515 apresentou menor intensidade e a adubação química proporcionou aumento na severidade da doença na variedade Palito.

A dinâmica temporal da ferrugem marrom ocorreu nos meses avaliados, com maior severidade nas estações mais frias entre maio e agosto (20 a 22°C). Portanto, neste período o monitoramento deve ser rigorosamente aplicado para auxiliar a adoção ou não do controle.

## 6. REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, K. de S.; DA SILVA, A. R.; LEMOS, N. M.; COUTINHO, W. B. G.; SILVA, J. M.; PEIXOTO, C. C.; LEITE, M. DO C.; DA PAZ-LIMA, M. L. Temporal progression of foliar plant diseases in corn hybrids. **Australian Journal of Crop Science**, v. 13, n. 11, p. 1731-1739, 2019.
- BALSALOBRE, T. W. A.; MANCINI, M. C.; PEREIRA, G. S.; ANONI, C. O.; BARRETO, F. Z.; HOFFMANN, P. H.; SOUZA, A. P.; GARCIA, A. A. F.; CARNEIRO, M. S. Mixed Modeling of Yield Components and Brown Rust Resistance in Sugarcane Families. **Agronomy Journal**, v. 108, p. 1-14, 2016.
- BARRERA, W.; HOY, J.; LI, B. Temperature and leaf wetness effects on infection of sugarcane by *Puccinia melanocephala*. **Journal of Phytopathology**, v. 160, n. 6, p. 294-298, 2012.
- BARRERA, W.; HOY, J.; LI, B. Effects of temperature and moisture variables on brown rust epidemic in sugarcane. **Journal of Phytopathology**, v. 161, n. 2, p. 96-106, 2013.
- BARRETO, F. Z.; BALSALOBRE, T. W. A.; CHAPOLA, R. G.; HOFFMANN, H. P.; CARNEIRO, M. S. Validação de marcadores moleculares associados à resistência à ferrugem marrom em cana-de-açúcar. **Summa Phytopathologica**, v. 43, n. 1, p. 36-40, 2017.
- BERGAMIN FILHO, A.; AMORIM, L.; HAU, B. Análise temporal e espacial de epidemias. ZAMBOLIM, L.; JESUS JÚNIOR W. C.; RODRIGUES, F. Á. **O essencial da fitopatologia: Epidemiologia de doenças de Planta**. Viçosa: UFV, 2014, p. 101–165.
- BOSCHIERO, B. N.; MARIANO, E.; AZEVEDO, R. A.; TRIVELIN, P. C. O. Influence of nitrate-ammonium ratio on the growth, nutrition, and metabolism of sugarcane. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 139, p. 246-255, 2019.
- CAMARGO, M. S.; COUTINHO, I. D.; LOURENÇO, S. A.; SOARES, M. K.; COLNAGO, L. A.; APPEZZATO-DA-GLÓRIA, B.; CAVALHEIRO, A. J.; AMORIM, L.

Potential prophylactic role of silicon against brown rust (*Puccinia melanocephala*) in sugarcane. **European Journal of Plant Pathology**, v. 157, p. 77-88, 2020.

CONAB – COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira de cana-de-açúcar**: Segundo levantamento Safra 2020/21. Brasília: Conab, v. 7, n. 2, 2020.

COSTET, L.; CUNFF, L.; ROYAERT, S.; RABOIN, L. M.; HERVOUET, C.; TOUBI, L.; TELISMART, H.; GARSMEUR, O.; ROUSSELLE, Y.; PAUQUET, J.; NIBOUCHE, S. J.; GLASZMANN, C. J.; HOARAU, Y.; D'HONT, A. Haplotype structure around Bru1 reveals a narrow genetic basis for brown rust resistance in modern sugarcane cultivars. **Theoretical and Applied Genetics**, v. 125, p. 825–836, 2012.

DAROS, E.; OLIVEIRA, R. A.; ZAMBON, J. L. C.; FILHO, J. C. B. **Catálogo nacional de variedades “RB” de cana-de-açúcar**. Curitiba: RIDESA, 2010.

DAUGROIS, J. H.; GRIVET, L.; ROQUES, D.; HOARAU, J. Y.; LOMBARD, H.; GLASZMANN, J. C.; D'HONT, A. A putative major gene for rust resistance linked with a RFLP marker in sugarcane cultivar 'R570'. **Theoretical and Applied Genetics**, v. 92, p. 1059–1064, 1996.

DELGADO, J. M.; TERRY, I. A. R.; LEMA, E.; SIERRA, I. P.; ARROCHA, F. V.; VARELA, I. T.; GALVEZ, Y. F. Variables cuantitativas asociadas a la resistencia de la enfermedad roya parda de la caña de azúcar. **Centro Agrícola**, v. 44, n. 1, p. 41-48, 2017.

DILLEWIJW, C.V. **Botany of sugarcane**. The Chronica Botanica, Waltham. p. 371, 1952.

DIXON, L. J.; CASTLEBURY, L. A.; AIME, M. C.; GLYNN, N. C.; COMSTOCK, J. C. Phylogenetic relationships of sugarcane rust fungi. **Mycological Progress**, v. 9, n. 4, p. 459-468, 2010.

FAO. New standards to curb the global spread of plant pests and diseases. **FAO**, Rome, 2019. Disponível em: <http://www.fao.org/news/story/en/item/1187738/icode/>. Acesso em: 8 dez. 2020.

HOY, J. W.; HOLLIER, C. A. Effect of brown rust on yield of sugarcane in Louisiana. **Plant Disease**, v. 93, p. 1171-1174, 2009.

LIN, L. I. K. A Concordance Correlation Coefficient to Evaluate Reproducibility. **Biometrics**, v. 45, n. 1, p. 255-288, 1989.

MARTIN, L. A.; EVANS, D. L.; RUTHERFORD, R. S.; MCFARLANE, S. A.. Tawny rust: an update on the new species of rust infecting sugarcane in Southern Africa. **Proceedings of the South African Sugar Technologists Association**, v. 88, p. 309-313, 2015.

ORDOÑEZ, M. C.; SÁNCHEZ, J. C. A.; KAFURE, J. I. V. Métodos de diferenciación en campo y laboratorio de los agentes causales de la roya café (*Puccinia melanocephala*) y la roya naranja (*Puccinia kuehnii*) en caña de azúcar. **Carta Trimestral**, v. 32, p. 30-36, 2010.

PEREIRA, I. S.; PEREIRA, M. T. Efeito da adubação nitrogenada em cobertura na severidade da ferrugem comum do milho. **Journal of neotropical agriculture**, v. 4, n. 4, p. 99-103, 2017.

PEREIRA, R.; FERREIRA, M. A.; SOARES, T. P.; ANDRADE, M. F.; POZZA, E. A.; AVELAR, M. L.; MELO, L. A. Temporal Progress of Candeia Rust Caused by *Puccinia velata* in Clonal Candeia Plantation (*Eremanthus erythropappus* (DC.) McLeisch). **Forests**, v. 11, n. 7, p. 720, 2020.

PREZOTTI, L. C.; GOMES, J. A.; DADALTO, G. G.; OLIVEIRA, J. A. **Manual de recomendação de calagem e adubação para o Estado do Espírito Santo**. 5ª ed. Vitória: SEEA/Incaper/CEDAGRO, 2007.

R CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, 2016.

RAID, R. N.; COMSTOCK, J. C. Sugarcane rust disease. **UF/IFAS Ext. SS-AGR-207**. University of Florida, Gainesville, 2006.

RAMOUTHAR, P. V.; CALDWELL, P. M.; MCFARLANE, S. A. Effect of silicon on the severity of brown rust of sugarcane in South Africa. **European Journal of Plant Pathology**, v. 145, n. 1, p. 53-60, 2016.



SANJEL, S.; CHAULAGAIN, B.; SMALL, I.; COMSTOCK, J. C.; HINCAPIE, M. A.; RAID, R.; ROTT, P. C. Comparison of progress of brown rust and orange rust and conditions conducive for severe epidemic development during the sugarcane crop season in Florida. **Plant Disease**, v. 103, n. 5, p. 825-831, 2019.

SHANER, G.; FINNEY, R. E. The effect of nitrogen fertilization on the expression of slow-mildewing resistance in Knox wheat. **Phytopathology**, v. 67, n. 6408, p. 1051-1056, 1977.

SHRIVASTAVA, A. K.; SRIVASTAVA, D. C.; SOLOMON, S.; SRIVASTAVA, M. K.; SINGH, I. Physiological characters imparting resistance to biotic and abiotic stresses in sugarcane. **Sugar Tech**, v. 5, n. 3, p. 105-120, 2003.

SELVAKUMAR, R.; VISWANATHAN, R. Sugarcane rust: changing disease dynamics and its management. **Journal of Sugarcane Research**, v. 9, n. 2, p. 97-118, 2019.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Porto Alegre: Artmed, 2004, p. 719.

TOKESHI, H. Doenças da cana-de-açúcar. 3. ed. In: KIMATI, H.; AMORIM, L.; REZENDE, J. A. M.; BERGAMIN FILHO, A.; CAMARGO, L. E. A. **Manual de fitopatologia: doenças das plantas cultivadas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1997. v. 2, p. 199-214.

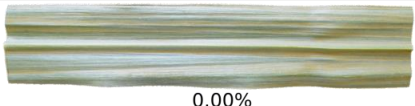
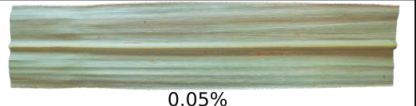

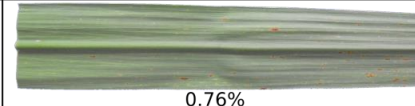

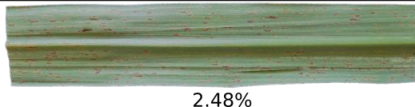
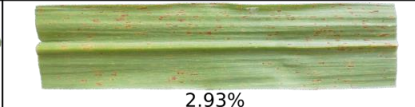
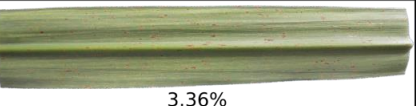

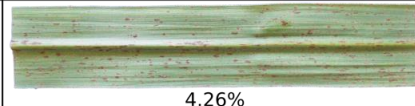
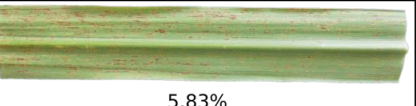
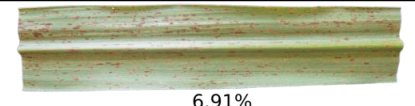
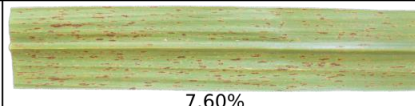
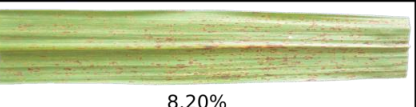
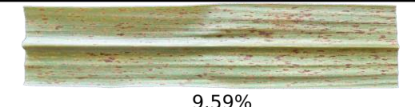
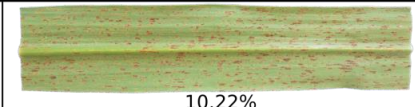
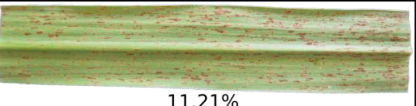
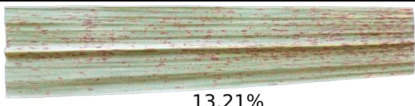


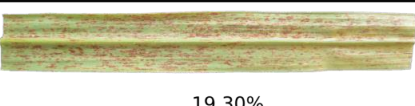
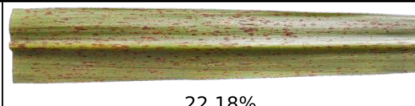

TONELLI, M.; GOMES, G.; SILVA, W. D.; MAGRI, N. T.; VIEIRA, D. M.; AGUIAR, C.L.; BENTO, J. M. S. As cigarrinhas produzem espuma como uma adaptação termorreguladora. **Relatórios científicos**, v. 8, n. 1, p. 1-6, 2018.

YAMADA, T. **A nutrição mineral e a resistência das plantas às doenças**. POTAFOS. Piracicaba: POTAFOS, 1995. p.1-3. (Informações Agronômicas, n. 72).

WANG, J.; JACOBS, J. L.; ROTH, M. G.; CHILVERS, M. I. Temporal dynamics of *Fusarium virguliforme* colonization of soybean roots. **Plant disease**, v. 103, n. 1, p. 19-27, 2019.

WANG, X. Y.; LI, W. F.; HUANG, Y. K.; XIN, L.; LUO, Z.M.; YIN, J.; SHAN, H. L. RONG-YUE, ZHANG, R. Y. Evaluation of sugarcane introgression lines for resistance to brown rust disease caused by *Puccinia melanocephala*. **Tropical Plant Pathology**, v. 38, n. 2, p. 97-101, 2013.

**APÊNDICE 1 – DIAGRAMA DE ÁREA PADRÃO COM OTOGRAFIAS  
COLORIDAS (SADcp)**

Nível 1 (0%)		 0.00%	
Nível 2 (0.01 - 1%)	 0.05%	 0.14%	 0.76%
Nível 3 (1.01 - 3%)	 1.41%	 2.48%	 2.93%
Nível 4 (3.1 - 5%)	 3.36%	 3.73%	 4.26%
Nível 5 (5.01 - 8%)	 5.83%	 6.91%	 7.60%
Nível 6 (8.01 - 11%)	 8.20%	 9.59%	 10.22%
Nível 7 (11.01 - 15%)	 11.21%	 13.21%	 14.46%
Nível 8 (15.01 - 25%)	 15.10%	 19.30%	 22.18%
Nível 9 (> 25.01%)		 25.36%	