UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE CIÊNCIAS FARMACÊUTICAS
DEPARTAMENTO DE ALIMENTOS E NUTRIÇÃO EXPERIMENTAL
Programa de Pós-Graduação em Ciência dos Alimentos
Área de Bromatologia

Efeitos da infestação de Sigatoka Amarela e de Sigatoka Negra sobre a qualidade das bananas produzidas

Florence Polegato Castelan

Dissertação para obtenção do grau de
MESTRE

Orientadora:
Profa. Dra. Beatriz Rosana Cordenunsi

São Paulo
2010

Livros Grátis

http://www.livrosgratis.com.br

Milhares de livros grátis para download.

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE CIÊNCIAS FARMACÊUTICAS
DEPARTAMENTO DE ALIMENTOS E NUTRIÇÃO EXPERIMENTAL
Programa de Pós-Graduação em Ciência dos Alimentos
Área de Bromatologia

Efeitos da infestação de Sigatoka Amarela e de Sigatoka Negra sobre a qualidade das bananas produzidas

Florence Polegato Castelan

Dissertação para obtenção do grau de
MESTRE

Orientadora:
Profa. Dra. Beatriz Rosana Cordenunsi

São Paulo
2010

Florence Polegato Castelan

Efeitos da infestação de Sigatoka Amarela e de Sigatoka Negra sobre a qualidade das bananas produzidas

Comissão Julgadora
da
Dissertação para obtenção do grau de Mestre

Profa. Dra. Beatriz Rosana Cordenunsi
orientador/presidente

_____
1º. examinador

_____
2º. examinador

São Paulo, _____ de _____.

AGRADECIMENTOS

A realização deste trabalho não seria possível sem a ajuda de tantas pessoas. Meus sinceros agradecimentos à professora Beatriz Cordenunsi que, de todas as maneiras, contribuiu muito para a minha formação pessoal e profissional, além de suportar e nortear o andamento do trabalho, mesmo quando este pareceu sem saída. Igualmente ao pesquisador Marc Chillet, pela orientação, dedicação e infinitas conversas sobre o trabalho.

Agradeço também a toda minha família e amigos, que me apoiaram em todos os momentos. Em especial, à minha mãe, minhas irmãs e tias, que acompanharam de perto todo o processo. E, claro, um agradecimento especial para o meu marido e amigo Lorenzo, não só pela ajuda técnica, mas principalmente pelo apoio pessoal e amor incondicional.

Agradeço a todos os companheiros do laboratório, pela disponibilidade e ajuda em todos os momentos. Um agradecimento especial à Márcia Moraes, Lúcia Justinos, Aline de Oliveira e Tânia Shiga, que foram fundamentais no desenvolvimento do trabalho no laboratório. Obrigada a todas as pessoas que, de alguma maneira, contribuíram para o desenvolvimento prático e intelectual deste trabalho.

Agradeço ao professor Ângelo Jacomino, pela infra-estrutura oferecida. Aos professores Eduardo Purgatto e João Roberto Nascimento. Aos doutores Claudinéia Soares, João Paulo Fabi, Neusa Hassimoto e Fernanda Peroni, pelo apoio e conselhos.

Ao Sindicato dos bananicultores de Miracatu, à Casa da Agricultura de Pedro de Toledo e ao APTA Regional de Registro pelo apoio na busca pelas áreas do experimento do Vale do Ribeira. Agradeço também aos produtores que nos acompanharam e apoiaram durante todo o desenvolvimento do trabalho no campo.

Agradeço a FAPESP e CNPq pelo suporte financeiro do projeto e bolsa. Um agradecimento sincero à Vanessa e ao Alan, do setor de Compras, pela ajuda e organização nas contas do projeto.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO 3
1.1. BANANA X QUALIDADE 6
1.2. AS SIGATOKAS E A BANANEIRA 10
1.2.1. Interação Patógeno – Planta Hospedeira 14
1.3. O AMADURECIMENTO DA BANANA 19
1.3.1. Principais hormônios e reguladores envolvidos 21
2. OBJETIVOS 24
2.1. Objetivo Geral 24
2.2. Objetivos específicos 24
2.2.1. Objetivos do experimento realizado no Vale do Ribeira 24
2.2.2. Objetivos do experimento realizado em Guadalupe 24
3. MATERIAIS 26
4. MÉTODOS 27
4.1. EXPERIMENTO REALIZADO NO VALE DO RIBEIRA 27
4.1.1. Desenho Experimental 27
4.1.2. Condução do experimento em campo 28
4.1.2.1. Determinação da idade fisiológica e o momento da colheita 29
4.1.2.2. Avaliação da severidade das Sigatokas 31
4.1.3. Análises das amostras 32
4.1.3.1. Preparo das amostras 32
4.1.3.2. Perfil respiratório e Determinação da vida-verde 33
4.1.4. Análise estatística 34
4.2. EXPERIMENTO REALIZADO EM GUADALUPE 34
4.2.1. Desenho Experimental 34
4.2.2. Condução do experimento em campo 36
4.2.2.1. Determinação da idade fisiológica e o momento da colheita 36
4.2.2.2. Avaliação da severidade das Sigatokas 37
4.2.3. Análises das amostras 37
4.2.3.1. Preparo das amostras 37

4.2.3.2. Determinação da vida-verde 38
4.2.3.3. Avaliação das características físicas 39
4.2.3.4. Ensaio da sensibilidade a Anthracnose em ferimento 39
4.2.3.5. Ensaio da sensibilidade a Podridão de coroa 40
4.2.3.6. Preparo das amostras e indução da maturação 41
4.2.3.7. Parâmetros de tamanho 41
4.2.3.8. Parâmetros de coloração 42
4.2.3.9. Parâmetros de textura 42
4.2.4. Análise estatística 43
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO 43
5.1. RESULTADOS OBTIDOS NO VALE DO RIBEIRA 43
5.1.1. Caracterização das áreas em relação à infestação das Sigatokas 43
5.1.2. Peso dos frutos 44
5.1.3. Perfil de gás carbônico e etileno 45
5.1.4. vida-verde 47
5.2. RESULTADOS OBTIDOS EM GUADALUPE 51
5.2.1. Experimento A – Parâmetros de qualidade 51
5.2.1.1. Frutos maduros antes da colheita 51
5.2.1.2. Evolução da infestação de Sigatoka Amarela 54
5.2.1.3. A relação entre S. Amarela x vida-verde 56
5.2.1.4. Relação da S. A. com parâmetros de tamanho 67
5.2.1.5. Relação da S. A. sobre a coloração da polpa 68
5.2.1.6. Relação da S. A. sobre a sensibilidade a doenças pós-colheita 70
5.2.2. Experimento B – Processo de amadurecimento induzido do fruto 74
5.2.2.1. Evolução da coloração da casca e da polpa 75
5.2.2.2. Evolução da dureza da casca e firmeza da polpa 76
6. CONCLUSÕES 79
7. BIBLIOGRAFIA 80

1. INTRODUÇÃO

A bananeira (Musa spp.) tem sua origem no continente Asiático e, atualmente, é explorada na maioria dos países tropicais. Este cultivo tem importância significativa no mundo, pois representa um alimento básico para a população de baixa renda em diversos países. A banana está presente na dieta de todas as classes sociais, pois possui características sensoriais agradáveis, alto valor nutritivo (FERREIRA et al., 2003) e preço acessível.

Segundo a FAO (2009), o maior produtor de banana do mundo é a Índia, que detém quase 20% da produção mundial, ou seja, mais de 16 milhões de toneladas. O quarto lugar pertence ao Brasil, com mais de 6,5 milhões de toneladas. O Equador é o maior exportador do mundo, exportando anualmente 3,5 milhões de toneladas.

Enquanto o estado de São Paulo é o maior produtor nacional, com cerca de 17% da produção do país, os principais municípios produtores se localizam na Bahia e em Santa Catarina, estados que ocupam o segundo e terceiro lugares, respectivamente, no ranking nacional (site oficial IEA, 2009). Isto indica que a produção bananeira no Vale do Ribeira é distribuída ao longo de toda a região e não se concentra em qualquer município ou propriedade.

No estado de São Paulo, o cultivo da bananeira se estende por toda a Região Metropolitana da Baixada Santista e na área compreendida pela Região Administrativa de Registro. Nesta região, há cerca de 4.000 produtores de banana, grande parte pequenos produtores, de baixo poder aquisitivo, que tem na cultura da banana sua fonte exclusiva de renda (FRANÇA, 2005). Esta região também é conhecida como Vale

do Ribeira e detém os menores IDHs (Índice de Desenvolvimento Humano) do estado (site oficial do Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento).

França (2005) ressaltou sobre os baixos índices de produtividade de alguns municípios do Vale do Ribeira; atribuindo a causa ao grande abandono de bananais, em decorrência da Sigatoka Negra e aos altos investimentos requeridos para seu controle. Esses investimentos são decorrentes das pulverizações com fungicidas e óleos minerais, que só apresentam eficácia, se realizadas por aviões, pois é dessa forma que atingem as folhas mais jovens da planta, consideradas as que apresentam maior potencial produtivo para a planta.

Outro dado que chama a atenção é que os 10 maiores produtores de banana correspondem a apenas 16% da produção total nacional (site oficial IBGE, 2005). Isto também sugere que o cultivo da bananeira no Brasil é oriundo de pequenos e médios produtores, quando comparado à empresa bananeira para exportação, em que as cinco maiores empresas detêm 75% do mercado mundial (LOEILLET, 2005).

Este fato também foi observado nas conversas com os produtores durante a condução do experimento no Vale do Ribeira. Os produtores de pequeno porte afirmam que desde a entrada do patógeno na região, são necessários investimentos crescentes na produção da fruta. Estes são provenientes da ajuda de familiares e rendas não vinculadas ao cultivo e, quando isso não é possível, ocorre o abandono da vida rural e a emigração de produtores para a cidade, em busca de outras oportunidades.

O Instituto de Economia Agrícola (IEA) apresentou em 2005, na XIII Reunião Itinerante de Fitossanidade do Instituto Biológico (XIII REFIB), um relatório constando que a entrada do patógeno responsável pela Sigatoka Negra no estado de São Paulo,

ocorrida no início de 2004, não interferiu negativamente nos índices econômicos referentes ao cultivo. Na medida em que houve redução na área plantada em 12% entre os anos de 2003 e 2004, houve 10% de aumento na produtividade no mesmo período. Isso possivelmente resulta do fato da Sigatoka Negra ser controlada com sucesso em bananais que possuem certo nível tecnológico e possibilidade de incremento de custos. Ao mesmo tempo, pequenos bananais, característicos da agricultura familiar, que possuem menores índices de produtividade, estão desaparecendo.

Neste trabalho foram coletadas informações em dois contextos de produção e comercialização bastante distintos: o primeiro, o Vale do Ribeira, sob o aspecto do consumo regional e nacional; e o segundo, baseado na exportação via marítima, a ilha francesa de Guadalupe. A produção do Vale do Ribeira está concentrada em pequenos e médios produtores, enquanto que a produção bananeira voltada para exportação pertence a grandes empresas agrícolas (FRANÇA, 2005), caso de Guadalupe. Outro contraste entre as regiões diz respeito à presença simultânea de Sigatoka Amarela e Negra desde 2004 no Vale do Ribeira (MOREIRA, 1999), e da infestação exclusiva por Sigatoka Amarela na ilha de Guadalupe.

Os contextos comerciais bananeiros do Vale do Ribeira e da ilha francesa Guadalupe são completamente distintos. Enquanto a exportação é praticamente inexistente para os produtores do Vale, ela é a principal destinação das bananas produzidas no território ultramarino francês.

Em termos de qualidade, esse contexto é determinante, na medida em que a banana deve chegar ainda no estado verde em seu local de comercialização, para

possibilitar frutos com qualidade no comércio varejista. Em Guadalupe, este tempo para comercialização é de, no mínimo, 25 dias para o transporte marítimo até os centros consumidores europeus (CHILLET et al., 2009), enquanto que no Vale do Ribeira, como a comercialização é realizada na CEAGESP, este tempo é de 15 dias (Informação verbal, 2008).

1.1. Banana x qualidade

A qualidade final da banana é resultante de cuidados desde o cultivo da bananeira no campo até a chegada do produto aos consumidores. Por isso, a produção bananeira para exportação evoluiu tecnicamente, a fim de maximizar a qualidade, como mostra a figura 1. Dentre os principais fatores determinantes na qualidade da banana, destaca-se o ponto de colheita do cacho, condições de crescimento da planta, cuidados no manuseio do cacho e fatores bióticos, como o ataque de pragas e doenças.

Um fator extemamente determinante na qualidade final da banana é o grau de maturação dos frutos no momento da colheita. Uma das definições de maturação é baseada na habilidade do fruto em amadurecer, pressupondo que a banana deve estar fisiologicamente madura de seis a sete semanas após a emergência do cacho, pois se for removida da planta após esse período vai amadurecer normalmente (TURNER, 1997).

Para quantificar a idade dos frutos em função da quantidade de energia solar absorvida pelas plantas, foi desenvolvido o conceito de Idade Fisiológica. Esta é medida por meio da soma de temperaturas médias diárias, a uma temperatura basal de 14ºC, pois abaixo desta temperatura, a planta apresenta metabolismo dormente, sem a

produção de fotoassimilados. Esta variável é expressa em graus dia – GD (degree day) e a maturidade fisiológica da planta é alcançada aos 600 GD (Chillet et al., 2006), quando os frutos apresentam a capacidade de amadurecer, se retirados de sua planta mãe. Este índice auxilia na estimativa da data de colheita do cacho, determinada em 900 GD para a cultivar Grande Naine (GANRY e MEYER, 1975), nas condições tropicais de cultivo.

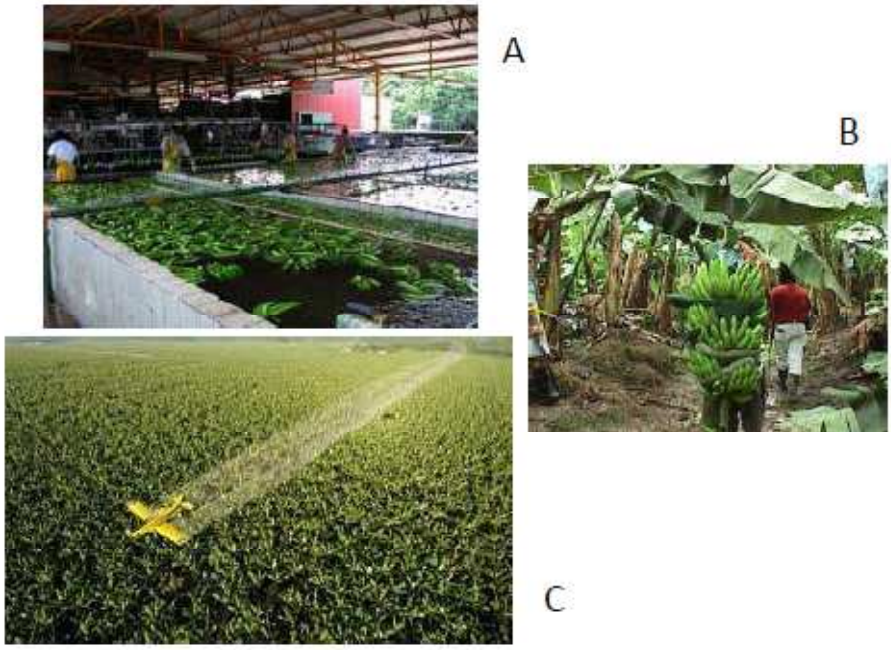

Figura 1. Nível tecnológico da bananicultura para exportação. Balcão de embalagem (*Packing house)* (A); cuidados no ponto de colheita comercial (B) e aplicação aérea de fungicidas para as Sigatokas (C)

Sob a perspectiva do desenvolvimento, o fruto deve fornecer um ambiente adequado para a maturação das sementes, e quando estas se encontram maduras, ocorre o início do amadurecimento, que prepara o fruto para a dispersão (GILLASPY et

al., 1993). Embora a banana não realize dispersão por sementes, ela apresenta este tipo de amadurecimento, devido a herança genética de espécies progenitoras.

As frutas têm sido classicamente classificadas com base na capacidade de aumentar a produção de etileno junto a um aumento associado na taxa de respiração, no início do amadurecimento. Frutos que desenvolvem este processo são chamados de climatéricos e incluem o tomate, a maçã, o pêssego e a banana. Enquanto que frutos que não produzem níveis elevados de etileno são chamados de não climatéricos, dentre estes, uva e morango (BARRY e GIOVANNONI, 2007). Outra definição desses conceitos está associada à sensibilidade dos frutos ao etileno: frutos climatéricos podem ter sua maturação induzida pela exposição ao etileno exógeno, enquanto que os não-climatéricos geralmente apresentam pequena resposta ao hormônio (CASTRO et al., 2005).

As bananas são frutos climatéricos (BURG E BURG, 1965; Barry e Giovannoni, 2007) cujo processo de amadurecimento pode ser dividido em três fases distintas. A primeira, fase pré-climatérica, geralmente ocorre logo após a colheita, quando a fruta está verde e apresenta a intensidade respiratória relativamente baixa. Em seguida, ocorre a fase climatérica, correspondente ao início do amadurecimento, quando ocorre aumento na intensidade respiratória até o pico de respiração (climatério). E, finalmente, a fase pós-climatérica, caracterizada pela intensidade respiratória novamente reduzida (CHILLET et al., 2008).

O período de tempo existente entre a colheita e o início do processo natural de amadurecimento, via síntese endógena de etileno (crise climatérica), é conhecido como *Green Life* ou vida-verde da banana (PEACOCK e BLAKE, 1970). A importância deste

parâmetro no cultivo da banana é que ele representa o tempo disponível de transporte para que a banana alcance os mercados varejistas ainda em estado verde. No contexto de exportação, este parâmetro é ainda mais importante, já que os frutos necessitam de mais tempo para chegar a seus países importadores.

A vida-verde é altamente dependente da temperatura de armazenamento pós-colheita da banana (BLAKE e PEACOCK, 1971), por isso, frutos podem ser rapidamente armazenados a 13ºC, a fim de estender seu tempo de conservação. Outro fator intimamente ligado a vida-verde é a idade fisiológica da banana no momento da colheita. Os parâmetros vida-verde e Idade Fisiológica do fruto estão intimamente correlacionados por um modelo exponencial negativo, de acordo com Jullien (2000), ou seja, quanto mais avançada a idade fisiológica da fruta no momento da colheita, menor a vida-verde.

Quando o enchimento dos frutos não é dificultado por nenhum estresse durante o desenvolvimento dos frutos, bananas Cavendish (cv. Grande Naine, nas condições das Antilhas Francesas) colhidas a 900 GD, alcançam o diâmetro comercial e uma vida-verde suficiente para atingir o mercado importador (GANRY e MEYER, 1975).

Entretanto, foi demonstrado que estresses como a redução do número de folhas no florescimento ou excesso de umidade, durante o desenvolvimento dos frutos, provocam redução no diâmetro dos frutos, mesmo quando colhidos a 900 GD (TURNER e HUNT, 1987; CHILLET et al., 2006; DANIELLS et al., 1987). Isto indica que este tipo de estresse pode levar ao encurtamento da vida-verde do fruto de maneira indireta; já que reduz o diâmetro do fruto, que pode induzir uma colheita tardia, de frutos com idade fisiológica mais avançada.

As mudanças que ocorrem na banana durante o amadurecimento dependem da qualidade do fruto pré-climatérico a ser colhido, que por sua vez depende dos tratos culturais e condições de cultivo da planta.

Assim, o conhecimento gerado em torno da fisiologia do desenvolvimento e amadurecimento da banana nos permitiria ter um maior controle sobre o amadurecimento e a qualidade pós-colheita da banana; com estratégias sofisticadas visando o benefício comercial da fruta. Os principais fatores a serem controlados são temperatura, umidade e concentração de etileno (TURNER, 1997). Thompson e Burden (1995) apontam outros problemas importantes relacionados ao amadurecimento e transporte desta fruta: dano mecânico, dano patológico e amadurecimento precoce e imprevisto de frutos.

1.2. As Sigatokas e a bananeira

Também conhecida como Cercosporiose da bananeira, a Sigatoka Amarela foi detectada pela primeira vez em Java na Indonésia, em 1902. Trinta anos depois, o fungo causador da doença, *Mycosphaerella musicola* Leach, já tinha alcançado bananais em todas as partes do mundo. No Brasil, sua detecção foi em Caraguatatuba em 1935 (MOREIRA, 1999). Este patógeno se multiplica de forma rápida em curto espaço de tempo, o que implica em rápida disseminação da doença. A infecção ocorre nas folhas jovens da planta, tendo os ascósporos com predominância apical e os conídios, distribuição casual, com predominância basal (NOGUEIRA, 2002).

A Sigatoka Negra é também uma cercóspora e, como tal, tem muitas probabilidades de apresentar novas raças mutantes ou híbridas. O fato de se manter

uma bananeira sob constante tratamento com fungicidas, durante o ano todo, empregando-se fungicidas de ação bastante enérgica, propicia condições para que eles se modifiquem a qualquer momento.

No ano de 1972, em Honduras, constatou-se a primeira detecção da Sigatoka Negra, uma nova raça do fungo da Sigatoka Amarela, atualmente classificada, na sua fase perfeita, como *Mycosphaerella fijiensis* Morelet, 1969 e na imperfeita como Paracercóspora fijiensis (Morelet) Deighton, 1976 (MOREIRA, 1999). A primeira detecção no Brasil foi em 1998, no estado do Amazonas; e no estado de São Paulo isso ocorreu em 2004.

Os sintomas iniciais de ambas doenças são pontos levemente cloróticos entre as nervuras secundárias das folhas novas. Há evolução para estrias e posteriormente para manchas necróticas, elípticas e alongadas, que em estágio avançado são circundadas por um halo amarelo, com o centro deprimido e de coloração acinzentada (MATOS et al., 2001). Quando o ataque é severo, as lesões se unem, provocando morte das folhas (ROSA & MENEZES, 2001). A figura 2 mostra os sintomas das duas doenças em dois estágios de desenvolvimento da doença, inicial e tardio.

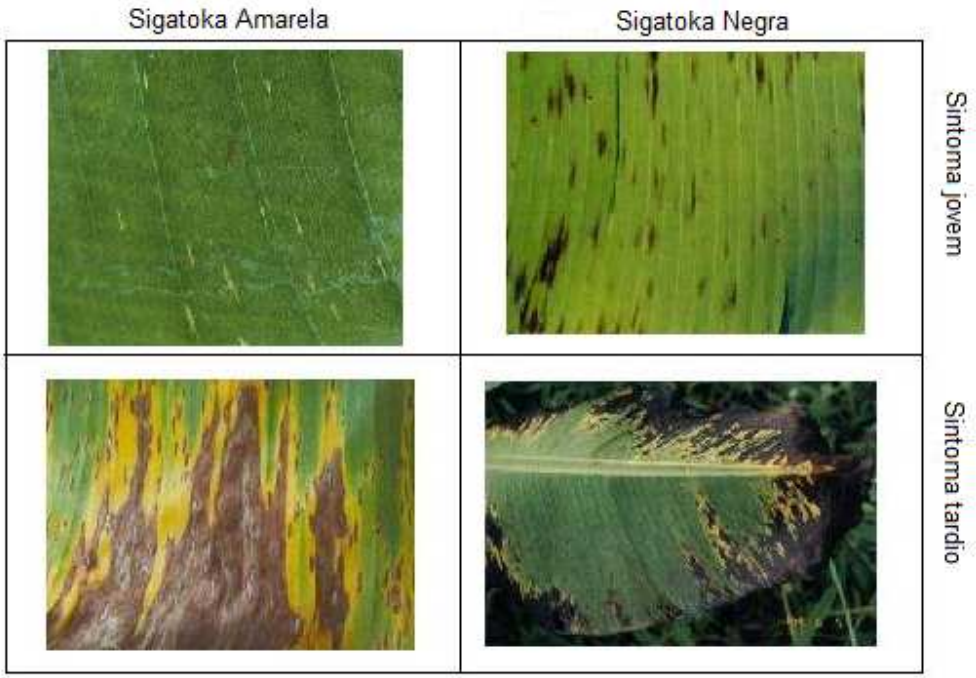

Figura 2. Sintomas oriundos da infecção de S. Amarela e S. negra em estágios iniciais e tardios da infecção. Fonte: www.minhasfrutas.blogspot.com.

Os principais danos são causados pela desfolha devido a morte precoce das folhas, que enfraquece a planta e abre portas para a entrada de fungos oportunistas, como a Cordana, provocando redução do tamanho dos cachos, pencas e frutos. Além disso, também ocorre a maturação precoce dos frutos, o alongamento do ciclo com o enfraquecimento do rizoma e o perfilhamento curto (Borges et al., 1998). Há estimativas de que haja redução de 50% da produção, que pode chegar a 100%, dependendo do grau de infestação (CORDEIRO & MATOS, 2005).

Frutos provenientes de bananais com alto índice de infestação de Sigatoka Amarela, colhidos a constante idade fisiológica (900 GD), demonstraram uma vida-verde muito reduzida, em relação a frutos provenientes de bananais sadios, nas

condições tropicais de produção (CHILLET et al 2009). Essa diferença foi da ordem de 40%: enquanto a vida-verde média dos frutos colhidos no bananal atacado foi 17,3 dias, os frutos provenientes do bananal controlado apresentaram uma vida-verde média de 28 dias.

Em outro trabalho, foi demonstrado que vida-verde média do menor e maior nível de S. Negra foram significativamente diferentes, para frutos colhidos em idade fisiológica semelhante, em plantações comerciais do Camarões. Este fato teria sido sugerido por MOREIRA (1999), quando comenta o amadurecimento precoce dos frutos colhidos em bananais muito atacados por Sigatoka Amarela, registrando a ocorrência de amadurecimento de grandes remessas de banana ao longo do transporte.

É possível afirmar que a agressividade e a virulência da S. Negra é muito superior a da S. Amarela (YOUNG e CONIE, 2001). Isto ocorre devido, entre outras coisas, a uma diferença morfológica em seus ciclos assexuais. Na *Mycosphaerella fijiensis,* agente causal da S. Negra, cada conídio apresenta entre seis a onze células viáveis, as quais podem germinar e gerar novos sítios de infecção. Enquanto que, na *M. musicola,* agente causal da Sigatoka amarela, apresenta até seis células. (MORAES, 2005; MORAES, 2008). Além disso, o ciclo de vida da *M. fijiensis* é bem mais rápido que da *M. musicola*, o que proporciona um tempo mais curto para infecção, como é observado no aparecimento adiantado das necroses de S. Negra, quando comparada à S. Amarela (STOVER, 1980).

1.2.1. Interação Patógeno – Planta Hospedeira

As plantas são organismos sésseis, o que as impede de se movimentar para escapar de desafios ambientais. Estresses bióticos resultam de diversos patógenos potenciais: fungos, bactérias, nematóides e insetos, que interceptam a produção de fotoassimilados pelas plantas. Além disso, os vírus utilizam o maquinário de replicação do núcleo celular, sendo altamente custoso para o hospedeiro. As plantas, por sua vez, desenvolveram sofisticados mecanismos de percepção dos ataques e de tradução da percepção em uma resposta adaptativa (DANGL e JONES, 2001).

O desenvolvimento da doença está relacionado com diversos fatores, como: resistência da planta, quantidade presente do patógeno, umidade relativa do ar, ocorrência de chuva e orvalho, temperatura e propriedades do solo (acidez, drenagem e teor de fósforo) (SIVIERO & LEDO, 2002).

Os organismos patogênicos às plantas podem ser amplamente divididos entre os que matam o hospedeiro e se alimentam de seus conteúdos (necrotróficos) e aqueles que precisam do hospedeiro vivo para se alimentar (biotróficos). Enquanto os vírus são essencialmente biotróficos, bactérias e fungos podem se comportar de quaisquer maneiras (DANGL e JONES, 2001).

Patógenos de plantas usam diferentes estratégias para sobreviver. Bactérias patogênicas se proliferam em espaços intercelulares (apoplasto), após sua entrada por poros de entrada de ar e água (estômatos e hidatódios, respectivamente) ou ganham acesso através de ferimentos. Nematóides e afídios se alimentam através da inserção de um estilete diretamente no interior das células vegetais. Fungos podem entrar

diretamente através da epiderme da célula vegetal ou extender suas hifas acima, entre ou através das mesmas (JONES e DANGL, 2006).

Fungos de ação patogênica ou simbiótica e oomycetos podem invaginar uma estrutura de alimentação, chamada haustório, no interior da membrana plasmática das células hospedeiras (JONES e DANGL, 2006). No entanto, a infecção de ambos os fungos causadores das Sigatokas ocorre de maneira ativa, através dos estômatos (MORAES, 2008).

A maior parte da infecção ocasionada por ambos os fungos causadores das Sigatokas começa com os esporos sendo transportados pelo vento e depositados nas folhas jovens da bananeira. Estes germinam em duas a três horas, se houver disponibilidade de água. Os tubos germinativos, em seguida, crescem epifiticamente por alguns dias (2-3 dias para *M. fijiensis* e 4-6 dias para *M. musicola*) antes de sua penetração na folha via estômato. Esta penetração ocorre devido a uma resposta dependente de água, por meio da formação de um apressório ou estomatopódio através do estômato (MEREDITH, 1970; STOVER, 1980).

Ao longo da evolução, os vegetais desenvolveram múltiplos mecanismos de defesa contra patógenos microbianos. Além dos variados mecanismos de produção de metabólitos secundários, os vegetais utilizam sistemas específicos de reconhecimento e sinalização, permitindo a rápida detecção do patógeno e o início de uma resposta de defesa (TAIZ e ZEIGER, 2004).

A maior parte das plantas é resistente à maioria dos patógenos. A proteção passiva das plantas contra patógenos não especializados é provida pela cutícula cerosa e componentes antimicrobianos pré-formados (DANGL e JONES, 2001). Estes

mecanismos são baseados no enrijecimento da parede celular, produção de compostos antibióticos chamados fitoalexinas e proteínas antibióticas, bem como a aceleração da morte celular a fim de suprimir a dispersão dos agentes patogênicos (KITAJIMA e SATO, 1999).

Proteínas relacionadas ao Patógeno (PR – *Pathogenesis-related proteins*) são proteínas codificadas pela planta hospedeira, mas que tem a sua expressão induzida por agentes patogênicos, como fungos, bactérias e vírus, ou outros tipos de estresse (BOL, LINTHORST e CORNELISSEN, 1990). A infecção da folha por organismos patogênicos acelera a biossíntese de etileno na folha, que ativa a via de sinalização que leva a expressão de genes relativos a PR. Embora as proteínas PR estejam envolvidas na defesa de plantas, elas não são necessariamente identificadas por sua ação antipatogênica, mas sim por seu simples acúmulo em plantas submetidas à situação de patogênese (VAN LOON, 1997).

Hidrolases como as beta-1,3-glucanases (PR-2; EC 3.2.1.39) e quitinases (PR-3; EC 3.2.1.14) têm sido relatadas principalmente como inibidoras do crescimento fúngico (VAN LOON e VAN STRIEN, 1999). Foi constatado aumento de atividade dessas duas enzimas, em plantas de tomateiros tratadas com diferentes substâncias fitopatogênicas (CAVALCANTI et al., 2006). O aumento da atividade dessas substâncias conferiu capacidade parcial de proteção em plantas de tomateiro inoculadas com *Xanthomonas campestris* pv. Vesicatoria (CAVALCANTI et al., 2006).

Muitos dos genes relacionados à indução da defesa são regulados por vias de transdução de sinal envolvendo o trio de reguladores ácido jasmônico (AJ), etileno e ácido salicílico (AS), entre outros (REYMOND e FARMER, 1998). Foi recentemente

mostrado que AJ desempenha papel crucial na proteção da *Arabidopsis* contra o ataque do fungo *Pythium mastophorum* enfraquecido (NADARAJAH e TURNER, 2003). Estes mostraram que mutantes de *Arabidopsis* insensíveis ou incapazes de sintetizar metil jasmonato são suceptíveis ao fungo *Pythium mastophorum*, do qual o tipo selvagem é resistente. Os mesmo autores demostraram, ainda, que os mutantes incapazes de sintetizar o metil jasmonato, quando tratados por aspersão com 50 µM de metil jasmonato, apresentavam resistência em níveis semelhantes ao tipo selvagem.

Doenças fúngicas pós-colheita de importância no cultivo da bananeira

Anthracnose e Podridão de coroa são consideradas os principais problemas pós-colheita que reduzem a qualidade da banana, especialmente para exportação (CHILLET et al., 2006; CHILLET, HUBERT e DE LAPEYRE DE BELLAIRE, 2007). A Anthracnose representa a infecção do *Colletotrichum musae* ao longo da casca do fruto, enquanto que a Podridão de coroa resulta do desenvolvimento de diversos fungos comuns na região da coroa (área que liga o pedúnculo à penca).

Em plantações comerciais, a Anthracnose infecta o fruto durante o primeiro mês após a emergência floral (CHILLET et al., 2006), quando o patógeno desenvolve uma infecção latente no fruto sem injúrias. Neste caso, o fungo penetra sob a cutícula, onde permanece até que o fruto inicie o processo de amadurecimento (SIMMONDS, 1941). Este tipo de infecção é chamado quiescente, pois o local de infecção não sofreu nenhuma injúria. Concomitante ao amadurecimento do fruto, o fungo germina seu apressório, formando hifas que colonizam a casca e penetram na polpa do fruto (SWINBURNE e BROWN, 1983).

Se houver a ocorrência de danos mecânicos nos frutos, como injúrias e ferimentos, a podridão se desenvolve mais rapidamente, formando lesões ainda maiores. Quando isto ocorre, a doença é chamada de Anthracnose em ferimento e pode disparar o amadurecimento do fruto precocemente (PEACOCK, 1973). Isto pode causar sérios danos aos frutos durante transporte e comercialização, reduzindo a qualidade da banana, antes mesmo de chegar às câmaras de amadurecimento (CHILLET e DE LAPEYRE DE BELLAIRE, 2007).

Foi demonstrada uma relação polinomial ascendente entre a idade fisiológica do fruto e a susceptibilidade a Anthracnose em ferimento, a um R^2 de aproximadamente 0,99 (CHILLET et al, 2006). Sendo que os frutos com idade fisiológica mais avançada mostraram maior susceptibilidade a esta doença, principalmente a partir dos 600 GD.

A Podridão de coroa se constitui como uma infecção ocasionada por um complexo de fungos que leva ao amolecimento e escurecimento da região lesionada pela retirada da penca do cacho (LASSOIS et al, 2010). Estes autores mostraram uma tabela com os principais fungos envolvidos neste complexo e a variabilidade entre eles, dentro das principais regiões produtoras de banana do mundo. Estes sintomas se desenvolvem rapidamente durante o amadurecimento, quando a fisiologia do fruto passa por modificações que facilitam o desenvolvimento fúngico (HOSTACHY et al, 1990).

A ocorrência desta doença é determinante na qualidade, devido à formação de manchas necróticas nos frutos. Isto pode levar ao adiantamento do amadurecimento

durante armazenamento e transporte, devido ao aumento da produção de etileno em decorrência do estresse e da formação da necrose (LASSOIS et al, 2010).

A susceptibilidade dos frutos a esta doença reflete o estado fisiológico do fruto e depende de técnicas agronômicas e fatores pedoclimáticos. A idade fisiológica expressa pelo acúmulo de graus dia (GD) também parece afetar o desenvolvimento desta doença. Forret (2008) demonstrou uma relação linear ascendente entre a idade fisiológica (em GD) e a susceptibilidade à Podridão de coroa, sendo os frutos com idade fisiológica avançada apresentaram maior susceptibilidade a esta doença.

Como já foi demonstrada uma estreita relação entre a idade fisiológica dos frutos e a susceptibilidade a estas doenças (FORRET, 2008). E também foi comprovada a estreita relação da infestação de S. Amarela e o encurtamento da vida-verde dos frutos (CHILLET et al., 2009). É possível que haja alguma relação entre a infestação de S. Amarela e a susceptibilidade à Podridão de coroa e Anthracnose, já que o encurtamento da vida-verde dos frutos pode ser ocasionado pelo adiantamento da idade fisiológica dos mesmos. Em vista disso, foi avaliada a susceptibilidade à Podridão de coroa e Anthracnose de frutos oriundos de plantas fortemente infectadas por S. Amarela.

1.3. O amadurecimento da banana

Por ser um fruto climatérico típico, concomitante ao pico de respiração e ação do etileno, inicia-se o processo de amadurecimento da banana. Umas das principais modificações relacionadas à qualidade do fruto é a conversão de amido em açúcares, responsável pelo adoçamento do fruto. Durante esse processo, o conteúdo médio de

amido passa de teores de 25% na fase pré-climaterica a menos de 1%, no período climatérico (cv. Nanicão, CORDENUNSI e LAJOLO, 1995). Simultaneamente, o teor de sacarose aumenta até 12 vezes (CORDENUNSI e LAJOLO, 1995) e, ao final do amadurecimento, alcança teores da ordem de 15% (CORDENUNSI, 2004).

Diversas enzimas supostamente envolvidas no metabolismo amido-sacarose já tiveram expressão/atividade detectadas em polpa de banana. Entre elas, a β-amilase parece ser importante, pelo aumento de expressão/atividade que ocorrem durante o amadurecimento da banana, concomitante com a degradação do amido e com o aumento de produção de etileno (NASCIMENTO et al., 2006). A β-amilase hidrolisa ligações glicosídicas α-(1-4) dos polímeros que compõe o amido (amilose e amilopectina), removendo sucessivas unidades de β-maltose dos terminais não-redutores.

A atividade da α-amilase, enzima que atua aleatoriamente sobre ligações α-(1-4) nas cadeias de amilose ou amilopectina, não sofre variações significativas durante o amadurecimento. Isto indica que ela não parece ser regulada por hormônios como o etileno ou o ácido indol acético (AIA) (VIEIRA JUNIOR, 2006). Mas, como está presente em todas as fases de amadurecimento do fruto, deve ter papel importante na degradação do amido, ainda não totalmente esclarecido.

Outra enzima importante nesse processo é a sacarose-fosfato sintase (SPS), que atua na síntese da sacarose, decorrente da degradação do amido. Os maiores níveis de sua expressão/atividade foram encontrados durante o amadurecimento do fruto, fase de maior acúmulo de sacarose, caracterizada pela alta taxa de degradação de amido a intensa atividade respiratória (NASCIMENTO et al, 1997).

Da mesma forma, a expressão/atividade da SPS demonstrou ter importante função neste processo, pois parece estar temporalmente regulada segundo as fases de desenvolvimento, pré-climatérica e amadurecimento do fruto. Sendo que os maiores níveis de sua expressão/atividade foram encontrados durante o amadurecimento do fruto; fase de maior acúmulo de sacarose, caraterizada pela alta taxa de degradação de amido a intensa atividade respiratória (NASCIMENTO et al, 1997).

Os fatos expostos indicam que a expressão/atividade das enzimas que atuam no metabolismo amido-sacarose estão temporalmente relacionadas com as fases do fruto: desenvolvimento, pré-climatérica e amadurecimento. Isto indica que essas enzimas são reguladas por hormônios como o etileno AIA.

1.3.1. Principais hormônios e reguladores envolvidos

O etileno regula o amadurecimento dos frutos e outros processos associados à senescência e abscisão de folhas, flores e frutos. Além disso, o etileno regula a expressão de vários genes, incluindo aqueles relacionados ao amadurecimento a ao ataque de patógenos. Este hormônio é formado em muitos órgãos dos vegetais superiores, tecidos senescentes e frutos em amadurecimento produzem mais etileno que tecidos jovens ou frutos maduros.

A síntese de etileno é desencadeada por vários processos de desenvolvimento, pelas auxinas e pelo estresse ambiental (TAIZ e ZEIGER, 2004). Frutos de banana podem ter seu processo de amadurecimento induzido pelo tratamento com etileno exógeno, realizado em câmaras comerciais de amadurecimento (MARRIOTT, 1980).

Em relação ao etileno endógeno, podem ser definidas duas vias de síntese: o sistema 1 e o sistema 2. O sistema 1 ocorre durante o crescimento e desenvolvimento normal e em resposta ao estresse, enquanto que o sistema 2 opera durante a senescência floral e o amadurecimento de frutos (BARRY e GIOVANONNI, 2007).

A auxina foi o primeiro hormônio descoberto em plantas e é um dos agentes químicos sinalizadores que regulam o crescimento. A auxina mais comum, de ocorrência natural, é o ácido indol-3-acético (AIA) (TAIZ e ZEIGER, 2004). Este hormônio parece estar relacionado com o início da conversão do amido em açúcares, durante o amadurecimento da banana. Isso foi demonstrado por Purgatto et al (2002), que realizaram uma repetição de experimentos utilizando fatias de banana infiltradas com AIA. O amido foi degradado com sete dias de atraso nas fatias tratadas com AIA, o dobro do tempo das amostras controle, provocando a inibição total na síntese de sacarose. Outros eventos associados ao amadurecimento como o aumento da taxa respiratória destes frutos e a atividade e expressão de diversas enzimas importantes no metabolismo do amido, também sofreram atraso (PURGATTO et al., 2000).

O ácido abscísico (ABA) é um composto terpenóide de 15 carbonos derivados de uma porção terminal dos carotenos. Nas plantas, desempenha importante papel na dormência de sementes e gemas, bem como na resposta ao estresse hídrico. Nos tecidos, o ABA pode ser medido por bioensaios de crescimento, germinação ou fechamento estomático.

Estudos feitos em bananas tratadas com ABA, etileno e 1-MCP, combinados ou não, mostraram que o ABA acelerou o processo de amadurecimento em todos os tratamentos, segundo os parâmetros: respiração, produção de etileno, textura da polpa

e coloração da casca (JIANG, JOYCE e MACNISH, 1999). Estes resultados sugerem que o ABA deve desencadear e reforçar a sensibilidade do fruto ao etileno, atuando como coordenador no processo climatérico.

O conhecimento adquirido até o momento permite pressupor que o amadurecimento da banana é um evento que depende não só do aumento da produção do etileno, mas sim de um equilíbrio de hormônios, principalmente do etileno e do AIA. Neste caso, o teor inicial de AIA, determinaria a vida-verde do fruto. Ou seja, quanto maior o teor inicial de AIA da banana ao ser colhida, maior seria a vida-verde da banana.

Sabe-se que bananas oriundas de plantas infestadas com as Sigatokas têm amadurecimento precoce ainda no campo, ou com vida-verde muito curta, talvez em função de baixos níveis de AIA. A quantificação destes hormônios nas amostras oriundas de plantas infestadas e plantas controle ajudará a estabelecer a importância de outros hormônios que não o etileno no processo de amadurecimento da banana.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo Geral

Avaliar as consequências da infestação da bananeira por Sigatoka Negra e Sigatoka Amarela na fisiologia e qualidade dos frutos produzidos.

2.2. Objetivos específicos

2.2.1. Objetivos do experimento realizado no Vale do Ribeira

Avaliar os efeitos da Sigatoka Negra sobre a fisiologia pós-colheita do fruto, já que estes efeitos já foram confirmados para Sigatoka Amarela, nas condições tropicais de produção. Propõe-se a avaliação da fisiologia pós-colheita por meio da análise da vida-verde e dos perfis de gás carbônico e etileno.

Confirmar os efeitos da Sigatoka Amarela na fisiologia pós-colheita do fruto, em condições subtropicais, sob a mesma perspectiva de avaliação.

Avaliar a influência da infestação exclusiva de cada doença em condições pedoclimáticas constantes.

2.2.2. Objetivos do experimento realizado em Guadalupe

Avaliar a existência de um nível crítico na relação Sigatoka Amarela e vida-verde, ou seja, se os efeitos no fruto ocorrem somente a partir de certo grau de infestação da doença.

Investigar a influência da infestação de Sigatoka Amarela sobre parâmetros de cor e tamanho, determinantes na qualidade do fruto, segundo níveis de infestação da doença.

Investigar os efeitos da Sigatoka Amarela na sensibilidade dos frutos a doenças pós-colheita, tais como Anthracnose em ferimento e Podridão de coroa, segundo níveis de infestação da doença.

Por meio de dois níveis extremos de doença, avaliar os efeitos da infestação de Sigatoka Amarela sobre o processo de amadurecimento induzido de frutos.

3. MATERIAIS

Frutos de banana obtidos em dois experimentos distintos, tais como:

3.1. O primeiro experimento foi conduzido em São Paulo, na região do Vale do Ribeira, com frutos da cultivar Nanicão (*Musa acuminata* AAA, Cavendish), colhidos a 700 e 960 GD, em sítios fortemente atacados por Sigatoka Negra ou Sigatoka Amarela, ou com a doença controlada (parcela controle). Este experimento foi conduzido nas seguintes condições aproximadas: latitude 24º16' sul, longitude 47º27' oeste, altitude de 27 metros, precipitação anual 1500mm, latossolo amarelo, temperatura média durante o experimento 19,5 ^{o}C.

3.2. O segundo experimento foi conduzido na ilha de Guadalupe (território ultramarino francês, situado entre o Mar do Caribe e o Atlântico Norte), com plantas da cultivar Grande naine (*Musa acuminata* AAA, Cavendish), colhidos a 900 GD, em uma fazenda com diferentes graus de infestação exclusiva da Sigatoka Amarela. Este experimento foi conduzido nas seguintes condições aproximadas: latitude 16°15' norte, longitude 61°35' oeste, altitude 230 metros, precipitação anual 2500 mm, andossolo, temperatura média durante experimento 25 ^{o}C.

4. MÉTODOS

4.1. Experimento realizado no Vale do Ribeira

4.1.1. Desenho Experimental

Este experimento foi realizado no período de fevereiro/2008 a novembro/2008, em cinco sítios da região do Vale do Ribeira, estado de São Paulo; nos municípios de Miracatu, Itanhaém e Registro. Desenhado em três tratamentos e três triplicatas biológicas no campo, este experimento contou com três parcelas de 20 plantas cada uma (total de 60 plantas por tratamento), distribuídas geograficamente no Vale do Ribeira.

Em relação ao ataque das doenças, este experimento apresentou três diferentes condições: uma área fortemente atacada com predominância de S. Negra, uma área de forte e exclusivo ataque de S. Amarela e uma área controle, com baixa pressão dos dois patógenos. Amostras foliares das áreas de S. Amarela e Negra foram analisadas no laboratório de Fitopatologia do CIRAD em Montpellier, para confirmação da presença dos patógenos e da exclusividade de S. Amarela em sua respectiva área. Os tratamentos e suas respectivas regiões são descritos na tabela 1.

Tabela 1. Distribuição das parcelas e tratamentos do experimento realizado no Vale do Ribeira no período de fevereiro a novembro de 2008.

TRATAMENTO	*Região*	*Nº de plantas*	*Grau de infestação*
Sigatoka Negra	Miracatu	60	Forte
Sigatoka Amarela	Itanhaém	60	Forte e exclusivo
Controle	Registro	60	Controlada

A colheita foi realizada na terceira ou quarta penca de cada cacho, em duas diferentes idades fisiológicas (700 e 960 GD - metodologia descrita no item 4.1.2.1).

4.1.2. Condução do experimento em campo

As plantas foram selecionadas no estágio conhecido como dedos horizontais, reconhecido pela presença de flores masculinas e femininas na última penca aberta. As flores femininas são aquelas que se tornarão frutos, enquanto que as masculinas são relativamente pequenas (diferenças evidenciadas na foto) e infrutíferas. Neste momento, os futuros cachos foram ensacados com bolsas plásticas próprias para uso no cultivo da bananeira e as plantas identificadas com fita tigrada vermelha e enumeradas junto a sua data de floração.

Figura 3. Estágio dedos horizontais, considerado como o ponto de floração da bananeira. A seta indica a presença de flores femininas e masculinas na última penca, característica de reconhecimento deste estágio.

Essas plantas foram acompanhadas ao longo do desenvolvimento do fruto até o momento da colheita. Durante esse período, foram realizadas avaliações mensais da severidade da doença e adubações bimestrais.

4.1.2.1. Determinação da idade fisiológica e o momento da colheita

Para estimar a idade fisiológica dos frutos, foi utilizado o cálculo descrito por Ganry e Meyer (1975). Este cálculo é baseado na soma das médias de temperaturas diárias, a uma temperatura basal de 14℃, desde a floração até a colheita. Foram escolhidas duas idades fisiológicas diferentes: 700 e 960 GD, priorizando um estágio precoce e outro estágio de maturação tardia.

A idade de colheita comercial foi estipulada em 900 GD nas condições tropicais, onde a temperarura e a pluviosidade são constantes e equivalentes ao verão do Sudeste brasileiro. No entanto, esta idade não se aplica às condições subtropicais, devido à diferenças, tanto entre as variedades cultivadas, quanto pelo clima de cada região. A existência de um período frio e seco, pode ser favorável para que as plantas tenham adaptado sua fisiologia, modificado sua temperatura basal e, consequentemente, obedecerem a outro regime de soma de temperaturas.

Para captação de dados de temperatura, foram instaladas mini-estações meteorológicas (figura 4), que captam valores de temperatura e umidade a cada hora. Esses dados foram utilizados na determinação da idade fisiológica dos cachos e na estimativa da data de colheita.

Figura 4. Mini-estação meteorológica formada por uma sonda de captação de temperatura e umidade protegida em um cano de PVC (10 pol. de diâmetro), disposta a uma altura de 1 m no interior do bananal

4.1.2.2. Avaliação da severidade das Sigatokas

A avaliação da severidade da doença, segundo Stover (1971) modificado por Gauhl et al. (1993), foi baseada na estimativa da área foliar necrosada em todas as folhas da planta, indicada pela sigla IS (Índice de Severidade) e expressa em porcentagem. A estimativa da área necrosada de cada folha é realizada de acordo com a seguinte escala de notas, ilustrada na figura 5:

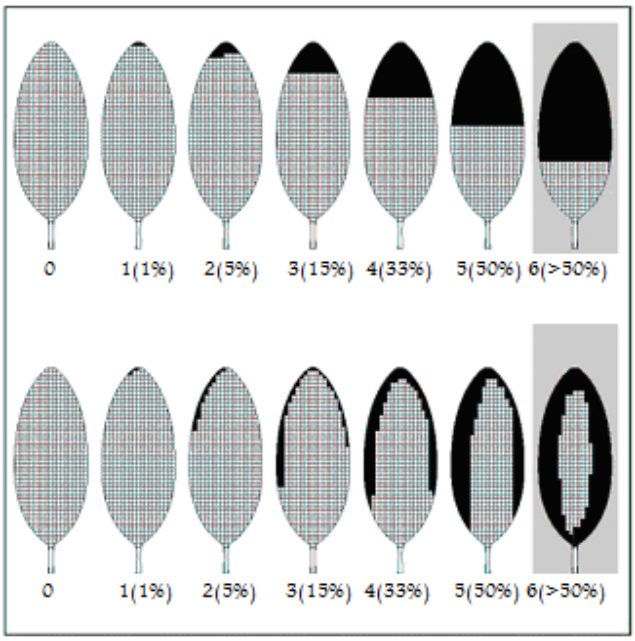

Figura 5. Escala de notas usada na estimativa da área de tecido necrosado das folhas, a fim de calcular o índice de severidade das plantas. (fonte: GAUHL et al, 1993)

Nota 0 : ausência de necrose.

Nota 1 : Menos de 1% de área de tecido necrosado.

Nota 2 : de 2 à 5% de área de tecido necrosado.

Nota 3 : de 6 à 15% de área de tecido necrosado.

Nota 4 : de 16 à 33% de área de tecido necrosado.

Nota 5 : de 34 à 50% de área de tecido necrosado.

Nota 6 : Mais de 51% de área de tecido necrosado.

Esta análise foi realizada em 30% das plantas estudadas. Além do Índice de Severidade, outros índices também foram determinados durante esta análise:

-YLS (youngest leaf spotted) – método descrito por Stover e Dickson (1970), inclui o monitoramento da folha mais jovem necrosada.

-NF (número de folhas) – o número de folhas da planta pode indicar certo grau de infestação, visto que folhas atacadas secam e caem.

Para quantificação da doença ao longo do desenvolvimento dos frutos, foi construída uma curva SI x tempo e calculada a área sob a mesma. Este parâmetro é conhecido como AUDPC (*Area Under Disease-Progress Curve*, descrita por JEGER E VILJANEN-ROLLINSON, 2001).

4.1.3. Análises das amostras

4.1.3.1. Preparo das amostras

Após a colheita, as pencas (18 por tratamento) foram transportadas ao laboratório, onde foram lavadas e higienizadas, por meio da imersão em solução de hipoclorito de sódio 1%. Após completa secagem, os frutos foram armazenados em câmaras frias mantidas a 20ºC e 80% de Umidade Relativa do ar. Periodicamente, foram congeladas amostras em nitrogênio líquido desde o primeiro dia no laboratório

até a senescência dos frutos. O congelamento foi realizado cortando-se fatias finas da banana com imersão imediata em nitrogênio líquido, na média de quatro frutos por amostra.

4.1.3.2. Perfil respiratório e Determinação da vida-verde

Diariamente, três frutos eram separados e acomodados em um frasco de vidro hermeticamente fechado. Após determinado período de tempo, amostras de gás (1 mL) do interior do vidro eram coletadas com uma seringa, através de um septo de silicone, e analisadas em Cromatógrafo a gás (ThermoFinnigan Trace 2000 Gas Chromatograph), equipado com duas colunas capilares Porapack N e dois detectores de ionização de chama (FID), utilizando Hidrogênio como gás de arraste (40 mL/min.kg e 105 kPa pressão).

Foram determinadas as concentrações de gás carbônico e etileno, por meio da diferença entre a concentração do gás no interior do vidro e a concentração dos gases na atmosfera da câmara (branco). Essas análises foram realizadas a cada 24 horas e expressas em mg CO_2 kg^{-1} h^{-1} e µl C_2H_4 kg^{-1} h^{-1}, respectivamente. O final da vida-verde foi considerado como o dia em que o etileno superou a concentração de 1 µl kg^{-1} h^{-1}. Essa concentração foi estipulada como uma maneira grosseira de determinar o desencadeamento irreversível do processo de amadurecimento do fruto.

Dessa forma, o período existente entre o momento da colheita e o início do amadurecimento natural do fruto, conhecido como vida-verde, foi determinado como o número de dias existentes entre a colheita e o início do climatério, como descrito acima.

Este ensaio foi conduzido no laboratório de pós-colheita dos frutos, do Departamento de Produção Vegetal da ESALQ.

4.1.4. Análise estatística

Foram realizados testes de Normalidade (Shapiro-Wilk), seguidos por teste de igualdade variâncias (Levene) e ANOVA *one way* (teste de Tukey), todos com p = 0,05. Os testes foram conduzidos no programa OriginPro 8.0.

4.2. Experimento realizado em Guadalupe

4.2.1. Desenho Experimental

Realizado no período de junho/2008 a março/2009, este experimento foi conduzido em uma fazenda de grande porte na ilha de Guadalupe, território ultramarino francês. Como o emperimento do Vale do Ribeira só foi finalizado em novembro de 2009, o experimento de Guadalupe foi realizado por técnicos do CIRAD até outubro deste ano. Nesta ocasião, foi escolhida apenas uma idade fisiológica para a colheita, conhecida como o ponto de colheita comercial, a 900 GD (metodologia descrita em métodos 4.1.2.1).

Este experimento contou com três repetições sucessivas: repetições 1, 2 e 3, cada uma com aproximadamente 100 plantas marcadas, sendo a primeira repetição iniciada em junho/2008, a segunda em setembro/2008 e a terceira em outubro do mesmo ano. Portanto, as repetições 1, 2 e 3 se referem ao experimento de campo realizado para obtenção das amostras.

Ao contrário do experimento do Vale do Ribeira, todos os frutos vieram de uma grande parcela, que apresentava uma infestação gradual de Sigatoka Amarela, ocasionada pelo tratamento químico realizado somente em um dos lados da parcela. Este tratamento era costumeiramente realizado com fungicidas do grupo dos triazois e estrobirulinas e foi suspenso em metade da parcela no início do experimento.

A figura 6 mostra um esquema da parcela ilustrando a ocorrência de deriva, caracterizada pelo desvio das gotas na aplicação do fungicida. As plantas foram classificadas em níveis de doença, de acordo com a infestação quantificada durante todo o ciclo.

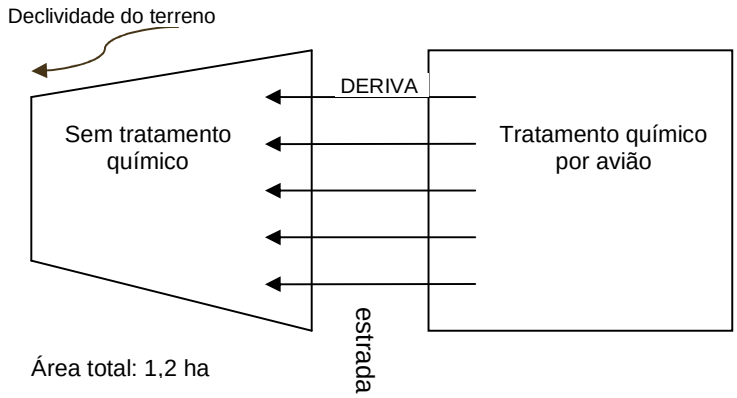

Figura 6. Esquema da parcela utilizada no experimento de Guadalupe. O tratamento realizado por avião em somente um lado da parcela propicia um nível de infestação gradual das plantas, devido à ocorrência de deriva.

Dois ensaios foram resultantes da condução em campo citada anteriormente: o primeiro, chamado ensaio A, dispõe de três repetições correspondentes à colheita da 3ª penca das repetições 1, 2 e 3, distribuídas em uma escala gradual de doença. O

segundo, chamado experimento B, é disposto em dois níveis extremos de doença (alta infestação do fungo e infestação controlada) e provido de duas repetições com cerca de 20 frutos cada uma, correspondentes à colheita da 4ª penca de algumas plantas da repetição 3. Ambos os experimentos foram conduzidos nos laboratórios do CIRAD de Neufchateau, em Guadalupe. A tabela 2 mostra os dois ensaios resultantes deste experimento em campo, bem como suas repetições.

Tabela 2. O experimento realizado em Guadalupe, com dois ensaios e suas repetições

	Nº repetições	**Nº plantas /rep**	**Total**	**Amadurecimento**
Ensaio A	3	Aprox. 80	240	Sem indução
Ensaio B	2	20	40	Com indução

4.2.2. Condução do experimento em campo

Semelhante ao método utilizado no experimento do Vale do Ribeira (item 4.1.2), este experimento foi baseado na marcação das plantas no estágio dedos horizontais (figura 2) e avaliação da severidade a cada três semanas. Neste caso, não foi realizada a medição mensal do diâmetro. As práticas de adubação e ensacamento dos cachos eram rotineiramente realizadas pelos próprios funcionários da fazenda.

4.2.2.1. Determinação da idade fisiológica e o momento da colheita

A idade fisiológica e o momento da colheita foram estimados conforme o método detalhado no item 4.1.2.1., utilizando semelhante sonda na mini-estação meteorológica e o mesmo cálculo. Neste experimento, a data de colheita foi estimada em 900 GD, segundo Ganry e Meyer (1975), para frutos da cultivar Grande naine.

4.2.2.2. Avaliação da severidade das Sigatokas

Foi utilizado o método descrito no item 4.1.2.2, utilizando a mesma escala de determinação da área de tecido necrosado e o mesmo cálculo. Neste caso, 100% das plantas marcadas foram avaliadas em relação à severidade da doença. Os mesmos parâmetros foram determinados, inclusive o AUDPC (*Area Under Disease-Progress Curve*, descrita por JEGER E VILJANEN-ROLLINSON, 2001), utilizado na estimativa total da doença durante o enchimento dos frutos.

4.2.3. Análises das amostras

Experimento A - Influência da S. Amarela em diferentes parâmetros de qualidade, segundo um gradiente de infestação da doença.

4.2.3.1. Preparo das amostras

Após a colheita, os frutos em pencas foram recepcionados no laboratório e distribuídos em bandejas de acordo com cada análise, da seguinte forma: 1 fruto para vida-verde, 1 fruto para medição das características físicas, 2 frutos para o ensaio de sensibilidade a Anthracnose e 4 frutos unidos para o ensaio de podridão de coroa. Em seguida, os frutos foram lavados e tratados com bitertanol a 600 ppm por dois minutos, exceto os frutos destinados ao ensaio de sensibilidade a doenças pós-colheita. As bandejas foram levadas para as suas respectivas câmaras climatizadas a diferentes temperaturas, de acordo com o protocolo de cada análise.

4.2.3.2. Determinação da vida-verde

Neste experimento, os frutos foram acondicionados em garrafas plásticas com o gargalo removido, vedadas com filme plástico e elástico (Figura 7). Essas garrafas foram armazenadas em câmara fria a 13ºC e, diariamente, analisadas quanto à produção de O_2 e CO_2, em analisador de gás CARBOX Y para O_2 e CO_2, Keply (CHILLET et al., 2008).

Figura 7. Analisador de gás e frutos acondicionados do na garrafa vedada com filme plástico e elástico.

Foi considerado o início do amadurecimento natural do fruto o dia em que a concentração de CO_2 ultrapassou o limite de 3,5%. O número de dias existentes entre a colheita e este dia foi considerado como vida-verde (CHILLET et al., 2008).

4.2.3.3. Avaliação das características físicas

Os pesos dos frutos foram medidos em balança digital e o comprimento foi mensurado com fita métrica desde a cicatriz do pedúnculo até o umbigo do fruto. O diâmetro foi medido com paquímetro digital na região central do fruto.

A coloração da polpa foi analisada em colorímetro por reflectância (Minolta, CR 200) onde foi determinado o valor **a**, que remete a uma coloração que vai do verde ao vermelho.

4.2.3.4. Ensaio da sensibilidade a Anthracnose em ferimento

O ensaio sobre a sensibilidade do fruto ao ataque de Anthracnose (*Colletotrichum musae*) em ferimento pós-colheita foi baseado no método descrito por De Lapeyre de Bellaire et al. (2008).

Após a lavagem, desinfecção da área a ser inoculada (etanol 70%) e secagem completa dos frutos, foi realizada a inoculação de uma solução padrão do fungo *Colletotrichum musae* (10^6 con/mL) na área central do fruto, no dia da colheita. Após a secagem total da solução padrão inoculada no fruto, foi feito um ferimento, com o auxílio de um texturômetro, a 5 mm de profundidade. Posteriormente, os frutos foram acomodados em bandejas embrulhadas em plástico e acondicionados em câmara fria por 20 dias: 10 dias a 13ºC e 10 dias a 20ºC. Após armazenamento, foram realizadas as medições de largura e comprimento da mancha necrótica no fruto, com o auxílio de um paquímetro digital. O parâmetro de sensibilidade foi determinado segundo o cálculo “Área = comprimento x largura x π/4”.

4.2.3.5. Ensaio da sensibilidade a Podridão de coroa

Semelhante ao método anterior, este também se baseia na inoculação de uma solução padrão de *Colletotrichum musae* (10^4 con/mL), porém na região dos pedúnculos unidos de quatro frutos e após a retirada da camada exterior de tecido com auxílio de um bisturi. O período de armazenamento foi de 13 dias a 20ºC e a medida da área de tecido necrosado foi feita, neste caso, com uma régua. O parâmetro foi determinado utilizando a fórmula descrita no item 4.2.3.4 (De Lapeyre de Bellaire et al, 2008).

Experimento B – Influência da S. Amarela no processo de amadurecimento induzido do fruto, segundo dois níveis extremos de doença

Este experimento contou com um desenho experimental menor que o Experimento A, bem como a disposição em dois níveis extremos de doença, ao invés de quatro, como descrito no item 4.2.1.

Outra diferença é o parâmetro de quantificação de doença que, neste caso, foi baseado no índice de severidade no momento da floração; ao contrário do experimento A, que foi quantificado ao longo do desenvolvimento do fruto (AUDPC).

Isto ocorreu porque as plantas deste experimento foram selecionadas e classificadas em níveis de doença antes do momento da colheita, impossibilitando a determinação do parâmetro AUDPC, que necessita do valor do índice de severidade no momento da colheita.

Este experimento ocorreu no período compreendido entre o dia 26 de janeiro de 2009 e 6 de fevereiro do mesmo ano. As plantas deste experimento estão dentro da

repetição três do experimento de campo, que sofreu uma grande limpeza a um mês da colheita.

4.2.3.6. Preparo das amostras e indução da maturação

Os frutos foram recepcionados, lavados, tratados (bitertanol, 600 ppm, 2 min) e separados um a um. Após a secagem dos frutos, eles foram acomodados em duas caixas de acrílico, de acordo com o nível de infestação de doença, determinado em dois extremos: níveis de infestação muito altos e controlados. Essas caixas foram hermeticamente fechadas e vedadas com uma lâmina d'água, para a posterior aplicação de acetileno a 10000 ppm a 20℃ / 24 h (M BÉGUIÉ-A-MBÉGUIÉ et al., 2008).

Foram analisados diversos parâmetros físicos diariamente, desde o dia da colheita (antes da indução da maturação), até cinco dias após a indução da maturação. A cada 24 horas, foram recolhidas amostras congeladas em nitrogênio líquido para a análise de açúcares. As análises de açúcares solúveis foram realizadas no INRA de Guadalupe, devido à inexistência de um laboratório de análises químicas no CIRAD; a metodologia utilizada foi a descrita por Fils-Lycaon et al. (2008).

4.2.3.7. Parâmetros de tamanho

Foram determinados o diâmetro, comprimento e massa dos frutos. O diâmetro foi medido na região central do fruto, com auxílio de um paquímetro digital. O comprimento foi determinado com uma fita métrica estendida desde a cicatriz do pedúnculo até o umbigo do fruto. O peso foi medido em balança digital.

4.2.3.8. Parâmetros de coloração

As análises de cor foram realizadas em colorímetro por reflectância (Minolta, CR 200) devidamente calibrado. No caso da determinação da coloração da casca, o leitor foi posicionado em uma área da casca na região central do fruto. Na determinação da coloração da polpa, os frutos foram cortados ao meio e o leitor posicionado no centro do corte. Em ambos os casos, foram coletados o valor **a** do equipamento, índice de coloração que vai do verde ao vermelho. Este parâmetro foi escolhido por ser o mais descritivo dentro do modelo de valores de cor L*a*b* para expressar mudanças na coloração da casca da banana (CHILLET et al., 2005).

4.2.3.9. Parâmetros de textura

Para esta análise, foi utilizado um texturômetro (TAXT2 penetrometer) conectado a um software adaptado (X-Trad), provido de uma probe cilíndrica metálica de 20 mm^2 de área. Após a definição das variáveis velocidade e profundidade máxima de penetração; o fruto foi posicionado a alguns milímetros da probe, em posição paralela à mesma, e foi realizada a medição. A partir da curva de força (N) x tempo (s), foi coletado o valor da dureza da casca (valor do pico) e da firmeza da polpa (valor da descida), segundo método descrito por Chillet et al (2008). A figura 8 mostra, respectivamente, o colorímetro e o texturômetro, usados nos experimentos:

Figura 8. Colorímetro por reflectância e texturômetro: equipamentos utilizados na determinação dos parâmetros de cor e textura.

4.2.4. Análise estatística

Foram realizados os teste de Normalidade (Shapiro-Wilk), seguidos pelo teste de igualdade de variâncias (Levene) e ANOVA (teste de Tukey), todos com p = 0,05. Os testes foram conduzidos no programa OriginPro 8.0.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Resultados obtidos no Vale do Ribeira

5.1.1. Caracterização das áreas em relação à infestação das Sigatokas

A tabela 3 apresenta alguns parâmetros que visam quantificar o estado de infestação de cada doença em suas respectivas parcelas. Alguns índices foram estimados no momento da colheita, como é o caso do número de folhas totais (NFT), da folha mais jovem necrosada (YLS) e do Índice de Severidade (IS), que é baseado na porcentagem de tecido necrosado de todas as folhas da planta. No entanto, o parâmetro AUDPC foi calculado para estimar a condição de infestação do bananal ao longo do enchimento dos frutos, através do cálculo da área sob a curva de progressão de doença. Este cálculo é apresentado detalhadamente no item 5.2.1.2.

Todos os índices calculados mostram um padrão de infestação muito inferior para a área Controle, a análise estatística mostrou que o nível de infestação da área Controle foi significativamente diferente das áreas atacadas por ambas as doenças, em todos os parâmetros estudados.

Tabela 3. Parâmetros de quantificação de doença de cada parcela estudada

	Sigatoka Amarela	*Sigatoka Negra*	*Controle*
N	15	15	15
Média AUDPC	6690 ± 698[b]	6260 ± 770[b]	2750 ± 457[a]
NFT na colheita	7.3 [b]	4.5[a]	11[c]
YLS na colheita	1.3[a]	1.1 [a]	4.5 [b]
IS na colheita	70 [b]	79 [b]	34 [a]

N = número de plantas analisadas em cada parcela; AUDPC (Area Under the Disease-Progress curve) = Área sob a Curva de Progressão de Doença; NFT = Número de Folhas Totais; YLS (Youngest Leaf Spotted) = Folha mais jovem com necrose; IS = Índice de Severidade da doença; a, b e indicam grupos significativamente diferentes, segundo o Teste de Tukey, (p=0,05).

5.1.2. Peso dos frutos

Foi demonstrado que o peso dos cachos de plantas aumenta com o número de folhas viáveis no momento da colheita, segundo uma função logarítmica, sendo que plantas com menos de cinco folhas viáveis na colheita tiveram o peso dos cachos significativamente reduzido (RAMSEY, DANIELLS e ANDERSON, 1990).

Em relação ao peso dos frutos, a área fortemente infestada por Sigatoka Negra apresentou frutos com peso significativamente diferente da área infestada por S. Amarela e da área Controle, tais como, 101,8 ± 21,7 [a], 155,3 ± 11,7 [b], e 163,3 ± 11,1 [b]; respectivamente (a, b e indicam grupos significativamente diferentes, segundo o Teste de Tukey, p=0,05). Estes resultados estão de acordo com Chillet et al (2009), que demosntraram não haver diferenças significativas entre o diâmetro dos frutos provenientes de áreas: controlada e fortemente atacada pela Sigatoka Amarela.

A Sigatoka Negra apresenta maior patogenicidade e virulência comparada à Sigatoka Amarela (YOUNG e CONIE, 2001). Isto, provavelmente, explica o fato de somente a S. Negra apresentar efeito sobre o peso dos frutos produzidos.

Vale ressaltar que uma redução de peso desta magnitude (quase 40%) é determinante na qualidade final do fruto produzido. Embora os frutos ainda sejam comercializados em caixas para o mercado atacadista, o valor comercial de frutos menores é reduzido. Principalmente após a Lei 13.174, de 23 de julho de 2008, que estabelece a venda da banana por peso e não mais por pencas para todo o Estado de São Paulo.

5.1.3. Perfil de gás carbônico e etileno

Os perfis de gás carbônico e etileno mostram a produção desses gases a cada dia, ao longo da vida pós-colheita do fruto, até seu completo amadurecimento. Os gráficos da figura 9 mostram claramente uma desordem nos perfis de gás carbônico e etileno dos frutos da área de S. negra, colhidas a 700 GD. Os perfis de gás carbônico e etileno dos frutos da área de S. Amarela a 700 GD foram semelhantes aos da área controle a 960 GD. Os frutos da área controle a 700 GD apresentaram perfis de gás carbônico e etilenos normais, característicos de frutos climatéricos.

Além disso, pode-se observar que a produção máxima de gás carbônico foi significativamente diferente entre os frutos das áreas infestadas por S. Amarela (76±49 a) e S. Negra (160±105 b), bem como os da área controle (38±9 c), como mostra a tabela 4. Nota-se que a produção máxima de etileno dos frutos oriundos da ára atacada por S. Negra foi significativamente diferente do frutos da área Controle. Isso

provavelmente está associado a um aumento pronunciado na produção endógena do etileno, via sistema 1, que ocorre, entre outros casos, em resposta ao estresse, como o ataque dessas doenças (BARRY e GIOVANONNI, 2007).

Tabela 4. Intensidade maxima respiratória e produção maxima de etileno.

	S. Amarela	***S. Negra***	***Controle***	
	700 GD	***700 GD***	***700 GD***	***960 GD***
CO_2	76 ± 49 [b]	160 ± 105 [a]	38 ± 9 [c]	68 ± 9[b]
Etileno	2.05 ± 0.87 [ab]	2.56 ± 1.28 [a]	1.52 ± 0.49 [b]	1.26 ± 1.9[b]

GD = graus dia, indicando a soma de temperaturas, a base de 14 ℃, durante o periodo floração colheita (Ganry e Meyer, 1975); os dados representam as médias ± desvio padrão para cada tratamento; a, b e c indicam grupos significativamente diferentes, segundo o Teste de Tukey, (p=0,05).

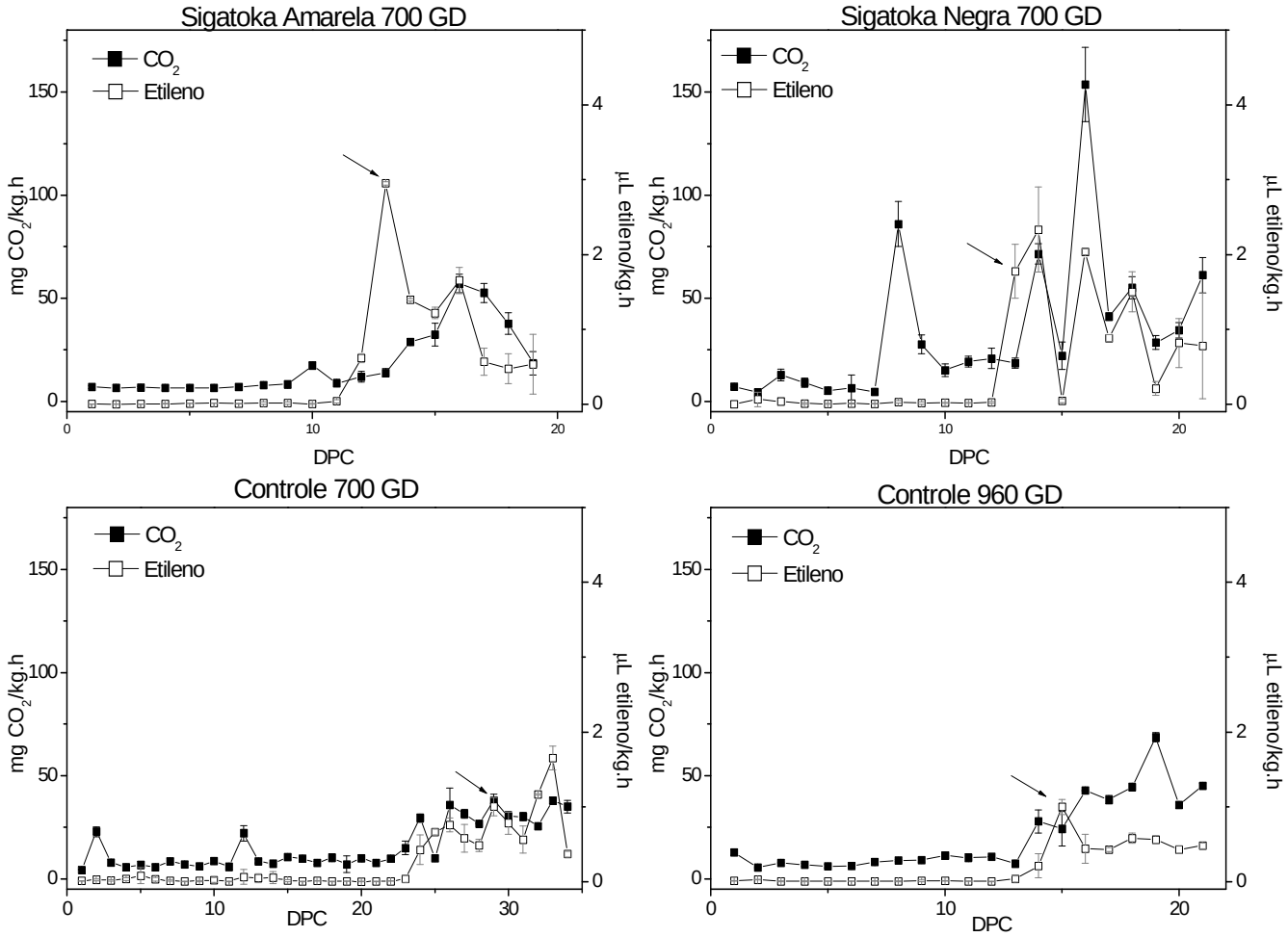

Figura 9. Perfis respiratórios e de etileno: variação na produção de gás carbônico e etileno, diariamente mensurados em Cromatografia Gasosa. As setas indicam o dia em que a produção de etileno atinge 1 µl C_2H_4 kg^{-1} h^{-1}, correspondente ao término da vida-verde.

5.1.4. Vida-verde

A tabela 5 apresenta os dados de vida-verde para cada área, de acordo com cada idade de colheita, bem como o período existente entre a floração e a colheita.

Em relação à idade de colheita, foi estabelecido que a idade ideal, nas condições tropicais é 900 GD (GANRY e MEYER, 1975). No entanto, esse estudo nunca foi realizado em condições subtropicais. De acordo com conversas com os produtores, observa-se que o ponto de colheita habitual dos produtores do Vale é bastante variável e dependente do destino dos frutos: comércio local ou regional, e da liquidez de banana no mercado.

Para a idade de 700 GD, que representa a colheita precoce, os resultados mostraram uma vida-verde significativamente superior para os frutos da área Controle (24,7 ± 2,7), que atinge quase o dobro da vida-verde da área de S. Amarela (12,0 ± 2,0) e S. Negra (13,78 ± 2,5). No caso da idade de 960 GD, os frutos da área Controle apresentaram vida-verde de 16,5 GD, enquanto que os frutos das áreas infestadas por ambas doenças já estavam maduros antes da colheita.

Estes resultados estão de acordo com os de Chillet et al (2009), que demonstraram uma relação linear entre o índice de severidade no florescimento e a vida-verde, a um R^2 de 0,87. Neste trabalho, estudou-se a vida-verde de frutos oriundos de dois bananais em condições de S. Amarela muito diferentes.

Nota-se que os valores de vida-verde da área Controle deste trabalho (16,7 dias para frutos colhidos com 960 GD e, 25 dias para 700 GD) foram muito inferiores do que o trabalho citado (28 dias para acolheita a 900 GD, segundo CHILLET et al., 2009). Este fato pode ser consequência de uma possível adaptação das plantas à condição subtropical, já que o modelo de soma temperaturas existente foi desenvolvido para as condições tropicais. Outro fator que pode ter influenciado nesta questão é o nível de doença da área Controle deste trabalho, que apesar de apresentar rigoroso

controle da doença, teve um AUDPC de apenas metade do valor em relação as áreas atacadas. Outra explicação possível é a diferença entre as variedades (Grande Naine, para o trabalho citado; Nanicão, neste trabalho); pois, embora as variedades sejam semelhantes, não existem estudos que provem que são as mesmas e que temham o mesmocomportamento fisiológico.

Além disso, Ramsey, Daniells e Anderson (1990) mostraram haver uma correlação quadrática entre vida-verde e o número de folhas na colheita, a um R^2 de 0,92.

O monitoramento da idade fisiológica e a colheita de frutos em idade semelhante mostra que a redução da vida-verde resulta de um efeito direto da doença sobre a fisiologia do fruto. Isso contradiz a hipótese de que a diminuição da vida-verde de frutos oriundos de plantas atacadas é causada pelo atraso na colheita, devido a redução do diâmetro (CHILLET et al., 2009). Além disso, é possível afirmar que frutos colhidos em idade fisiológica constante, oriundos de bananais infestados não seguem o modelo descrito por Jullien (2000).

Tabela 5. Vida-verde média dos frutos e período entre floração e colheita para os três tratamentos.

	Sigatoka Amarela		***Sigatoka Negra***		***Controle***	
Idade (GD)	**700**	**960**	**700**	**960**	**700**	**960**
PFC (dias)	147	ND	136	ND	137	166
% cachos maduros na planta	0	100	0	100	0	0
Vida-verde (dias)	12.0 ± 2,0	NH	13.78 ± 2,5	NH	24.67 ± 2,6	16.5 ± 1,7
Análise estatística	A		A		c	B

PFC = Período entre Floração e Colheita; GD = graus dia, indicando a soma de temperaturas, a base de 14 ℃, durante o periodo floração colheita (Ganry e Meyer, 1975); os dados representam as médias ± desvio padrão para cada tratamento; a e b indicam grupos significativamente diferentes, segundo o Teste de Tukey, (p=0,05).

É importante ressaltar que para atingir o mercado consumidor da capital, os frutos produzidos no Vale do Ribeira devem apresentar uma vida-verde mínima de 15 dias (informação verbal na CEAGESP em 2006). Estes resultados mostram, portanto, que frutos provenientes de bananais muito atacados, tanto por S. Negra como por S. Amarela, não alcançariam o mercado consumidor da Grande São Paulo, em condições viáveis de comercialização.

Para o Vale do Ribeira, a influência da S. Negra sobre estes parâmetros é determinante. Os frutos produzidos nestas condições de infestação apresentam qualidade inferior e peso reduzido. O problema da maturação precoce é extremamente presente na bananicultura desta região, e pode levar a duas outras consequências: colheita de frutos ainda menores e ao descrédito de um produtor. Os produtores conhecem o efeito da maturação precoce, mesmo que não atribuam este efeito à

infestação das Sigatokas. Em geral, os produtores costumam colher seus frutos precocemente, a fim de evitar este problema. A colheita precoce reduz ainda mais o tamanho e, logo, a qualidade final da banana.

Em relação à exportação, frutos produzidos nessas condições de infestação são totalmente impossibilitados de alcançar o mercado exportador, mesmo que destinados ao Uruguai e Argentina, países consumidores menos exigentes em termos de qualidade. A banana comercializada no mundo apresenta qualidade muito superior à do Vale do Ribeira, devido ao grande desenvolvimento tecnológico e intensa aplicação de agroquímicos. Para que atinjam o mesmo patamar, seriam necessários investimentos em estratégias de manejo cultural, adaptadas às condições sócio-econômicas dos produtores, e direcionadas para crescente demanda mundial por produtos de origem sustentável. Assim, somente a produção de bananas diferenciadas em relação ao manejo cultural poderia tornar a qualidade da banana do Vale do Ribeira mais competitiva no mercado internacional.

5.2. Resultados obtidos em Guadalupe

5.2.1. Experimento A – Relativo a parâmetros de qualidade

5.2.1.1. Frutos maduros antes da colheita

A porcentagem de frutos maduros no momento da colheita, a 900 GD, mostra a porcentagem de frutos que apresentam vida-verde igual a zero. A figura 10 mostra uma

planta com frutos amadurecidos antes do momento estabelecido como sendo o apropriado para a colheita.

Figura 10. Frutos que já estavam maduros antes da colheita, ou seja, com vida-verde igual a zero.

A porcentagem de frutos maduros no pé para cada nível de doença dá a idéia de quanto a doença influencia o amadurecimento precoce dos frutos. A tabela 6 mostra a porcentagem de frutos maduros na planta, de acordo com os níveis de doença, estabelecidos pelo Índice de Severidade no florescimento. Nota-se que a ocorrência de frutos maduros na planta pode ocorrer quando a planta apresenta acima de15 % de Índice de Severidade no florescimento.

Tabela 6. Avaliação da porcentagem de frutos amadurecidos na planta antes do momento da colheita, segundo níveis de doença.

% frutos maduros na planta				
Nível	rep. 1	rep. 2	rep. 3	IS no florescimento
0	0	0	0	0 – 5%
1	0	0	0	5 – 15%
2	26.7	22.2	0	15 – 25%
3	33.3	33.3	0	25 – 35%
4	71.4	57.1	0	35 – 45%
Total de pencas colhidos	58	82	100	

IS = Índice de Severidade

É possível notar a diferença evidenciada nos dados da repetição três, em que não houve a ocorrência de nenhuma planta que teve seus frutos amadurecidos antes da colheita. Isto ocorreu devido a uma grande desfolha ocorrida na parcela a apenas um mês antes da colheita. O resultado disso foi surpreendente, pois os frutos desta repetição apresentaram resultados muito diferentes que os das repetições um e dois, tendo sido avaliados separadamente e serão discutidos ao final do item 5.2.1.2, deixando a análise da relação S. Amarela e vida-verde limitada às repetições um e dois.

A porcentagem de frutos maduros na planta foi retratada por Ramsey, Daniells e Anderson (1990), onde mostraram que abaixo de quatro folhas viáveis na colheita, o número de cachos amadurecidos no pé aumentou vertiginosamente, alcançando rapidamente 100%.

5.2.1.2. Evolução da infestação de Sigatoka Amarela

Para avaliar se a classificação em níveis de doença, baseados em IS no florescimento, é eficiente e se mantém ao longo do desenvolvimento dos frutos, foram construídas as curvas de evolução da severidade da doença para cada nível, desde a floração até a colheita, apresentadas na figura 11.

Fica claro o desvio de alguns níveis ao longo do período estudado. Isso mostra que um parâmetro de doença avaliado apenas um dia pode não estimar precisamente a condição de doença desta planta no decorrer de todo experimento, principalmente para a repetição 2. A partir disso, buscou-se outro parâmetro que quantificasse a doença ao longo de todo o desenvolvimento do fruto.

Jeger e Viljanen-Rollinson (2001) estudaram a área sob a curva de progressão da doença (*Area Under Disease-Progress Curve - AUDPC)*, para estimar a resistência a doenças em cultivares de trigo. Assim, este método foi adotado e adaptado para a curva de progressão de S. Amarela, construída por meio das avaliações sucessivas do Índice de Severidade, como mostra a figura 11. Este é o mesmo índice utilizado no experimento do Vale do Ribeira, apresentado no item 5.1.1.

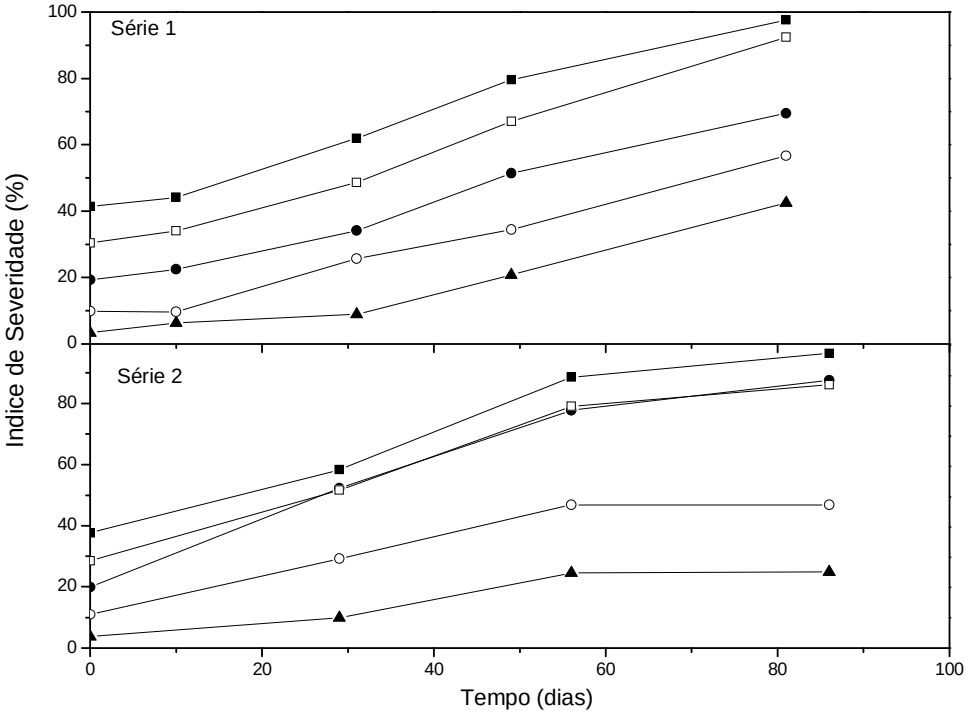

Figura 11. Evolução do Índice de Severidade para cada nível de doença. *(▲) nível 0; (○) nível 1; (●) nível 2; (□) nível 3; (■) nível 4.*

Outros parâmetros também foram determinados a fim de caracterizar precisamente o estado de infestação das plantas. A tabela 7 apresenta alguns desses parâmetros, mensurados no momento da floração ou da colheita.

Tabela 7. Parâmetros de doença determinados na floração e na colheita para todas as plantas estudadas.

Repetição 1	YLS no florescimento	IS na colheita	NFV na colheita	AUDPC
Nível 0	8.9	42.5	8.4	1476
Nível 1	7.4	56.6	6.9	2092
Nível 2	4.6	68.1	5.6	3551
Nível 3	4.9	92.4	1.6	4742
Nível 4	4.0	97.6	0.3	5643

Repetição 2	YLS no florescimento	IS na colheita	NFV na colheita	AUDPC
Nível 0	9.7	24.9	7.7	1323
Nível 1	7.3	45.4	5.5	2810
Nível 2	5.3	88.3	1.9	5069
Nível 3	4.7	87.3	1.3	5262
Nível 4	4.2	95.6	0.7	6094

IS = Índice de Severidade; YLS (Youngest Leaf Spotted) = Folha mais jovem com necrose; NFV = Número de Folhas Viáveis

5.2.1.3. A relação entre S. Amarela x vida-verde

A análise da relação existente entre a vida-verde e a S. Amarela visa identificar a existência, ou não, de um nível crítico de severidade de doença, a partir do qual a doença afetaria a vida-verde do fruto.

Em termos práticos, isso resultaria em economia para o produtor, já que a meta do controle da doença seria mais flexível. Para iniciar esta análise, todos os parâmetros de doença apresentados na tabela 7 foram estudados em um gráfico de dispersão e foi verificado o coeficiente de determinação (R^2) da relação vida-verde x doença, conforme ilustrado na figura 12.

Os dados não sugerem a existência de um nível crítico de doença a partir do qual haveria influência na vida-verde, isto poderia ser observado segundo a formação de um platô no início da curva, claramente inexistente para todos os parâmetros estudados.

No entanto, é possível sugerir a formação de um platô no final da curva para o parâmetro AUDPC, o que demonstraria que, a partir de certo nível de doença, a influência do ataque do fungo sobre a vida-verde é a mesma. Dessa forma, a relação linear tem sentido somente em um intervalo de infestação de doença de AUDPC inferior a 4000.

Assim, é possível afirmar que em um nível de infestação com AUDPC acima de 4000 unidades, a influência da S. Amarela sobre a vida-verde é a mesma. Nota-se que a vida-verde dos frutos produzidos sob esta condição é predominantemente inferior à mínima necessária para o transporte desses frutos (25 dias) e, portanto, insuficiente para o mercado marítimo a que esses frutos são destinados.

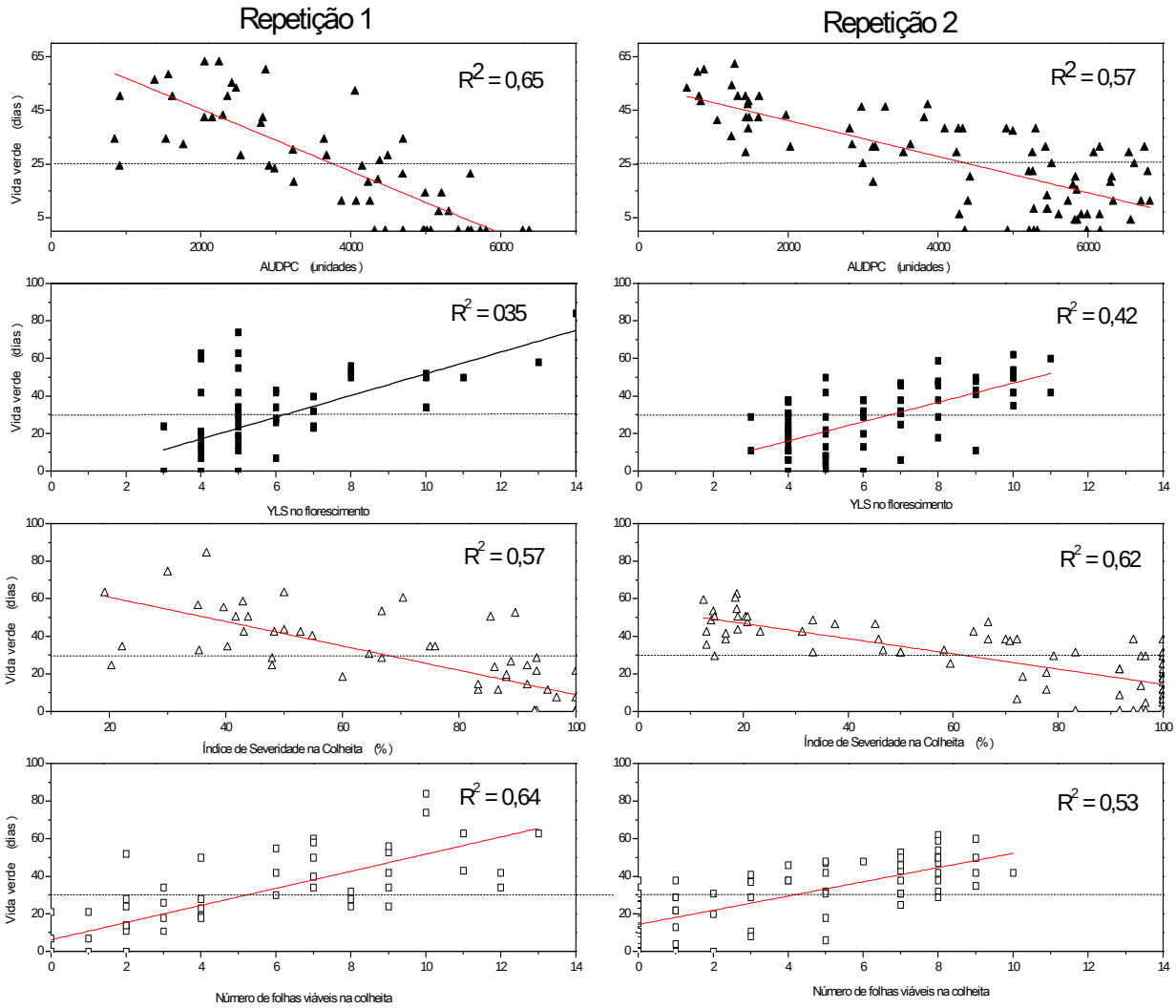

Figura 12. Estudo do coeficiente de determinação da relação entre a S. Amarela, quantificada pelos parâmetros AUDPC, IS (Índice de Severidade) na colheita, YLS (Folha mais jovem necrosada) e NFV (número de Folhas Viáveis) na colheita, e a vida-verde dos frutos, para as repetições um e dois. A linha pontilhada representa a vida-verde limitante para a exportação dos frutos, no caso de Guadalupe, 25 dias.

O parâmetro AUDPC é o mais preciso por integrar o tempo na quantificação da doença, porém, é um parâmetro de difícil determinação nas condições práticas do

produtor rural. Por isso, o parâmetro YLS (*Youngest Leave Spotted)* ou a folha mais jovem com necrose e o Número de Folhas Viáveis na colheita podem ser mais adequados para uma quantificação instantânea. Embora apresente o valor mais baixo de R^2, a figura 12 sugere que quando a necrose ocorre a partir da oitava folha, o fruto estará viável para a comercialização. Da mesma forma, os frutos atingirão o mercado exportador quando a sua planta de origem mostrar mais de oito folhas viáveis na colheita.

Cabe ressaltar que este valor de R^2 sugere a existência da relação linear entre esses parâmetros. Porém, a variabilidade dos dados não possibilita um coeficiente muito alto. Isto, provavelmente, se deve ao fato de tratar-se de amostras biológicas, que apresentam variabilidade natural nos dados. Também foram calculados outros tipos de curva de tendência, exponencial e polinomial, entre os dados de AUDPC e vida-verde. No entanto, os valores de R^2 foram praticamente os mesmos para as três curvas.

Foi constatada uma relação linear entre a S. Amarela e a vida-verde de bananas produzidas em Guadalupe, a um R^2 de 0,87 (CHILLET et al., 2009). Esse R^2 é muito superior a todos os encontrados neste trabalho. Isto se deve ao fato do trabalho ter sido realizado em duas áreas em diferentes condições de doença, o que propicia maior valor de R^2 se comparado a uma parcela única, que apresenta plantas com variados níveis de infestação de doença.

Avaliação da vida-verde segundo níveis de doença

Para avaliar os dados de vida-verde e aprofundar o estudo sobre a relação S. Amarela e vida-verde, os dados foram agrupados em níveis crescentes de doença (AUDPC) e foi realizada a análise de variância entre os dados de vida-verde de cada nível. A classificação em relação ao nível de doença foi proposta segundo a tabela 8:

Tabela 8. Distribuição dos níveis de doença e os respectivos intervalos de AUDPC (área sob a curva de progressão da doença).

Nível de doença	Faixa de AUDPC
0	AUDPC < 2500
1	2500 < AUDPC < 4000
2	4000 < AUDPC < 5500
3	AUDPC > 5500

AUDPC (Area Under Disease-Progress Curve) = área sob a curva de progressão de doença

A partir desta distribuição em níveis de AUDPC, foi calculada a vida-verde média de cada nível e aplicado o teste estatístico entre as mesmas, a fim de confirmar a ausência de um nível crítico de doença. A figura 13 mostra os valores de vida-verde, bem como o respectivo valor médio de AUDPC para cada nível.

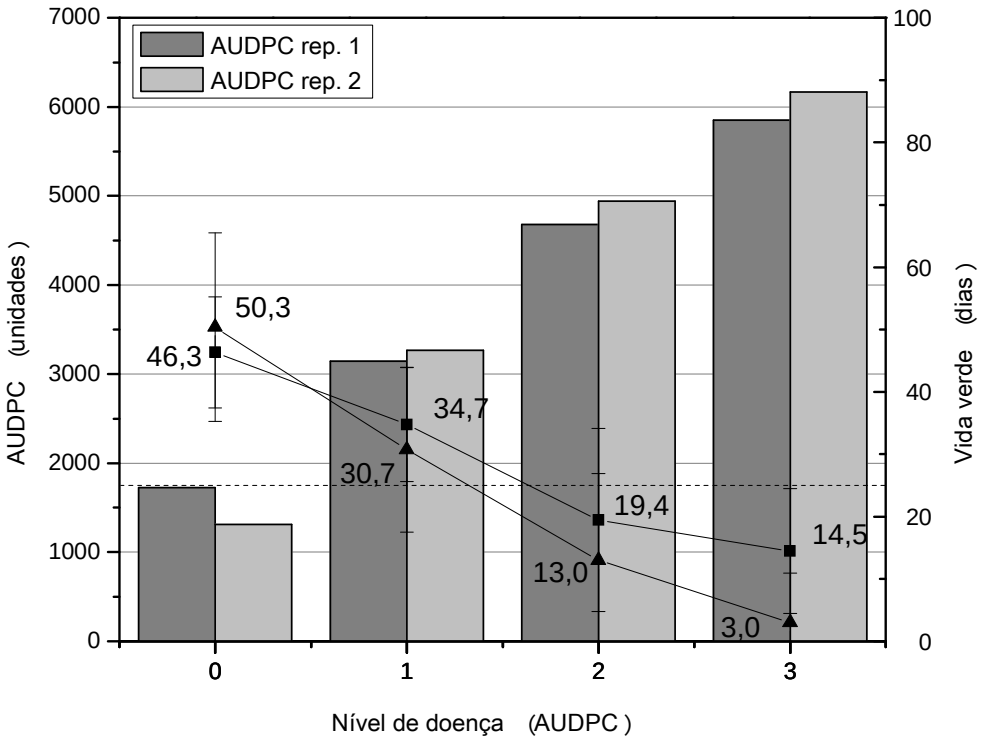

Figura 13. Avaliação da vida-verde média de cada nível de S. Amarela, baseada no grau de infestação das plantas desde a floração até a colheita, segundo o parâmetro AUDPC (área sob a curva de progressão da doença). *Pontos representam o valor da vida-verde média para cada nível; (▲) repetição 1, (■) repetição 2.*

É possível observar que conforme aumenta o grau de infestação das plantas ao longo do desenvolvimento dos frutos, a vida-verde dos mesmos é reduzida e, portanto, a influência do fungo sobre a fisiologia dos frutos é aumentada.

Nota-se que os frutos passíveis de exportação se encontram nos níveis 0 e 1, pois apresentam vida-verde maior que 25 dias. Isso implica que, para que os frutos

tenham vida-verde suficiente para alcançar o mercado exportador, a planta deverá ter um AUDPC de no máximo 3000 unidades.

Os valores de vida-verde deste experimento não podem ser comparados ao do experimento do Vale do Ribeira, devido a diferença na temperatura de armazenamento dos frutos, durante a determinação da vida-verde (20 ℃, no Vale do Ribeira e 13 ℃, em Guadalupe).

Avaliação estatística da existência de um nível crítico na relação vida-verde e Sigatoka Amarela (AUDPC)

A tabela 9 mostra a análise de variância das médias de vida-verde entre os níveis de infestação da S. Amarela, mensurados em AUDPC. Pode-se observar a confirmação da ausência de um nível crítico de doença, a partir do qual haveria influência na vida-verde dos frutos. Isto é dado pela diferença significativa (segundo o Teste de Tukey, $p = 0,05$) encontrada entre os dados de vida-verde dos níveis zero e um.

Portanto, foi constatada a ausência de nível crítico de doença na relação S. Amarela e vida-verde, assemelhando-se a uma relação linear. Vale ressaltar que esta relação linear é válida somente para valores de AUDPC abaixo de 4000 unidades.

Tabela 9. Análise estatística da vida-verde média de cada nível de doença, a fim de confirmar a ausência de um nível crítico.

Vida-verde	***Repetição 1***	***Repetição 2***
Nível 0	50,4 ± 15,1 a	46,3± 8,9 a
Nível 1	30,7± 13,2 b	34,7± 9,1 b
Nível 2	13,0± 13,9 c	19,4± 14,7 c
Nível 3	3,0± 7,9 c	14,5± 10,0 c

Os dados representam a média ± desvio padrão de vida-verde; *a, b e c indicam grupos significativamente diferentes, segundo o Teste de Tukey, (p=0,05).*

A particularidade da repetição 3: Uma limpeza no bananal a um mês antes da colheita reduz drasticamente os efeitos da doença.

No início do experimento, foi acordado com o proprietário da fazenda em que se situava a parcela, que o tratamento fitossanitário do bananal seria suspenso, incluindo a aplicação de fungicidas e a desfolha da área. A partir da instalação da repetição um, a parcela não recebeu qualquer tipo de tratamento fitossanitário.

Após seis meses de experimentação e suspensão do tratamento fitossanitário, a pressão da doença estava tão forte, que esta parcela se tornou uma enorme fonte de inócuo para o restante da fazenda; levando o produtor a quebrar o acordo e realizar uma limpeza na área, a fim de reduzir a pressão do fungo. Esta limpeza consistiu na retirada das folhas afetadas e corte das plantas infestadas, inclusive plantas avaliadas durante o experimento.

A repetição três foi iniciada no mais alto índice de infestação de S. Amarela, em comparação às outras repetições; devido ao fato de ter sido a última repetição

instalada no campo e, conseqüentemente, há mais tempo sem tratamento. No entanto, devido à grande desfolha ocorrida na parcela, as plantas desta repetição produziram frutos com uma vida-verde aceitável e passível de exportação.

A figura 14 mostra o comportamento dos dados da repetição três sem a divisão em níveis. Notar que o coeficiente de determinação da repetição três foi substancialmente inferior ao das outras repetições (0,65 e 0,57, para as repetições um e dois, respectivamente) de modo que a vida-verde de plantas infestadas e sadias foi similar, contrariando os dados das outras repetições.

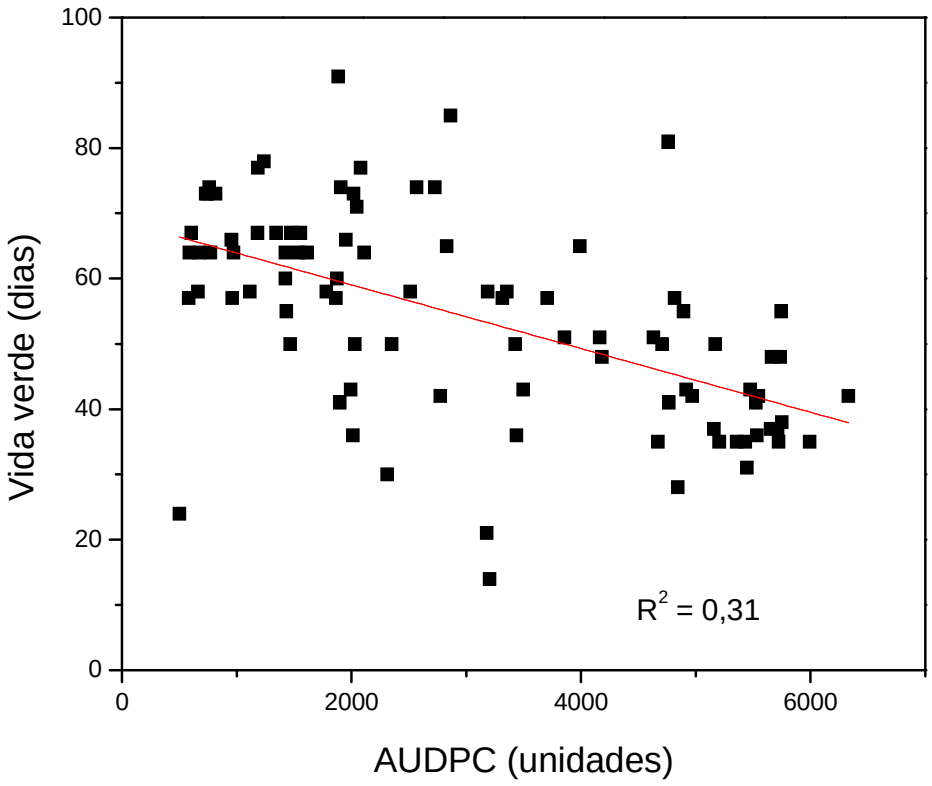

Figura 14. Dispersão dos dados integrais da repetição três: avaliação do coeficiente de determinação R^2. ■ mostram a dispersão dos dados absolutos da repetição 3; A reta indica a curva de tendência linear dos dados.

A figura 15 mostra a variação da vida-verde média entre os níveis de doença desta repetição. Claramente, pode-se observar que a redução da vida-verde entre os níveis de maior infestação foi bem diferente da ocorrida nas outras repetições, em que plantas dos dois últimos níveis apresentaram vida-verde insatisfatória para exportação. Este resultado é surpreendente, pois a influência da doença nos frutos foi satisfatoriamente controlada, por meio de apenas uma limpeza na área um mês antes

da colheita. Neste caso, o último nível de doença apresenta vida-verde compatível com a mínima necessária para exportação aos mercados consumidores da Europa, que é de 25 dias (CHILLET et al, 2009).

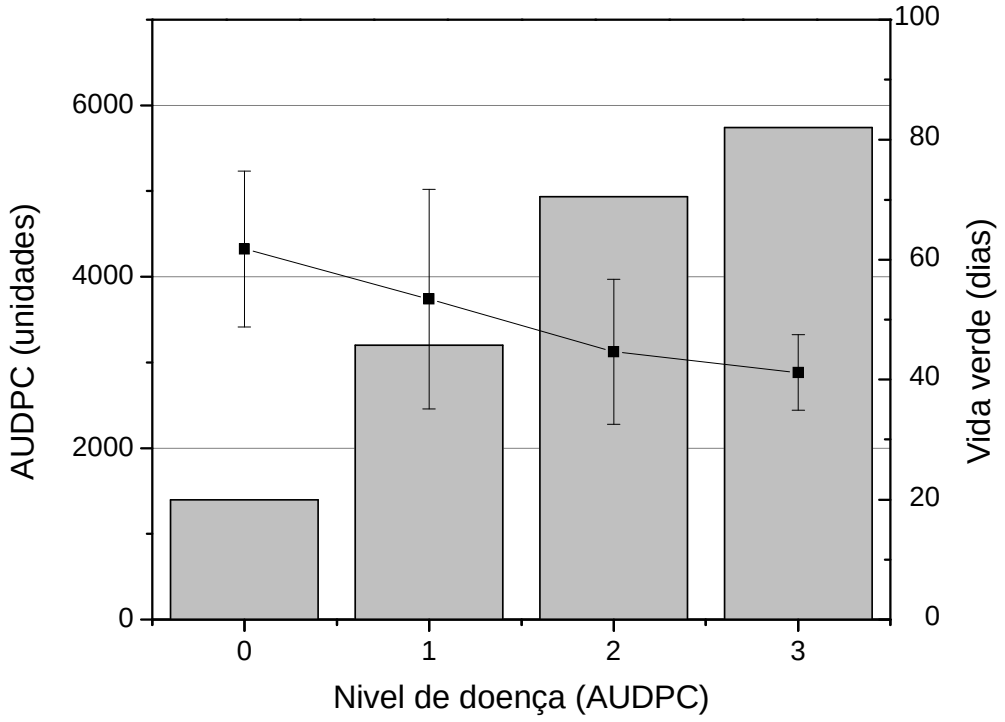

Figura 15. Avaliação da vida-verde média dos níveis de doença da repetição três, estabelecidos em AUDPC (área sob a curva de progressão da doença).

Os resultados da repetição 3 mostraram um efeito reduzido da doença, quando o ataque foi suprimido algum tempo antes da colheita. Meredith (1970) mostrou que os efeitos de maturação precoce são menos severos quando o desenvolvimento da doença ocorre próximo à colheita. Dessa forma, é possível sugerir que quanto maior o

tempo que a planta ficou susceptível ao ataque da doença, maior os efeitos dela sobre os frutos produzidos.

Outra hipótese possível é que o último mês do enchimento dos frutos seja extremamente determinante na qualidade final do fruto, possivelmente por estar relacionado à fase de expansão do fruto, responsável pelo maior acúmulo de fotoassimilados.

5.2.1.4. Relação da S. Amarela com parâmetros de tamanho

Conforme os resultados obtidos no Vale do Ribeira, não foi constatada influência da S. Amarela sobre o peso, nem outros parâmetros de tamanho dos frutos. Como se observa na 14A, não existe um padrão de variação do peso, segundo níveis crescentes de doença. Da mesma maneira, o diâmetro e o comprimento dos frutos não mostram qualquer padrão de variação em relação aos níveis de doença, como mostra a figura 16B e C.

Para confirmar a ausência de um efeito marcado da S. Amarela sobre os parâmetros de tamanho do fruto foi realizada a análise de variância entre o primeiro e o último nível de doença e não foram encontradas diferenças significativas em nenhum dos parâmetros avaliados: peso, diâmetro e comprimento.

É possível afirmar, portanto, que os efeitos causados pela infestação da S. Amarela não são suficientes para alterar a qualidade do fruto, em termos de tamanho. Isto sustenta a idéia de que frutos oriundos de bananais infestados por S. Amarela seriam comercialmente compatíveis aos de bananais sadios, pelo menos em relação ao tamanho.

5.2.1.5. Relação da S. Amarela sobre a coloração da polpa

Assim como a dimensão do fruto, a coloração da polpa é um parâmetro que pode ser influenciado pela infestação da S. Amarela. Foi observado que a coloração da polpa mostra um padrão de variação ascendente, de acordo com os níveis de infestação de S. Amarela. Foi encontrada diferença significativa entre o primeiro e o último nível de doença, segundo o teste de Tukey, a 0,05 de probabilidade.

O parâmetro utilizado para definir a coloração da polpa foi o valor **a** do colorímetro, em que os valores negativos tendem ao verde (menor valor tem maior intensidade de verde) e os valores positivos tendem ao vermelho (maior valor tem maior intensidade do vermelho). A figura 16D mostra claramente um aumento do valor **a**, em relação aos níveis crescentes de doença. Isso poderia ser interpretado da seguinte maneira: quanto maior o grau de infestação das plantas, menor a intensidade do verde, maior a intensidade do vermelho e menos intensa é a coloração da polpa.

Estes resultados são compatíveis com Wardlaw (1972) e Meredith (1970), que sugerem que apesar do efeito marcado da S. Amarela sobre a fisiologia do fruto, o ataque desta doença também pode ocasionar descoloração da polpa, entre outros efeitos. O valor faltante na figura é devido a um erro na impressão de valores do colorímetro.

Uma explicação possível para este fato é que o ataque da doença provoque alguma alteração na síntese de carotenóides. Mas, para confirmar a esta hipótese, seriam necessárias análises específicas de carotenóides e clorofilas.

Pode-se afirmar, portanto, que a infestação por S. Amarela altera mais um importante parâmetro de qualidade da banana, a coloração da polpa. No entanto, para

saber se esta alteração é passível de desqualificar o fruto na hora da compra seria necessária a realização de testes sensoriais que investiguem a aparência do fruto, de acordo com a preferência do consumidor.

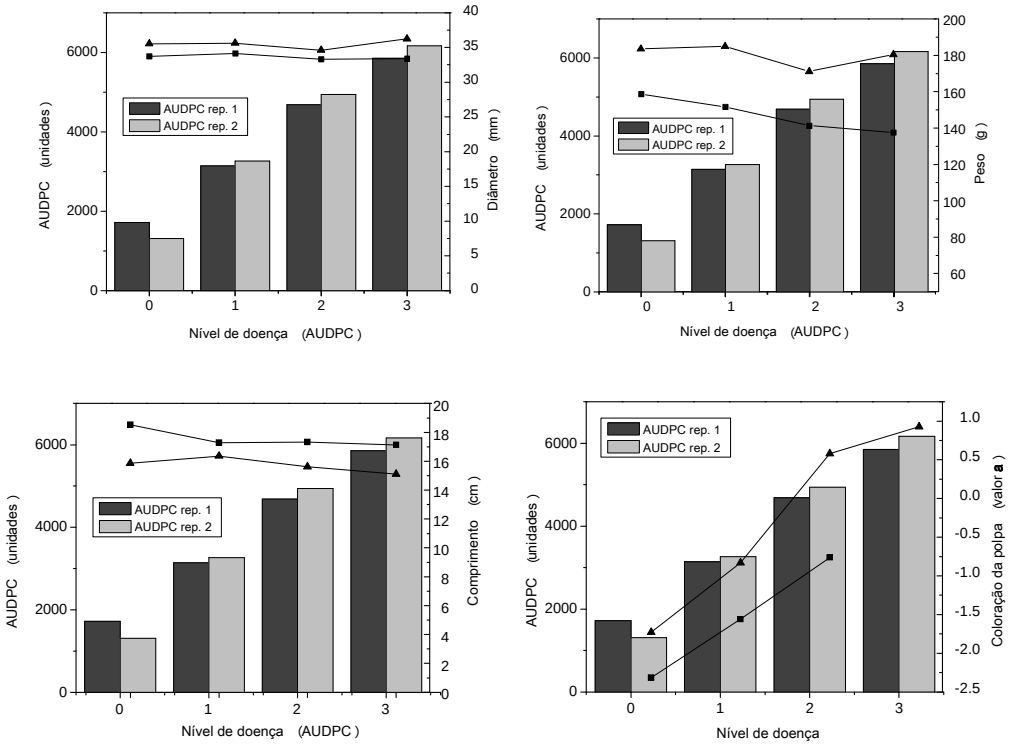

Figura 16. Variação dos parâmetros físicos do fruto, em relação a níveis de doença: peso (16A), diâmetro (16B), comprimento (16C) e coloração da polpa dos frutos (16D). O valor **a** mede a intensidade de coloração do verde para o vermelho. *(▲) repetição 1; (■) repetição 2.*

5.2.1.6. Relação da S. Amarela sobre a sensibilidade a doenças pós-colheita

Foi demonstrado que a idade fisiológica dos frutos tem um efeito marcante sobre a sensibilidade à Anthracnose em ferimento, causada pelo fungo *Colletotrichum musae* (CHILLET, HUBERT e DE LAPEYRE DE BELLAIRE, 2007; DE LAPEYRE DE BELLAIRE et al, 2006). Se a S. Amarela tem um efeito na vida-verde dos frutos, semelhante ao adiantamento da idade fisiológica, então, é possível existir o mesmo efeito da S. Amarela sobre a sensibilidade ao ataque deste fungo; já que foi comprovado o efeito da idade fisiológica sobre a sensibilidade a Anthracnose (CHILLET, HUBERT e DE LAPEYRE DE BELLAIRE, 2007; DE LAPEYRE DE BELLAIRE et al., 2006).

Para verificar esta suspeita, foi estudado o efeito da infestação de S. Amarela sobre a sensibilidade dos frutos a Anthracnose em ferimento e a Podridão de coroa, ambas importantes doenças pós-colheita causadas principalmente pelo fungo *Colletotrichum musae*. As figuras 17 e 18 mostram os dados de sensibilidade a essas doenças, segundo níveis crescentes de infestação de S. Amarela ao longo do desenvolvimento dos frutos (AUDPC).

Anthracnose em ferimento

A sensibilidade a Anthracnose em ferimento também é estimada a partir da área de tecido da casca necrosado, segundo ensaio descrito em 4.2.3.4. Esta análise é realizada em duplicata analítica, ou seja, dois frutos de uma mesma penca são inoculados e avaliados conforme o protocolo. Os dados são oriundos de uma média da

área necrosada entre estes dois frutos e, quando estes não se fazem coerentes, os valores são descartados. Esta prática é realizada para aumentar o nível de confiabilidade dos dados.

A figura 17 mostra a variação das médias de sensibilidade a Anthracnose em ferimento, segundo níveis crescentes de infestação de S. Amarela. Não foi possível detectar qualquer padrão de variação entre os níveis.

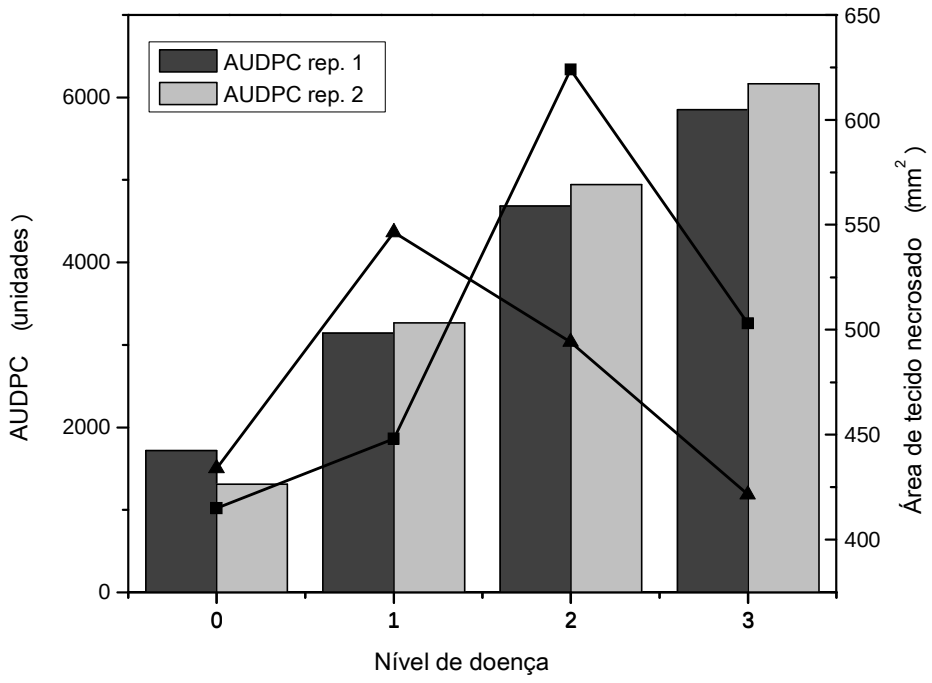

Figura 17. Sensibilidade a Anthracnose em ferimento, segundo níveis de infestação de S. Amarela; (▲) repetição 1; (■) repetição 2.

A fim de confirmar a inexistência de qualquer influência da S. Amarela sobre a sensibilidade a Anthracnose em ferimento foram realizadas análises de variância entre

o primeiro e o último nível de doença. Não foram encontradas diferenças significativas entre estes níveis, segundo o teste de Tukey (p = 0,05). No entanto, as duas repetições estudadas mostraram maior sensibilidade a Anthracnose nos níveis de infestação intermediários.

Uma análise possível para este fato é admitir que existe uma relação entre a S. Amarela e a sensibilidade a Anthracnose, mas a partir de certo grau de infestação de S. Amarela, a planta promove algum tipo de reação de defesa que pode reduzir a sensibilidade a doenças pós-colheita. A indução de mecanismos de defesa por uma doença que promove resistência parcial a outras doenças já foi verificada (CAVALCANTI et al., 2006), esta ocorre por meio da produção de proteínas de defesa, como a quitinase e β-1,3-glucanase.

Portanto, a hipótese inicial de que a S. Amarela influenciaria a sensibilidade a Anthracnose não foi confirmada. Seria interessante realizar este experimento com a Sigatoka Negra, pois é possível que, assim como o peso, a sensibilidade a Anthracnose pode ser afetada somente pela S. Negra, devido a sua maior virulência.

Podridão de coroa

A Podridão de coroa é caracterizada pelo apodrecimento da região do pedúnculo e a sensibilidade a esta doença é determinada pela área deste tecido necrosado, segundo ensaio descrito em Métodos (item 4.2.3.5).

Para avaliar a existência de um padrão de variação na sensibilidade a Podridão de coroa segundo níveis de doença, foi avaliada a média da área da necrose do pedúnculo dos frutos de cada nível. Como mostra a figura 18, não foi observado

nenhum padrão de variação na sensibilidade a podridão de coroa, segundo níveis crescentes de doença.

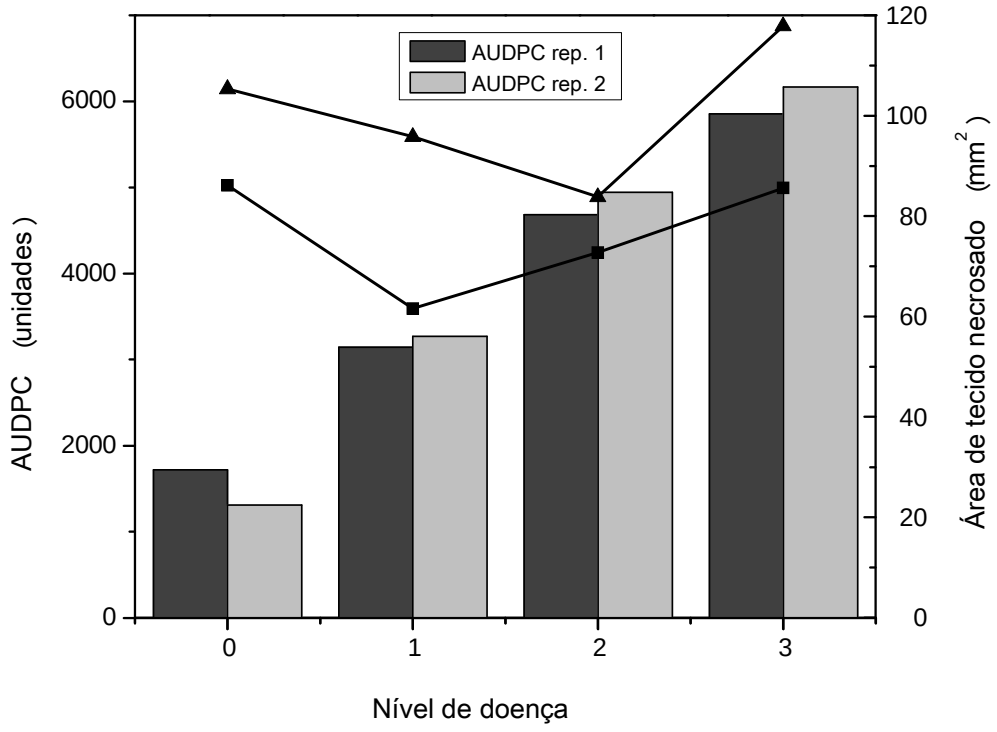

Figura 18. Variação da sensibilidade a podridão de coroa entre os níveis de infestação das plantas ao longo do desenvolvimento dos frutos. *(▲) repetição 1; (■) repetição 2.*

Para confirmar a ausência de um efeito da S. Amarela sobre a sensibilidade a podridão de coroa, foi realizada análise de variância da sensibilidade a podridão de coroa entre os níveis extremos de doença. Não foram encontradas diferenças significativas entre o primeiro e o último nível de doença.

5.2.2. Experimento B – Processo de amadurecimento induzido do fruto

Conforme descrito anteriormente, outro experimento foi realizado visando analisar os efeitos da infestação de S. Amarela sobre a evolução do processo de amadurecimento induzido, segundo dois níveis extremos de doença. Este experimento conta com um desenho experimental reduzido, característico de um ensaio preliminar.

Cabe ressaltar que as plantas deste experimento foram selecionadas na repetição três e, portanto, passaram por uma redução drástica da pressão de doença a um mês da colheita. Esta redução na pressão de S. Amarela não foi computada no parâmetro de doença do experimento B, que é estimado somente no momento da floração. A tabela 10 apresenta os níveis de doença e suas faixas de IS no florescimento:

Tabela 10. Faixa de severidade no florescimento de cada nível estabelecido para o experimento B.

Nível	Índice de Severidade (% necrose)
0	< 5%
5	> 45%

Foram realizadas análises de variância entre os frutos dos níveis 0 e 5, segundo o teste de Tukey (p = 0,05). As análises serão mostradas ao longo da apresentação da evolução de cada parâmetro analisado.

5.2.2.1. Evolução da coloração da casca e da polpa

As colorações da casca e da polpa são avaliadas através do valor **a**, A figura 19A mostra que até o segundo dia após a indução da maturação (dia 0), a evolução da

coloração da casca aparenta ser similar para os frutos dos níveis 0 e 5. A partir disso, a evolução da coloração de frutos do nível 5 mostra uma perda de coloração verde mais rápida e mais intensa que os frutos do nível 0, coincidente ao aparecimento da coloração amarela. Vale lembrar que um valor **a** próximo a 0 corresponde ao estágio 6 da escala de coloração da casca, caracterizada pelo fruto completamente amarelo, incluindo as extremidades (CHILLET et al., 2005). No entanto, a análise estatística mostrou diferença somente nos dias 0, 1 e 4.

No caso da evolução da coloração da polpa, os frutos dos níveis 0 e 5 mostram um padrão semelhante ao longo do tempo, embora os frutos do nível 5 tenham tido menor intensidade de coloração verde. Neste caso, a análise estatística apresentou diferenças nos três primeiros dias: no dia da colheita, dia 0 e dia 1. A figura 19B mostra a evolução deste parâmetro ao longo do experimento.

5.2.2.2. Evolução da dureza da casca e firmeza da polpa

Os frutos do nível 5 aparentam ter a casca mais dura que os frutos do nível 0 até o dia 2, quando a evolução deste parâmetro aparenta ser semelhante para os dois grupos analisados. Podemos observar que este padrão foi semelhante a partir do amarelecimento da casca dos frutos, conforme mostrado no item anterior. As análises estatísticas mostraram diferenças significativas nos dias 0, 1, 2 e 4. A figura 19C apresenta o padrão de evolução da dureza da casca para os dois níveis estudados.

A firmeza da polpa também apresentou semelhança significativa entre os níveis a partir do dia 3, coincidente à dureza da casca e concomitante ao aparecimento do amarelo da mesma. Até o dia 3, os frutos do nível 0 apresentaram polpa

significantemente mais firme que os frutos do nível 5, exceto pelo dia da colheita, onde os frutos apresentaram alto desvio padrão. A figura 19D mostra a evolução deste parâmetro.

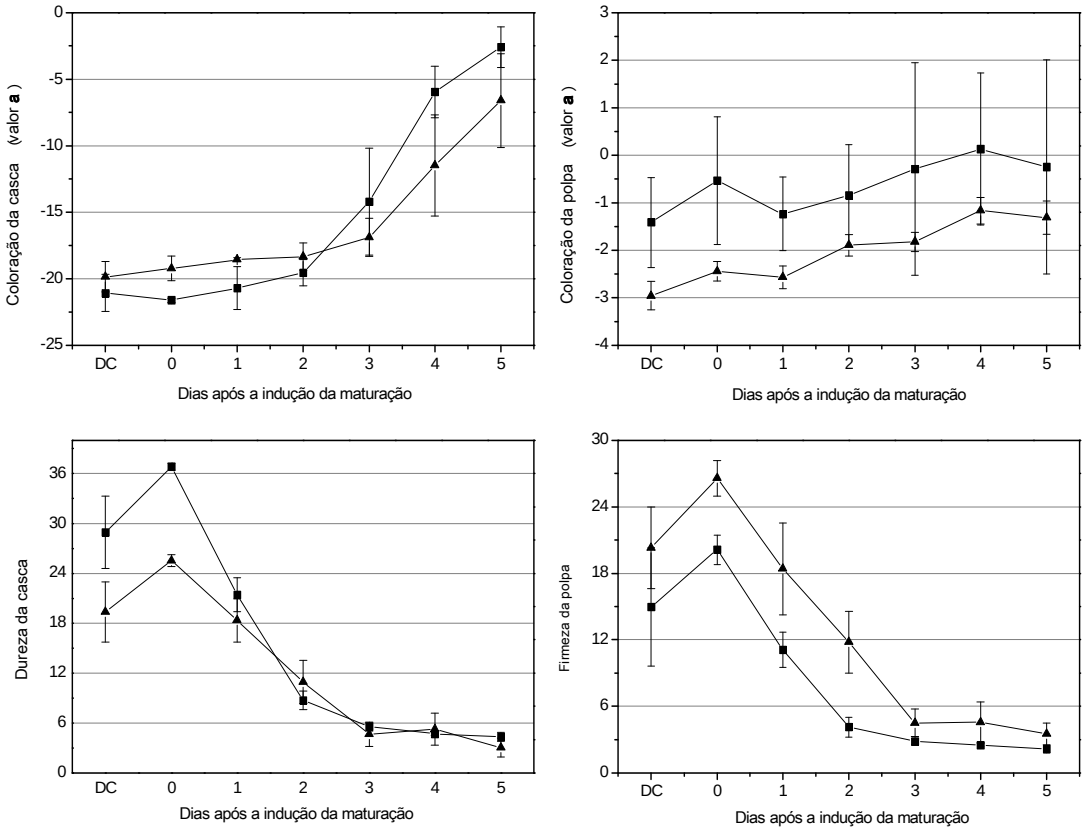

Figura 19. Evolução da coloração da casca (19A) e da polpa (19B), da dureza da casca (19C) e da firmeza da polpa (19D) após a indução da maturação (dia 0), segundo dois níveis extremos de doença. *DC representa o dia da colheita; (▲) nível 0 ou infestação controlada, (■) nível 5 ou infestação forte.*

Estes resultados indicam, portanto, que possivelmente existe variação na coloração e textura da casca e da polpa de frutos oriundos de planta fortemente atacadas por S. Amarela, que tiveram seu amadurecimento induzido. No entanto, não é possível concluir nada devido à desfolha realizada na repetição 3, que tornou a infestação de doença dessas plantas desuniforme e reduziu, certamente, os efeitos da doença nos frutos.

6. CONCLUSÕES

(1) As Sigatokas Amarela e Negra provocaram redução de, no mínimo 50%, da vida-verde do fruto, tanto nas condições de clima tropical como subtropical, afetando o tempo disponível para transporte e comercialização. Para a Sigatoka Negra, índices de severidade da doença acima de 15% na época da colheita, podem ocasionar vida-verde de zero dias (amadurecimento do fruto ainda no campo). Para a Sigatoka Amarela, foi estabelecido a inexistência um nível crítico da doença, a partir da qual a doença afetaria a vida-verde do fruto.

(2) A Sigatoka Amarela não afetou o tamanho, o peso e a sensibilidade dos frutos ao apodrecimento pós-colheita, mas parece ter afetado a coloração da polpa do fruto verde. A Sigatoka Negra afetou a qualidade do fruto de maneira mais drástica, reduzindo o peso dos frutos (em até 40%) e provocando um desordenamento na respiração e produção de etileno no amadurecimento.

7. BIBLIOGRAFIA

BURG, S.P., BURG, E.A. Ethylene action and the ripening of fruits. Science 148,1190–1196. 1965.

BARRY, C. S.; GIOVANNONI, J. J. Ethylene and fruit ripening. *Journal of Plant Growth Regulation, n. 23, p. 146-159.* 2007.

BLAKE, J. R.; PEACOCK, B. C. Effect of temperature on the preclimacteric life of bananas. *Queensland Journal of Agricultural and Animal Sciences*, v. 28, p. 243–248. 1971.

BORGES, A. L. A cultura da Banana. *Coleção Plantar- Embrapa*, Cruz das Almas, v. 38, 2º ed., 94 p. 1998.

CAVALCANTI, F. R.; RESENDE, M. L. V.; PEREIRA, R. B.; COSTA, J. C. B.; CARVALHO, C. P. S. Atividades de quitinase e beta-1,3-glucanase após eliciação das defesas do tomateiro contra a mancha-bacteriana. *Pesq. agropec. bras*., Brasília, v. 41, n. 12, p.1721-1730. 2006.

CHILLET, M.; GALAS, C.; GOMEZ, R. M.; HUBERT, O; JULIANUS, P.; MBÉGUIÉ-A-MBÉGUIÉ, D.; FILS-LYCAON, B. Is there a relationship between ethylene production of bananas ripened on the plant and the length of the fruit growth period prior

to ripening onset?. *Fruits*, v. 60, p. 83-89. 2005.

CHILLET, M.; HUBERT, O.; RIVES, M. J.; DE LAPEYRE DE BELLAIRE, L. Effects of the Physiological Age of Bananas on Their Susceptibility to Wound Anthracnose Due to *Colletotrichum musae*. *Fruits*, v. 90, n. 9, p. 1181-1185. 2006.

CHILLET, M., HUBERT, O., RIVES, M.J., DE LAPEYRE DE BELLAIRE, L. Effects of the physiological age of bananas on their susceptibility to Colletotrichum musae. *Plant Disease*, v. 90, p. 1181–1185. 2006.

CHILLET, M., HUBERT, O., DE LAPEYRE DE BELLAIRE, L. Relationship between physiological age, ripening and susceptibility of banana to wound anthracnose. *Crop Protection,* short communication, v.26, p.1078-1082. 2007.

CHILLET, M.; DE LAPEYRE DE BELLAIRE, L.; HUBERT, O.; MBÉGUIÉ-A-MBÉGUIÉ, D. Mechanical characterization of banana fruits. *Fruits*, v. 63, n. 1, p. 51-52. 2008.

CHILLET, M., DE LAPEYRE DE BELLAIRE, L., HUBERT, O., MBÉ GUIÉ-A-MBÉGUIÉ , D. Measurement of banana green life. *Fruits,* v. 63, p. 125-127. 2008.

CHILLET, M.; ABADIE, C.; HUBERT, O.; CHILIN-CHARLES, Y. DE LAPEYRE DE BELLAIRE, L. Sigatoka disease reduces the greenlife of bananas. *Crop Protection,* n. 28, p. 41-45. 2009.

CORDEIRO, Z. J. M.; MATOS, A. P. Expressão da resistência de variedades de banana à Sigatoka Amarela. *Fitopatologia Brasileira*, v. 30, p. 532-534. 2005. Disponível em: http://www.scielo.br/pdf/fb/v30n5/26153.pdf. Acesso em 2/8/2010.

CORDENUNSI, B. R. Aspectos químicos, bioquímicos e ultraestruturais do grânulo de amido durante o amadurecimento da banana. Tese de Livre-Docência, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

CORDENUNSI, B. R.; LAJOLO, F. M. Starch breakdown during banana ripening – Sucrose synthase and sucrose-phosphate synthase. *J. Agr. Food Chem.,* Washington, v. 43, n. 2, p. 347-351. 1995.

DANGL, J. L. & JONES, J. D. G. Plant pathogens and integrated defense responses to infection. *Nature*, v. 411, p. 826–833, 2001.

DANIELLS, J., O'FARRELL, P., MULDER, J., AND CAMPBELL, S. Effects of bunch covering and bunch trimming on bananas in North Queensland. *Queensland Journal of Agricultural and Animal Sciences,* v. 44, p. 101-105. 1987.

DE LAPEYRE DE BELLAIRE, L.; CHILLET, M.; CHILIN-CHARLES, Y. Determination of banana fruit susceptibility to post-harvest diseases: wound anthracnose, quiescent anthracnose and crown rot. *Fruits*, v. 63, n. 3, p. 183-186. 2008.

FERREIRA, D. M. V.; CORDEIRO, Z. J. M.; MATOS, A. P. DE. Sistemas de pré-aviso para o controle da Sigatoka-amarela da bananeira no Recôncavo Baiano. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v. 25, n. 3, p. 429-431. 2003.

FILS-LYCAON, B.; MBÉGUIÉ-MBÉGUIÉ, D.; CHILLET, M.; JULIANUS, P.; GALAS, C.; GOMEZ, R.; HUBERT, O. Biochemical characterization of pulp of banana fruit: measurement of soluble sugars, organic acids, free ACC and *in vitro* ACC oxidase. *Fruits*, v. 63, n. 3, p. 187-191. 2008.

FORRET, M. Etude de la variation de sensibilité des bananes d'exportation aux pourritures de couronne en fonction du stade de récolte. Travail de fin d'étude, Faculté des Sciences Agronomiques de Gembloux, 2008. *apud* Lassois, L.; Jijakli, M. H.; Chillet, M.; de Lapeyre de Bellaire, L. Crown Rot of bananas: Pre harvest factors involved in post harvest disease development and integrated control methods. *Plant Disease*, v. 94, n. 6, p. 648-658. 2010.

FRANÇA, A. M. Vale do Ribeira (SP): Proposições econômicas, sociais, políticas e ambientais para o crescimento e desenvolvimento sustentável dos municípios da região administrativa de Registro. PUC-SP, São Paulo, 323 p. 2005.

GANRY, J., MEYER, J. P. Recherche d'une loi d'action de la temperature sur la croissance des fruits du bananier. *Fruits*, v. 30, p. 375–392. 1975.

GANRY, J.; CHILLET, M. Methodology to forecast the harvest date of banana bunches. *Fruits*, v. 63, n. 6, p. 371 – 373. 2008.

GAUHL, F., PASBERG-GAUHL, F., VUYLSTEKE, D., ORTIZ, R. Multilocational evaluation of black sigatoka resistance in banana and plantain. *IITA, Ibadan, Nigeria IITA. Reaserch Guide*, 47. 59 p. 1993.

GILLASPY, G.; Ben-David, H.; Gruissem, W. Fruits: a developmental perspective. *The Plant Cell* , v.5, p.1439-1451. 1993.

HOSTACHY, B.; VEGH, I.; LEROUX, P.; JACQUEMOT,E.; FOUCHER, S.; PIGOU, R. Bananes de la Martinique: incidence des problèmes fongiques sur la qualité. *Phytoma*, v. 420, p. 37-44. 1990.

JEGER, M. J., VILJANEN-ROLLINSON, S.L.H., 2001. The use of the area under the disease-progress curve (AUDPC) to assess quantitative disease resistance in crop cultivars. Theoretical and Applied Genetics, 102, 32–40.

JIANG, Y., JOYCE, D. C., & MCNISH, A. J. Extension of the shelf life of banana fruit by 1-methylcyclopropene in combination with polyethylene bags. *Postharvest biology and technology,* v. 16, p. 187 –193. 1999.

JONES, J. D. G.; DANGL, J. L. The plant immune system. *Nature*, v. 444, p. 323-329, 2006. Disponível em http://www.nature.com/nature/journal/v444/n7117/pdf/nature05286.pdf

JULLIEN, A., 2000. Croissance, développement et qualité des fruits du bananier (Musa spp. groupe AAA cv 'grande naine'). Modélisation de la répartition desassimilats entre les fruits du régime. Thése de PhD, Iinstitut National Agronomique Paris-Grignon, Paris, 92 p.

KITAJIMA, S.; SATO, F. Plant pathogenesis-related proteins: molecular mechanisms of gene expression and protein function. *J. Biochem.*, v. 125, p. 1-8. 1999. Disponível em: http://jb.oxfordjournals.org/cgi/reprint/125/1/1. Acesso em 2/8/2010.

LASSOIS, L.; JIJAKLI, M. H.; CHILLET, M.; DE LAPEYRE DE BELLAIRE, L. Crown Rot of bananas: Pre harvest factors involved in post harvest disease development and integrated control methods. *Plant Disease*, v. 94, n. 6, p. 648-658, 2010. Disponivel em http://orbi.ulg.ac.be/bitstream/2268/62293/1/N°407-%20Lassois%20%202010.pdf

LOEILLET, D. Le commerce international de la banane : entre évolution et révolution. *Fruitrop*, n. 129, p. 2-19. 2005.

MARRIOTT, J. Bananas – physiology and biochemistry of storage and ripening for optimum quality. *CRC Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, v. 13, p. 41–88. 1980.

MATOS, A.P. de; BORGES, M. de F.; CORDEIRO, Z. J. M.; SILVA, S. de O. Reação de genótipos de bananeira à infecção natural pela Sigatoka-amarela. *Magistra,* v.13. 2001.

MBÉGUIÉ-A-MBÉGUIÉ, D.; HUBERT, O.; FILS-LYCAON, B.; CHILLET, M.; BAURENS, F. C. EIN3-like gene expression during fruit ripening of Cavendish banana (*Musa acuminata* cv. Grande naine). *Physiologia Plantarum*, v. 133, p. 435 - 448.2008.

MEREDITH, D.S. Banana Leaf Spot Disease (Sigatoka) Caused by *Mycosphaerella musicola* Leach. Commonwealth Mycological Institute, Kew, England, *Phytopathological Papers*, v. 11, 147 p. 1970.

MORAES, W. S. Fungos causadores de doenças foliares da bananeira (Musa spp.). Anais. XIII Reunião Itinerante de Fitossanidade do Instituto Biológico. Registro, SP.17-26, 2005.

MORAES, W. Curso de Identificação, Monitoramento e Controle da Sigatoka Negra. *APTA Regional do Vale do Ribeira*. Registro – São Paulo. Maio 2008.

MOREIRA, R. S. Banana: teoria e prática de cultivo. São Paulo. *Fundação Cargill. CD-Rom*, 1999.

NADARAJAH, K.; TURNER, J. G. The role of jasmonate in plant pathogen interactions in *Arabidopsis thaliana. Jurnal Teknologi*, v. 39, p. 9-16, 2003. Disponível em http://www.penerbit.utm.my/onlinejournal/39/C/JTKK39C2.pdf

NASCIMENTO, J. R. O.; CORDENUNSI, B. R.; LAJOLO, F. M.; ALCOCER, M. J. C. Banana sucrose-phosphate synthase gene expression during fruit ripening. *Planta*, v. 203, p. 283−288. 1997.

NASCIMENTO, J. R. O.; CORDENUNSI, B. R.; LAJOLO, F. M. Sucrose synthase activity and expression during development and ripening in bananas. v.156, p. 605-611, 2000.

NASCIMENTO, J. R. O.; JUNIOR, A. V.; BASSINELLO, P. Z.; CORDENUNSI, B. R.; MAINARDI, J. A.; PURGATTO, E.; LAJOLO, F. M. B-amylase expression and starch degradation during banana ripening. *Postharvest biol. Technol*, v. 40, p. 41−47. 2006.

NOGUEIRA, E. M. C. Principais Doenças da Bananeira. *VI Reunião Itinerante de Fitossanidade do Instituto Biológico*, *Centro de Pesquisa e Desenvolvimento de Sanidade Vegetal, Instituto Biológico*. p. 9-20. 2002.

PEACOCK, B. Effect of *Colletotrichum musae* infection on the Preclimacteric life of banana. Queensl. *J. Agric. Anim. Sci*, v. 30, p. 239–246. 1973.

PEACOCK, B.C., BLAKE, J.R. Some effects of non-damaging temperatures on the life and respiratory behavior of bananas. *Queensland Journal of Agricultural and Animal Sciences*, v. 27, p. 147–168. 1970.

PURGATTO, E., LAJOLO, F.M., NASCIMENTO, J.R.O.; CORDENUNSI, B.R. Inhibition of β-amylase activity, starch degradation and sucrose formation by indole-3-acetic acid during banana ripening. *Planta,* v. 212, p. 823-828. 2001.

PURGATTO, E.; LAJOLO, F.M.; NASCIMENTO, J.R.O.; CORDENUNSI, B. R. The onset of starch degradation during banana ripening is concomitant to changes in the content of free and conjugated forms of indole-3-acetic acid. *Journal of Plant Physiology*, v. 159, n. 10, p. 1105-1111, 2002.

RAMSEY, M.D., DANIELLS, J.W., ANDERSON, V. J. Effects of sigatoka leaf spot (*Mycospherella musicola* Leach) on fruit yield, field ripening and greenlife of bananas in North Queensland. *Scientia Horticulturae*, v. 41, p. 305–313. 1990.

REYMOND, P.; FARMER, E. E. Jasmonate and salicilate as global signals for defense gene expression. *Plant biology*, v. 1, p. 404-411, 1998. Disponível em,km http://www.ufv.br/dbv/pgfvg/BVE684/htms/pdfs_revisao/estresse/jasmonate.pdf

ROSA, C. T.; MENEZES, M. Caracterização patogênica, fisiológica e morfológica de *Paracercospora musae*. *Fitopatologia Brasileira,* v. 26, p. 141-147. Disponível em: http://www.scielo.br/pdf/fb/v26n2/a04v26n2.pdf. Acesso em 2/8/2010. 2001.

SIMMONDS, J.H. Latent infections in tropical fruits discussed in relation to the part played by species of *Gloeosporium* and *Colletotrichum*. *Proceedings of the Royal Society, Queensland*, v. 52, p. 92-120. 1941.

SIVIERO, A.; LEDO, A. da S. Avaliação de genótipos de banana à Sigatoka Amarela na Amazônia Ocidental. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v. 24, n. 3, p. 724-726. 2002. Disponível em: http://www.scielo.br/pdf/rbf/v24n3/15124.pdf. Acesso em 02/02/2010.

STOVER, R.H. A proposed international scale for estimating intensity of banana leaf spot. Tropical Agriculture (Trinidad) 48, 185–196. 1971.

STOVER, R. H. Sigatoka leaf spot of bananas and plantains. *Plant Disease*, v. 64, p. 750-756. 1980.

SWINBURNE, T. R.; BROWN, A. E. Appressoria development and quiescent infections of banana fruit by Colletotrichum musae. *Transactions of the British Mycological Society, v.* 80, p. 76-178. 1983.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. Fisiologia Vegetal. *Artmed,* 3.ed, Porto Alegre, 619 p. 2004.

THOMPSON A. AND BURDEN O. Harvesting and fruits care. In: Bananas and Plantains (Ed. Gowen). *Chapman and Hall Press*, London, p. 403-433. 1995.

TURNER, D.W., HUNT, N. Planting date and defoliation influence the time of harvest of bananas. *Scientia Horticulturae*, v. 32, p. 233–248. 1987.

TURNER D.W. Banana and plantains. In: Postharvest physiology and storage of tropical and subtropical fruits, *S.K. Mistra, CAB International,* London, p. 47-83. 1997.

VAN LOON, L.C. Induced resistance in plants and the role of pathogenesis-related proteins. European Journal of Plant Pathology, v.103, p.753-765, 1997.

VAN LOON, L.C.; VAN STRIEN, E.A. The families of pathogenesis-related proteins, heir activities, and comparative analysis of PR-1 type proteins. Physiological and Molecular Plant Pathology, v.55, p.85-97, 1999.

VIEIRA JUNIOR, A.; NASCIMENTO, J.R.O.; LAJOLO, B. R. Molecular Cloning and Characterization of an α-Amylase Occuring in the Pulp of Ripening Bananas and Its Expression in *Pichia pastoris*. *J. Agric. Food* Chem, v. 54, n. 21, p. 8222–8228. 2006.

YOUNG, M., CONIE, J. Life Cycle of (*Mycosphaerella fijiensis*) and Epidemiology of Black Sigatoka Diseases in IICA. Report on Caribbean Black Sigatoka Management Workshop, Kingston. *L Thomas-Louisy,* 116 p. 2001.

Site oficial do Instituto de Economia Agrícola: www.iea.sp.gov.br

Site oficial do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística: www.ibge.gov.br

Site oficial da FAO (*Food and Agriculture Organization of United Nations)*: www.fao.org.br

RESUMO

A banana deve ser colhida em seu estado verde (pré-climatérico) para ter tempo disponível para transporte e comercialização. Este tempo é conhecido como vida-verde, determinado pelo número de dias existentes entre a colheita e o início do amadurecimento natural do fruto. As Sigatokas, em especial a Sigatoka Negra, são atualmente os problemas mais sérios do cultivo da bananeira. Embora estas doenças ataquem as folhas, os principais danos causados podem ser atribuídos à perda de qualidade e, consequentemente, de valor comercial dos frutos. Este trabalhou investigou os efeitos causados por estas doenças sobre a vida-verde e outros parâmetros de qualidade; tais como, coloração da polpa, sensibilidade ao apodrecimento pós-colheita, tamanho e peso, perfil respiratório e produção diária de etileno. Além disso, foi avaliada, em caráter preliminar, a evolução diária de alguns desses e outros parâmetros durante o processo de amadurecimento induzido do fruto, simulando a qualidade do fruto durante a comercialização no mercado varejista. Os resultados indicam que a vida verde é fortemente reduzida por ambas as doenças (cerca de 50%) e não apresenta nível crítico de infestação. A intensidade respiratória e a produção de etileno foram aumentadas e de modo desordenado para os frutos oriundos de bananais infestados pelas doenças, especialmente a S. Negra. O peso foi reduzido em 40% pela infestação de S. Negra. A S. Amarela parece não influenciar a sensibilidade dos frutos ao apodrecimento pós-colheita. A Sigatoka Amarela provoca alteração na coloração da polpa, semelhante à perda de intensidade de cor.

Palavras chave: Banana, Sigatoka Amarela, Sigatoka Negra, fisiologia pós-colheita

ABSTRACT

Banana fruits are harvested at a green mature stage (pre-climacteric) in order to allow sufficient time for transport and marketing. This period is known as greenlife, and it is determined by the number of days between harvest and the initiation of the natural ripening process. Sigatoka Disease (Yellow Sigatoka) and, Black Leaf Streak Disease (Black Sigatoka), are the main problems in banana production in the world. and Although it is foliar diseases, the main damage is related to quality losses and low commercial value. This study has investigated the effects of these diseases on the greenlife and other quality parameters such as, pulp color, sensitivity to post-harvest rot, fruit size and weight, respiration profile and ethylene daily production. Besides, it was preliminary evaluated the daily evolution of some of those and other parameters during the induced ripening process, as simulating fruit quality over retail market. Results indicate that greenllife is strongly reduced (about 50 %) and it had no critical level of disease infestation. Respiratory intensity and ethylene production were increased and disorderly, for fruits from infested plots, especially by Black Sigatoka. The weight was reduced almost 40 % by Black Sigatoka. Yellow Sigatoka appear to have no influence on the sensitivity of post-harvest rot. However, Yellow Sigatoka caused some alterations on pulp color, similar to less intensity.

Keywords: Banana, Sigatoka Disease, Black Leaf Streak Disease; post-harvest physiology

Livros Grátis

(http://www.livrosgratis.com.br)

Milhares de Livros para Download:

Baixar livros de Administração
Baixar livros de Agronomia
Baixar livros de Arquitetura
Baixar livros de Artes
Baixar livros de Astronomia
Baixar livros de Biologia Geral
Baixar livros de Ciência da Computação
Baixar livros de Ciência da Informação
Baixar livros de Ciência Política
Baixar livros de Ciências da Saúde
Baixar livros de Comunicação
Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE
Baixar livros de Defesa civil
Baixar livros de Direito
Baixar livros de Direitos humanos
Baixar livros de Economia
Baixar livros de Economia Doméstica
Baixar livros de Educação
Baixar livros de Educação - Trânsito
Baixar livros de Educação Física
Baixar livros de Engenharia Aeroespacial
Baixar livros de Farmácia
Baixar livros de Filosofia
Baixar livros de Física
Baixar livros de Geociências
Baixar livros de Geografia
Baixar livros de História
Baixar livros de Línguas

Baixar livros de Literatura
Baixar livros de Literatura de Cordel
Baixar livros de Literatura Infantil
Baixar livros de Matemática
Baixar livros de Medicina
Baixar livros de Medicina Veterinária
Baixar livros de Meio Ambiente
Baixar livros de Meteorologia
Baixar Monografias e TCC
Baixar livros Multidisciplinar
Baixar livros de Música
Baixar livros de Psicologia
Baixar livros de Química
Baixar livros de Saúde Coletiva
Baixar livros de Serviço Social
Baixar livros de Sociologia
Baixar livros de Teologia
Baixar livros de Trabalho
Baixar livros de Turismo