

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGROECOLOGIA
CURSO DE MESTRADO EM AGROECOLOGIA

EFICIÊNCIA FOTOQUÍMICA DE PLANTAS DE BANANEIRA SUBMETIDAS À
APLICAÇÃO DE CAL VIRGEM SOBRE A FOLHA

SÃO LUÍS
Maranhão – Brasil

2012

RAFAELLA PATRÍCIA DO NASCIMENTO SOUSA

**EFICIÊNCIA FOTOQUÍMICA DE PLANTAS DE BANANEIRA SUBMETIDAS À
APLICAÇÃO DE CAL VIRGEM SOBRE A FOLHA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agroecologia da Universidade Estadual do Maranhão como requisito para obtenção do Título de Mestre em Agroecologia.

Orientador: Prof. Dr. Fabrício de Oliveira Reis

SÃO LUÍS

Maranhão – Brasil

2012

Sousa, Rafaella Patrícia do Nascimento.

Eficiência fotoquímica de plantas de bananeira submetidas à aplicação de cal virgem sobre a folhas / Rafaella Patrícia do Nascimento Sousa.– São Luís, 2013.

59f

Dissertação (Mestrado) – Curso de Agroecologia, Universidade Estadual do Maranhão, 2013.

Orientador: Prof. Dr. Fabrício de Oliveira Reis

1.*Musa* SP. 2.Óxido de cálcio. 3.SPAD. 4.Eficiência fotoquímica.
I.Título

CDU: 634.773

**EFICIÊNCIA FOTOQUÍMICA DE PLANTAS DE BANANEIRA SUBMETIDAS À
APLICAÇÃO DE CAL VIRGEM SOBRE A FOLHA**

RAFAELLA PATRÍCIA DO NASCIMENTO SOUSA

Aprovada em: 28 de setembro de 2012

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Fabrício de Oliveira Reis (Orientador)
Doutor em Produção Vegetal
Universidade Estadual do Maranhão/ UEMA

Prof. Dr. Luiz Fernando Ganassali de Oliveira Júnior
Doutor em Produção Vegetal
Universidade Federal do Sergipe/ UFS

Prof. Dr. Heder Braun
Doutor em Fitotecnia
Universidade Estadual do Maranhão/ UEMA

Ao meu Deus, Senhor da minha vida, pelo seu amor incondicional

Ofereço

À minha mãe, Francisca Meireles, pelo amor, incentivo e confiança, e todos seus sacrifícios para que eu pudesse alcançar meus sonhos.

À minha irmã, Gabriela, pelo apoio nos momentos difíceis, sempre firmados no senhor.

Ao meu namorado, Helder, que tornou possível os meus sonhos com apoio e dedicação.

À minha avó, Vitória, exemplo de mulher e de conquista em meio às adversidades e por me amar como sua filha.

Dedico

Ao meu orientador, Fabrício de Oliveira Reis, pelo apoio, confiança e por nunca desistir de mim nos momentos mais difíceis.

Agradeço

AGRADECIMENTOS

Ao meu Deus, meu Pai, que me deu a vida.

A toda a minha família por estar ao meu lado.

À minha mãe, Francisca, pelo amor, carinho e por nunca deixar de acreditar no meu potencial.

À minha irmã pelo amor, carinho e apoio.

Ao meu namorado, Hélder, pelo apoio e carinho.

Ao Prof. Dr. Fabrício de Oliveira Reis, meu orientador, pela oportunidade, orientação, paciência, amizade e carinho, que me acolheu e me guiou na Fisiologia Vegetal, por quem tenho uma imensa admiração profissional.

À Universidade Estadual do Maranhão e Programa de Pós-Graduação em Agroecologia, pela oportunidade.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), pela concessão de bolsa de Mestrado.

Ao Benjamin, pelo convívio e ajuda preciosa para a realização desta pesquisa.

Aos meus amigos, Ana Paula Martins, Adriana, Silvia Regina, Júnior e Ana Augusta, por serem tão compreensivos e carinhosos.

A todos os professores do mestrado pelos valiosos ensinamentos aprendidos durante o curso.

A*o Prof. Dr. Heder Braun, pela imensa contribuição dada nas análises estatísticas e pelas palavras de apoio e paciência.

Ao Prof. Dr. Luiz Fernando Ganassali, da Universidade Federal do Sergipe (UFS), pelo apoio dado a pesquisa.

Aos funcionários do Núcleo de Biotecnologia Agronômica/UEMA, que contribuíram com esta pesquisa.

A todos aqueles que contribuíram para a realização deste trabalho.

*Bem-aventurado o homem que suporta provação:
porque, depois de ter sido aprovado, receberá a
coroa da vida, ao qual o Senhor prometeu aos que o
amam.*

(Tiago 1.12)

Sumário

LISTA DE FIGURAS	ix
LISTA DE TABELAS	x
EFICIÊNCIA FOTOQUÍMICA DE PLANTAS DE BANANEIRA SUBMETIDAS À APLICAÇÃO DE CAL VIRGEM SOBRE A FOLHA.....	xii
RESUMO	xii
PHOTOCHEMICAL EFFICIENCY OF BANANA PLANTS SUBJECT TO THE APPLICATION OF VIRGIN LIME ON THE LEAF.....	xiii
ABSTRACT	xiii
1 INTRODUÇÃO	14
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	16
2.1 Aspectos Econômicos	16
2.1.1 Descrição Botânica: Bananeira (<i>Musa sp.</i>)	17
2.1.2 Caracterização Climática da Bananeira	19
2.1.3 Temperatura e Umidade Relativa (UR)	20
2.1.4 Luminosidade e Precipitação	21
2.2 Cal Virgem	22
2.2.1 SPAD	22
2.3 Fluorescência da Clorofila a.....	23
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	28
3.1 Condições de cultivo e material vegetal	28
3.1.1 Determinação da Eficiência Fotoquímica	30
3.1.2 Determinação do Teor de Clorofila quantificado pelo SPAD	31
3.1.3 Análise Estatística	32
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	33
5 CONCLUSÃO.....	44
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	46

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1** Foto da Bananeira (*Musa sp.*), variedade FHIA-18. **18**
- Figura 2** Dados de temperatura máxima e mínima, umidade relativa do ar (A), precipitação pluvial acumulada (B), ano de 2011. As setas indicam o mês das avaliações **29**
- Figura 3** Dados de temperatura máxima e mínima, umidade relativa do ar (A), dados pluviométricos (B) do ano de 2012. As setas indicam o mês das avaliações **29**
- Figura 4** Medições das plantas de bananeira submetida à aplicação de cal virgem: Fluorômetro modulado, época seca (A) e Fluorômetro não-modulado, época chuvosa (B) **30**
- Figura 5** Realização de medições de índice de SPAD em plantas submetidas à aplicação de cal virgem **32**
- Figura 6** Valores da fluorescência inicial na época de seca (A) e na época chuvosa (B), em folhas de plantas de bananeira, com cal (◇) e controle (□). As barras verticais indicam erro padrão **39**
- Figura 7** Valores do índice de SPAD na época seca (A) e na época chuvosa (B), em folhas de plantas de bananeira, com cal (◇) e controle (□). As barras verticais indicam erro padrão **44**

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Análise da fertilidade do solo da área de plantio da cultura da bananeira em São Luís, Maranhão, no Núcleo de Biotecnologia Agronômica (NBA) no ano de 2011	28
Tabela 2	Valores médios para a fluorescência inicial (Fo), fluorescência máxima (Fm), fluorescência variável (Fv) em plantas de bananeira submetidas à aplicação de cal virgem na folha e horários de avaliações realizadas às 8:00; 12:00 e 16:00 horas, na época seca e $n=24$ observações	33
Tabela 3	Valores médios para a fluorescência inicial (Fo), fluorescência máxima (Fm), fluorescência variável (Fv) em plantas de bananeira submetidas à aplicação de cal virgem na folha e horários de avaliações realizadas às 8:00; 12:00 e 16:00 horas, na época chuvosa e $n=24$ observações	36
Tabela 4	Valores médios para a fluorescência inicial (Fo), fluorescência máxima (Fm), fluorescência variável (Fv) em plantas de bananeira submetidas à aplicação de cal virgem na folha e horários de avaliações realizadas às 8:00; 12:00 e 16:00 horas, na época seca e chuvosa e $n=48$ observações	38
Tabela 5	Comparação de médias das épocas (seca e chuvosa) da fluorescência da clorofila <i>a</i> relacionando a eficiência fotoquímica (Fv/Fm) das folhas de bananeira com e sem a aplicação da cal virgem	39
Tabela 6	Somatório dos ranks dos tratamentos (controle e com cal) para a variável eficiência fotoquímica (Fv/Fm) da fluorescência da clorofila <i>a</i> das folhas de bananeira para época seca e chuvosa, dentro de cada horário	40
Tabela 7	Somatório dos ranks dos horários (8, 12 e 16h) para a variável eficiência fotoquímica (Fv/Fm) da fluorescência da clorofila <i>a</i> das folhas de bananeira para tratamento (controle e com cal), dentro de cada horário	40
Tabela 8	Valores médios para o índice de SPAD em plantas de bananeira submetidas à aplicação de cal virgem na folha e horários de avaliações realizadas às 8:00; 12:00 e 16:00 horas, na época seca e chuvosa e $n=48$ observações	41
Tabela 9	Valores médios para índice de SPAD em plantas de bananeira submetidas à aplicação de cal virgem na folha e horários de avaliações realizadas às 8:00; 12:00 e 16:00 horas, na época seca e $n=24$ observações	42
Tabela 10	Valores médios para índice de SPAD em plantas de bananeira submetidas à aplicação de cal virgem na folha e horários de avaliações realizadas às 8:00; 12:00 e 16:00 horas, na época chuvosa e $n=24$ observações	42

LISTA DE SIGLAS

ATP	Trifosfato de adenosina
CO₂	Gás Carbônico
F_o	Fluorescência inicial
F_m	Fluorescência máxima
F_v	Fluorescência variável
F_v/F_m	Rendimento quântico máximo do PSII
FFF	Fluxo de fótons fotossintéticos
Fdr	Ferridoxina
LHCII	Sistema de coleta de luz do fotossistema II
NADPH₂	Nicotinamida adeninina dinucleotídeo fosfato reduzida
PSII	Fotossistema II
P680	Centro de reação do fotossistema II
Qa	Quinona a

EFICIÊNCIA FOTOQUÍMICA DE PLANTAS DE BANANEIRA SUBMETIDAS À APLICAÇÃO DE CAL VIRGEM SOBRE A FOLHA.

RESUMO - A temperatura, a elevada umidade relativa e precipitações pluviométricas estão diretamente relacionadas ao crescimento da bananeira. O comprometimento desses efeitos tem sido pesquisado usando-se medições da eficiência fotoquímica. Embora a bananeira seja uma planta tipicamente de clima tropical, pode apresentar danos fisiológicos por altas temperaturas, em especial em épocas de estiagem. Portanto, o presente trabalho tem como objetivo avaliar os efeitos da aplicação de cal virgem nas folhas da planta de bananeira quanto à eficiência fotoquímica em duas épocas climáticas (seca e chuvosa). O experimento foi realizado no Núcleo de Biotecnologia Agrônômica da Universidade Estadual do Maranhão, em São Luís, onde a variedade de banana utilizada foi a FHIA-18. Quatro plantas foram pulverizadas com uma suspensão de 5% de cal virgem e no tratamento controle, o mesmo número de plantas não recebeu a aplicação do produto. A determinação das medidas foi feita nos horários de 08h00min, 12h00min e às 16h00min e a fluorescência da clorofila *a* foi quantificada pelo equipamento IRGA e Pocket PEA e o teor de clorofila pelo clorofilômetro SPAD-502. Foi utilizado um delineamento em blocos ao acaso (DBC), com 4 (quatro) repetições em esquema fatorial 3x2. Os testes realizados foram o Kruskal – Wallis, para avaliar horários e as duas épocas climáticas, o teste de Man-Whitney, para avaliar os dois tratamentos, ao nível de 5% e o teste de Tukey, a 5%, para comparar médias entre as duas épocas. Os parâmetros avaliados foram: F_0 (fluorescência inicial), F_m (fluorescência máxima), F_v (fluorescência variável) e a relação F_v/F_m (rendimento quântico máximo do fotossistema II). Não houve diferença significativa para F_0 , F_m e F_v na época seca em plantas submetidas a aplicação da cal virgem em todos os horários do dia. Na época chuvosa a F_0 , demonstrou queda no último horário do dia, em relação aos demais. A F_m , na época seca, foram diferentes em todos os horários do dia, no período chuvoso, houve uma tendência crescente das médias sem cal nos horários de 08 e 16 horas. Nas duas épocas avaliadas os valores de F_v/F_m ficaram entre 0,75 - 0,81; o que significa que não houve fotodano. No período chuvoso, as plantas com cal, durante todo o período de avaliação, apresentaram valores SPAD superiores às plantas sem cal, compreendendo índices entre 35 – 50. A cal foi eficiente em manter estável a fluorescência máxima (F_m) ao longo do dia e pode auxiliar a fluorescência da clorofila *a* como uma ferramenta auxiliar no manejo da bananeira.

Palavras-chave: *Musa sp.*, óxido de cálcio, SPAD, eficiência fotoquímica.

PHOTOCHEMICAL EFFICIENCY OF BANANA PLANTS SUBJECT TO THE APPLICATION OF VIRGIN LIME ON THE LEAF.

ABSTRACT: The temperature, high relative humidity and rainfall are directly related to the growth of the banana plant. The commitment of these effects has been researched using photochemical efficiency measures. Although the banana plant is a typical tropical plant, can present physiological damage by high temperatures, especially in times of drought. Therefore, the present study aims evaluate the effects of applying of the virgin lime in the leaves of banana plants on the photochemical efficiency in two seasons climate (dry and rainy). The experiment was realized at the Nucleo for Agronomic Biotechnology, of the State University of Maranhão, São Luís, where the variety of banana used was the FHIA-18. Four plants were sprayed with a suspension of 5% of virgin lime and the control treatment with same number of plants received no product application. The determination of the measurements was made the times of the 8 am, 12 pm, 4 p.m. The chlorophyll a fluorescence was measured by IRGA equipment and Pocket PEA and chlorophyll content by SPAD-502. We used a randomized block design (RBD) with 4 (four) repetitions in a 3x2 factorial arrangement. The tests performed were Kruskal – Wallis, to evaluate schedules and the two climatic seasons, the test of Man-Whitney, to evaluate the two treatments, at the 5% level and the Tukey test, at 5%, to compare means between the two periods. The parameters evaluated were: F_0 (initial fluorescence), F_m (maximal fluorescence), F_v (variable fluorescence) and F_v/F_m (maximum quantum yield). There was no significant difference for F_0 , F_m and F_v in the dry season for plants exposed to application of lime at all schedules of day. In rainy season the F_0 , showed a drop in last hour of day, in relation to others. The F_m , in dry season, were different at all schedules the day in rainy season, there was a growing trend the averages in the plants without cal in schedules 8 am and 4 pm. This same variable and in rainy season, there was an increasing of averages without virgin lime in 8 am and 4 pm. In both periods the values of photochemical efficiency (F_v/F_m) were between 0.75-0.81; what does means that no their photodamage. The plants with virgin lime, throughout the period of assessment, showed SPAD values higher than those plants without virgin lime, particularly in the rainy season, comprising indices between 35-50. The lime was effective in maintaining stable maximal fluorescence throughout the day and can assist chlorophyll fluorescence as an auxiliary tool in the management of banana.

Keywords: *Musa sp.*, oxide calcium, chlorophyll meter SPAD, photochemical efficiency.

1 INTRODUÇÃO

A bananeira (*Musa sp.*) é cultivada em todas as regiões quentes do mundo, produz durante quase todo o ano, é consumida no mundo inteiro e movimentada a economia de diversos países produtores. É bem apreciada, por suas características organolépticas, perdendo apenas para a laranja em comercialização (IBGE, 2011). Além disso, é considerada a fruta mais consumida em todo mundo tanto “in natura” quanto na forma processada. O Brasil é o quarto maior produtor mundial (12% da produção), sendo superado somente pela China, Indonésia e Índia (FAO, 2011).

A bananicultura se desenvolve em extensa região tropical, geralmente por pequenos agricultores, exige temperaturas entre 20 °C e 30 °C, elevada umidade relativa e precipitações acima de 1200 mm bem distribuídas durante o ano para a produção e desenvolvimento, embora tais fatores climáticos limitem a produção (CAYÓN SALINAS, 2004). A temperatura e a altitude estão diretamente correlacionadas ao crescimento da bananeira devido ao fato que exercem efeito sobre a velocidade da maioria dos processos metabólicos, influenciando o ciclo vegetativo, a respiração e a atividade fotossintética.

A ecofisiologia tem auxiliado a compreender a flexibilidade das respostas bem como a capacidade de aclimatação de espécies vegetais às variantes ambientais, relatando, sobretudo, as respostas fotossintéticas das plantas às diversas condições promotoras de estresse. Nesse sentido, fatores ambientais como seca, déficit nutricional e radiação ultravioleta (UV), dentre outros, são frequentemente associados à diminuição da produção de culturas agrícolas, o que torna extremamente importante investigar as respostas fisiológicas de espécies agrícolas a estresses abióticos (MENEZES *et al.* 2011).

Em temperatura ambiente (temperatura fisiológica, 20 a 25 °C), a fluorescência é uma luz emitida e exibe um ponto máximo de emissão na faixa de 682 nm e outro ponto menos pronunciado em 740 nm (KRAUSE E WEIS, 1991). O uso dos parâmetros de fluorescência tem sido difundido por se tratar de um método que, além de não destrutivo, permite uma análise qualitativa e quantitativa da absorção e aproveitamento da energia luminosa pelo FSII e possíveis relações com a capacidade fotossintética (MOUGET E TREMBLIM, 2002; TORRES NETTO *et al.*, 2005, CALATAYUD *et al.*, 2008, FLOWERS *et al.*, 2008, LAGE-PINTO *et al.*, 2008, NAUMANN *et al.*, 2008).

Fatores genéticos e ambientais afetam o crescimento das plantas e seus efeitos têm sido pesquisados usando-se medições da eficiência fotoquímica do fotossistema II (FSII), estimada através da relação entre a fluorescência variável e a fluorescência máxima da clorofila *a* (Fv/Fm) com o uso de fluorômetros. Esta relação expressa o rendimento quântico dos processos fotoquímicos desse fotossistema (LAZÁR, 1999), ou seja, a eficiência relativa da captura de energia luminosa pelo FSII. A análise de fluorescência da clorofila *a* é uma poderosa ferramenta, a fim de estudar a conversão, e a transferência de energia no fotossistema II (GONÇALVES et al., 2001; GONÇALVES SANTOS E JUNIOR, 2005; RIBEIRO et al., 2004).

Atualmente, uma das alternativas pesquisadas é a aplicação foliar de partículas inertes de material refletivo como a caulinita que tem sido usada em condição de campo e casa de vegetação para reduzir a temperatura do dossel e o estresse hídrico (GLENN et al., 2001; PUTERKA et al., 2000).

Na agricultura a cal virgem, é usada para produzir hidróxido de cálcio, que tem por finalidade o controle da acidez dos solos e, na metalurgia extrativa, é utilizado para separar a escória (que contém impurezas, especialmente areia) do ferro, e assim como a caulinita possui o cálcio na sua composição (AOKI, 2009). Sendo assim, torna-se de extrema importância uma compreensão avançada sobre os efeitos da Cal Virgem e dos processos fisiológicos relacionados a fatores ambientais, já que é preciso traçar estratégias de manejo que permitam mitigar os efeitos negativos destes fatores sobre o crescimento e ao desenvolvimento da espécie *Musa sp.*, com expectativas de aumento na produtividade (ALCARDE, 2005).

Como os trabalhos que avaliam a eficiência fotoquímica em frutíferas que aplicam a cal virgem, é escasso, o presente trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar o efeito da aplicação de cal virgem nas folhas da planta de bananeira quanto à eficiência fotoquímica e a quantificação do teor de clorofila em duas épocas climáticas (seca e chuvosa), identificando na bananeira a fotoproteção existente na folha, relacionando a eficiência fotoquímica e a quantificação da clorofila pelo índice de SPAD.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Aspectos Econômicos

O Brasil é o quarto maior produtor do planeta de frutas (12% da produção mundial), sendo superado somente pela China, Indonésia e Índia (FAO, 2011) e o segundo maior produtor de banana, com produção na ordem de 7.023.396 milhões de toneladas de frutas e área colhida de 483.046 mil/ha (IBGE, 2011).

A bananicultura é praticada em todas as regiões fisiográficas do país e possui elevada importância social e econômica. Na região Nordeste do Brasil, é uma das principais explorações agrícolas entre as fruteiras, assumindo importância fundamental por seu valor na alimentação, na fixação de mão de obra no meio rural e por gerar divisas para o país (CORDEIRO E ALMEIDA 2000). Porém, as tecnologias existentes estão concentradas nas mãos de produtores localizados na região sudeste ou daqueles que possuem um maior poder aquisitivo. O produtor familiar explora a cultura de forma rústica e tradicional, fato este que ocasiona baixas produtividades e renda aos produtores (IBGE, 2011). Daí a importância socioeconômica da fruta, pois a banana constitui fonte de alimento primordial em países pobres das faixas tropicais do globo, por sua facilidade de cultivo, simplicidade no preparo, baixo preço e boas características alimentares (SEBRAE, 2008).

Segundo análises de Vilela et al., (2006), a bananicultura se destaca como uma das culturas mais seguras do ponto de vista econômico para os próximos dez anos. Isso porque há pouca expectativa de excesso da produção mundial, o que resultaria em oscilações dos preços internacionais. Diante de diversos cenários de crescimento no Brasil, a banana se manteve no grupo de frutas de menor risco para os produtores.

No Maranhão, a produtividade numa lavoura permanente é de 11,5 t/ha e as principais variedades plantadas são a Pacovan e a Nanicão, embora não seja auto-suficiente na produção de bananas, sua produção alcançou melhores resultados de produtividade aumentando sua área de plantio, que hoje é de 10,5 mil ha (IBGE, 2011). O resultado disso é uma produção de 105.830 toneladas obtidas com o ano safra de agosto de 2012, segundo dados do (IBGE, 2012).

2.1.1 Descrição Botânica: Bananeira (*Musa sp.*)

A Bananeira é uma planta herbácea, caracterizada pela exuberância de suas formas e dimensões das folhas. Possui caule curto e subterrâneo, representado pelo rizoma e o conjunto de bainhas das folhas forma o pseudocaule. O rizoma constitui um órgão de reserva, onde se insere as raízes adventícias e fibrosas e o meristema apical. A folha da bananeira constitui-se de bainha foliar, pseudopecíolo, nervura central e limbo foliar. As bainhas das folhas da bananeira se fixam no rizoma de forma concêntrica, gerando arcos cujas extremidades não se tocam e determinando o aparecimento de um ponto em que se observa um pequeno conjunto de células denominado gema lateral de brotação. A gema apical sofre sucessivas bipartições, dando origem a uma folha com gema lateral de brotação. A bananeira, assim, apresenta tantas gemas laterais quantas forem às folhas geradas (CASTRO et al., 2008).

Segundo Simmonds (1973), as bananeiras de frutos comestíveis são classificadas como plantas do Reino *Vegetal*, originária do sudeste da Ásia e pertencente à Família *Musacea*, Ordem *Scitaminea*, Classe *Monocotyledonea*, Gênero *Musa* e o Subgênero *Eumusa*.

A produção de folhas de uma bananeira compreende o período que se estende do plantio ao florescimento, momento a partir do qual o processo cessa. As partes do cacho são o pedúnculo (engaço), a raque, a inflorescência feminina, a inflorescência hermafrodita e a inflorescência masculina. Os frutos da bananeira se originam das flores localizadas na inflorescência feminina. O “coração” da bananeira é a estrutura que compreende a inflorescência masculina (Lima et al., 2003), dispõem-se numa espiga terminal, com glomérulos androgínicos, o qual, na prática, os glomérulos superiores funcionam como masculino e os inferiores como femininos. Apresenta ainda brácteas em forma de espata. O “fruto”, conhecido como banana, é na verdade, uma pseudobaga (DANTAS E SOARES FILHO, 2000).

A multiplicação da bananeira se processa, naturalmente no campo, por via vegetativa, pela emissão de novos rebentos. Entretanto, o seu plantio também pode ser feito por meio de sementes, processo este usado mais frequentemente quando se pretende fazer a criação de novas variedades ou híbridos. A maioria das cultivares de bananeira originou-se no Sudoeste do Continente Asiático. As cultivares de banana mais difundidas no Brasil são: Prata, Pacovan, Prata Anã, Maça, Mysore, Terra e D'Angola, do grupo AAB, utilizadas unicamente para o mercado interno e responsável por aproximadamente 60% da área cultivada com

banana no Brasil; e Nanica, Nanicão e Grande Naine, do grupo AAA, usadas principalmente para exportação (BORGES et al., 2006).

As principais doenças que afetam a bananicultura brasileira e mundial são: sigatoka-amarela, sigatoka-negra, mal-do-panamá, moko, viroses (topo-em-leque, mosaico e estrias). Doenças de frutos (manchas de frutos, podridão-da-coroa e antracnose). Nematoses (nematóide-cavernícola nematóide-das-galhas, das lesões radiculares e espiraladas). Segundo Siviero e Ledo (2002) a sigatoka-amarela, a sigatoka-negra, juntamente com o mal-do-panamá e o moko da bananeira, são as mais importantes doenças da bananeira do Brasil.

Segundo Borges et al., (2006), nos últimos anos o Programa de Melhoramento Genético da Bananeira da Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical (PMG Bananeira) tem recomendado, em parceria com outras instituições ou não, uma série de novas cultivares, e a FHIA -18 é uma cultivar tetraplóide AAAB, híbrido da prata-anã, geneticamente alterada a partir de uma variedade originária de Honduras, apresenta porte médio, ciclo vegetativo de 353 dias, bom perfilhamento, os cachos podem atingir até 40 Kg, com mais de 10 pencas, possui frutos mais doces que os da Prata Anã e resistência à sigatoka-negra, principal doença da bananeira (figura 1).



Figura1. Foto da Bananeira (*Musa sp.*), variedade FHIA-18.

O tempo de vida médio de um bananal é cerca de 25 anos. A manutenção das plantações por meios mecanizados é dificultada pelo fato de não ser possível manter as bananeiras dispostas de forma regular. Isto se deve ao fato de os novos rebentos crescerem na

periferia do pseudocaulo de forma aleatória em relação à posição original das mudas do tipo chifrão, dando a impressão que as bananeiras vão se movendo pela plantação ao longo do tempo (WONG, *et al.*, 2002).

Recomendam-se para o plantio de banana solos areno-argilosos, ricos em matéria orgânica, de boa profundidade, planos ou levemente inclinados e não sujeitos a inundação. Em períodos longos de estiagem, deve-se recorrer à irrigação, visando uma maior produção e melhor escalonamento da colheita (EMBRAPA, 2003). Considera-se que a banana está apta para a comercialização quando os frutos se encontram fisiologicamente desenvolvidos, ou seja, que atingiram o estágio de desenvolvimento característico da variedade. No entanto, esta não pode ser colhida madura, pois como fruta muito sensível ao transporte e por não se conservar por muito tempo, seu amadurecimento pós-colheita deve se processar em câmaras de climatização, onde são submetidas à maturação sobre controle de temperatura, umidade e ventilação, conseguindo-se um produto final de melhor qualidade e uniformemente amadurecido, de maior valor comercial (CORDEIRO, 2006).

2.1.2 Caracterização Climática da Bananeira

Com relação às exigências climáticas, a bananicultura se desenvolve numa extensa região tropical úmida, geralmente por pequenos agricultores, exige temperaturas entre 20°C e 30°C, elevada umidade relativa, com distribuição de cultura econômica compreendida entre as latitudes 25 °N e 25 °S, apesar de que, encontram-se cultivos de banana em latitudes maiores e precipitações acima de 1200 mm bem distribuídas durante o ano para a produção e desenvolvimento, embora tais fatores climáticos limitem a área de produção (CAYÓN SALINAS, 2004).

A região compreendida por estes paralelos se caracteriza por apresentar elevadas intensidades da radiação solar, o que está fortemente associada a elevadas temperaturas do ar e da folha (REIS, 2007). A temperatura e a altitude estão diretamente correlacionadas ao crescimento da bananeira devido ao fato que exercem efeito sobre a velocidade da maioria dos processos metabólicos, influenciando o ciclo vegetativo e as atividades fotossintéticas e a respiratória.

Para que a implantação da cultura da banana em uma determinada região alcance o máximo retorno econômico, deve-se dar atenção especial aos aspectos climatológicos que afetam esta cultura, que influirão em todo o processo produtivo, principalmente no que se

refere às características de qualidade destas frutas, tanto do ponto de vista organoléptico, como na sua aparência pós-colheita. Deve-se aos principais aspectos climatológicos como: temperatura do ar; umidade relativa; precipitação pluviométrica; altitude e incidência de ventos que influenciam na cultura da banana (EMBRAPA, 2008).

2.1.3 Temperatura e Umidade Relativa (UR)

A temperatura do ar é um fator bastante importante no que se refere às condições climáticas, as quais devem estar condicionadas os cultivos de banana. Segundo Soto (1985), a temperatura do ar influencia diretamente o desenvolvimento das folhas da bananeira. Desta forma, temperaturas altas levam ao fechamento dos estômatos, que conseqüentemente reduz a taxa fotossintética, levando assim, a uma paralisação do crescimento.

Quando estas temperaturas estão entre 38 e 40 °C, o crescimento é cessado, levando a folha a apresentar o limbo estreito, curto e reduzido ao nível do pecíolo. Temperaturas entre 20 a 29 °C levam a uma velocidade de crescimento máxima, considerando-se a temperatura de 28 °C como a temperatura ótima, estando à temperatura de 13 °C, como o limite inferior.

A temperatura é um fator muito importante no cultivo da bananeira, porque influi diretamente nos processos respiratórios e fotossintéticos da planta, estando relacionada com a altitude, luminosidade e ventos. A faixa de temperatura ótima para o desenvolvimento dos bananais é de 26-28 °C, com mínimas não inferiores a 15°C e máximas não superiores a 35 °C. Abaixo de 15 °C a atividade da planta é paralisada e, acima de 35 °C, o desenvolvimento é inibido, principalmente devido à desidratação dos tecidos, principalmente das folhas (EMBRAPA, 2003).

A umidade relativa considerada ideal para o bom desenvolvimento da bananeira é superior a 80%, que acelera a emissão de folhas; prolonga a longevidade da planta; favorece o lançamento da inflorescência e uniformiza a coloração da fruta. A desvantagem é que umidades relativas elevadas (acima de 80%, por exemplo) propiciam boas condições para o desenvolvimento do "Mal de Sigatoka" (EMBRAPA, 2003).

A temperatura e a pluviosidade são dois fatores limitantes do crescimento vegetativo das bananeiras e interferem na produtividade das plantas, uma vez que estão diretamente relacionadas à velocidade da maioria dos processos metabólicos (MELO et al., 2009). Temperatura e disponibilidade hídrica são dois recursos ambientais conhecidos por serem particularmente importante para as respostas funcionais de plantas, geralmente limitando a

biomassa total (TÒTH, 2006; LI, et *al.*, 2010). Alterações na temperatura e na disponibilidade hídrica interferem sobre os processos fotossintéticos principalmente em nível de fotossistema II (FSII) podendo ser visualizados por meio da análise da cinética de indução de fluorescência da clorofila *a* (STRASSER E TSIMILLI, 2001). Os parâmetros cinéticos podem ser facilmente determinados com o uso de fluorômetros portáteis apropriados, e diferem entre si na forma de detecção dos sinais de fluorescência, fornecendo uma série de dados que ajudam a descrever o perfil de funcionalidade dos fotossistemas (BUSSOTTI et *al.*, 2010; MEHTA et *al.*, 2010; YUSUF et *al.*, 2010).

2.1.4 Luminosidade e Precipitação

A luminosidade afeta diretamente o ciclo da bananeira, o tamanho dos cachos, a qualidade e a conservação do fruto. Considera-se como ideal uma insolação (número de horas de brilho solar) maior que 2000 horas/ano, tendo como limite inferior 1000 horas/ano, ainda que a bananeira não suporte sombra em suas folhas (EMBRAPA, 2008).

As melhores produções ocorrem quando as precipitações estão em torno de 1200 mm/ano, preferencialmente de forma bem distribuída durante o ano, entre 100-120 mm/mês (EMBRAPA, 2008).

O excesso de irradiância pode diminuir drasticamente a capacidade fotossintética na planta, contribuindo para a ocorrência de fotoinibição (KITAO et *al.*, 2000). O processo fotoinibitório pode aumentar quando o excesso de irradiância está associado com outros fatores de estresse como deficiência hídrica e as altas temperaturas (LEMOS FILHO, 2000; THOMAS E TURNER, 2001). O fotodano está relacionado principalmente com as mudanças nas propriedades físico-químicas das membranas tilacóide e pela inatividade de transporte de elétrons. Estes fatores causam uma redução no rendimento quântico do PSII, um aumento na dissipação não fotoquímica de energia, e uma diminuição na eficiência de carboxilação, que está provavelmente relacionado para a formação de espécies reativas de oxigênio (GILMORE E GOVINDJEE, 1999).

2.2 Cal Virgem

O Brasil é o sexto país no planeta com maior reserva natural de calcário. A busca de matérias-primas de baixo impacto faz com que esse, e outros materiais, sejam, aos poucos, vistos como sustentáveis. A chamada cal virgem, também denominada cal viva ou cal ordinária, é o produto inicial resultante da queima de rochas calcárias, composto predominantemente dos óxidos de cálcio e magnésio, é um pó de cor branca e sem odor, usado em construções civis e na agricultura como corretivo de acidez (APPCAL, 2011). Não se tem registros na literatura científica, até o momento, da utilização da cal virgem como material refletivo utilizado na agricultura. Normalmente, a cal virgem é utilizada na calagem, via água de irrigação limitadamente por favorecer a formação de precipitados (BORGES E SILVA, 2002).

Similar a Cal Virgem, o uso da caulinita processada permite mitigar o efeito negativo do estresse térmico sobre a fisiologia da planta e da produtividade. O caulim é uma tecnologia baseada em filme de partículas que emprega do meio ambiente um material multifuncional, pois fornece um eficaz controle de insetos, reduz o stress, calor e contribui para a produção de frutas de alta qualidade e produtos hortícolas (GLENN E PUTERKA, 2005).

A caulinita é um material não abrasivo, não tóxico de alumino silicato. Assim como a cal virgem, é um mineral de argila de pó molhável, inerte, que não interfere com a troca gasosa, promove redução da radiação ultravioleta e infravermelha (GLENN E PUTERKA, 2005). As presenças de partículas minerais nas superfícies de folhas e frutos provocam interferência nos processos fisiológicos, principalmente no equilíbrio do calor, da radiação e das trocas gasosas (CANTORE *et al.*, 2009).

2.2.1 SPAD

O teor de clorofilas nas folhas é influenciado por diversos fatores bióticos e abióticos, estando diretamente relacionado com o potencial de atividade fotossintética das plantas (TAIZ e ZEIGER, 2002). Portanto, sua quantificação é relevante no estudo de práticas culturais e de manejo, visando aumentar o potencial fotossintético e o rendimento das espécies frutíferas. O método-padrão para a determinação de clorofilas em laboratório, ainda que fácil, apresenta desvantagens, já que resulta na coleta destrutiva do material vegetal, e é relativamente

demorado, requer tempo necessário para a extração, via maceração com acetona ou outro solvente, e posterior leitura em espectrofotômetro (ARNON, 1949).

Com o advento dos medidores portáteis, que utilizam princípios ópticos não destrutivos, baseados na absorbância e/ou refletância da luz pelas folhas, a determinação de clorofilas tornou-se fácil e rápida, podendo ser realizada diretamente no campo (RICHARDSON *et al.*, 2002) e principalmente em tempo real.

O equipamento SPAD-502 tem sido utilizado na quantificação de clorofilas, caracterizando-se pela rapidez, simplicidade e, principalmente, por possibilitar uma avaliação não destrutiva do tecido foliar. Para a estimativa de clorofilas, a folha é presa entre uma haste flexível e outra rígida, pressionando-se a haste flexível no momento da medição. A haste flexível emite luz, que atravessa o tecido foliar e atinge um receptor (fotodiodo de silicone) na haste rígida, que converte a luz transmitida em sinais elétricos analógicos. Por meio do conversor A/D, esses sinais são amplificados e convertidos em sinais digitais, sendo usados por um microprocessador para calcular a leitura SPAD ("*Soil Plant Analysis Development*").

A determinação do teor de clorofila pelo clorofilômetro apresenta algumas vantagens sobre o método de extração de clorofila. Dentre essas, destacam-se: a leitura pode ser realizada em poucos minutos; o aparelho tem custo mínimo de manutenção, ao contrário de outros testes que exigem compra sistemática de produtos químicos, não há necessidade de envio de amostras para laboratório, com economia de tempo e dinheiro, e podem ser realizadas quantas amostras forem necessárias, sem implicar em destruição de folhas (ARGENTA *et al.*, 2001).

2.3 Fluorescência da Clorofila *a*

Estressores abióticos e bióticos do ambiente, antropogênicos ou não, podem afetar a eficiência fotossintética nas plantas via indução de estresses oxidativos, degradação de clorofilas e de outras modificações nocivas ao aparelho fotossintético (PARK, 2000). Atualmente, é possível realizar avaliações fisiológicas dos efeitos desses compostos, mediante o uso de métodos não invasivos e não destrutivos, como a utilização de analisadores de gás no infravermelho (IRGA) e fluorômetros (SOUZA, 2003).

Quando excitadas, as clorofilas nos fotossistemas podem realizar trabalho fotoquímico, este processo pode induzir o aquecimento e emissão de fluorescência, sendo esse

um processo complexo de dissipação de energia (KRAUSE E WEISS 1991; STRASSER et al., 2000). Uma das resultantes desse processo é a emissão de fluorescência da clorofila *a*, que pode ser usada como indicador da intensidade do estresse (ROGER E WEISS, 2001). Um fator estressante pode afetar as plantas, causando a fotoinibição, que pode se manifestar por alterações nas características da fluorescência, redução do rendimento quântico do fotossistema II (FSII) e do transporte de elétrons e, conseqüentemente, assimilação do CO₂ (GUIDI et al., 2000).

Dados obtidos pela técnica de determinação da fluorescência sugerem que o principal alvo do dano fotoquímico é o fotossistema II (P680). O decréscimo na razão fluorescência variável/ fluorescência máxima (Fv/Fm) é geralmente atribuído à inibição do centro de reação do PSII ou a redução da capacidade de transportar elétrons entre os fotossistemas. Isso protege o aparelho fotossintético dos possíveis danos, que possam ocorrer naturalmente, ou que sejam induzidos por poluentes (KOLBER et al., 1998, RALPH E BURCHETT, 1998).

Os estresses, suas inter-relações com as plantas e com o meio ambiente, podem, em várias situações, serem avaliados por meio da medição da fluorescência da clorofila *a*. Em plantas saudáveis e não estressadas, a relação Fv/Fm (rendimento quântico potencial do fotossistema II) tem valor aproximadamente de $0,80 \pm 0,04$. Todavia, quando as plantas se encontram sob condições adversas de meio-ambiente, essa relação decresce progressivamente. O declínio no rendimento quântico do fotossistema em folhas fotoinibidas é avaliado por um correspondente decréscimo na relação Fv/Fm (KRAUSE E WEISS, 1991; FOYER, 1996; JONES, 1998).

Existe hoje, grande demanda por metodologias não invasivas e não destrutivas para se avaliar impactos ambientais. As plantas vêm sendo cada vez mais usadas como bioindicadores passivos e ativos, uma vez que, em geral são muito sensíveis às modificações que ocorrem no meio e, de maneira geral, alterando parte de seu metabolismo. Cada vez mais parâmetros fisiológicos não invasivos (fluorescência da clorofila *a*, a taxa relativa de elétrons, a assimilação de carbono e a condutância estomática) e invasivos (a quantificação da atividade de enzimas envolvidas nos processos de estresse e os teores de clorofila) têm sido utilizados para demonstrar a ação de fatores estressantes em organismos vegetais isolados ou em seu habitat (GUIDI, et al., 2000; CHO e PARK 2000; MENDELSSOHN, 2001; DIVAN, 2002).

Quando um tecido fotossintetizante é iluminado, ele irá emitir fluorescência

continuamente. Entretanto, a fluorescência contínua *per si* fornece poucas informações sobre os processos fisiológicos. A melhor maneira de obter informações a partir da emissão da fluorescência é por meio de interpretações da cinética de emissão da fluorescência com o tempo. Os estudos com a fluorescência têm-se relacionados com as respostas da fluorescência, após este tecido ter sido mantido no escuro por alguns minutos. Na condição de escuro (centros de reação abertos) várias enzimas do Ciclo de Calvin tornam-se desativadas, sendo ativadas pela luz. Ainda, os metabólitos produzidos no Ciclo de Calvin devem alcançar níveis apropriados para que a fixação do CO₂ possa ocorrer em taxas ótimas. Assim, existe um “período de indução fotossintética” quando se efetua a rápida transferência do tecido fotossintetizante da condição de escuro para a presença da luz. Neste período, a fixação do CO₂ é baixa (CAMPOSTRINI, 2003).

Depois de mantido o tecido fotossintetizante no escuro em tecidos saudáveis, uma adaptação de 15 a 30 minutos é normalmente considerada suficiente (LARCHER E CERNUSCA, 1985). Verifica-se que, após o início da iluminação (T₀/tempo zero), há uma elevação inicial da fluorescência denominada de F₀ (fluorescência mínima ou inicial). O valor F₀ representa a emissão de luz pelas moléculas de clorofilas *a* excitadas, antes de a energia ser dissipada para o centro de reação do PSII (MATHIS E PAILLOTIN, 1981). Desta maneira, esta fluorescência é independente dos eventos fotoquímicos. O valor F₀ (fluorescência inicial) permite entender que a Qa (quinona receptora primária de elétrons do FSII) está totalmente oxidada e o centro de reação do FSII está aberto, situação iminente à ativação das reações fotoquímicas, além disso, é um valor de referência para a determinação das outras variáveis da fluorescência. O aumento de F₀, que, portanto é independente dos eventos fotoquímicos, reflete destruição do centro de reação do FSII ou diminuição na capacidade de transferência da energia de excitação da antena para o centro de reação (BAKER E ROSENQVST, 2004).

Segundos após o tecido fotossintetizante ter sido iluminado com um pulso de luz de elevada intensidade, todos os centros de reação tornam-se fechados (Qa reduzida, Fotoquímica (*Ph*) = 0, dissipação fotoquímica (*quenching*) (*qp*) igual a zero) a fluorescência atinge o nível máximo denominada F_m, que indica a intensidade máxima de fluorescência que ocorre quando praticamente toda Qa está reduzida e os centros de reação são incapazes de aumentar as reações fotoquímicas, atingindo sua capacidade máxima (BAKER E ROSENQVST, 2004). Após o pico chegar a F_m, os elétrons iniciam o fluxo de saída da Qa . Neste ponto, a Qa está parcialmente oxidada e a transferência de elétrons para o PSI, via

complexo citocromo b6/f e plastocianina, ocorre. Nesta fase, o processo fotoquímico está operando com eficiência (CAMPOSTRINI, 2003).

Outro parâmetro da cinética rápida da fluorescência é denominado fluorescência variável (Fv). Fv é o incremento da fluorescência a partir de F_0 até F_m . Na prática, a razão entre a fluorescência máxima (F_m) (toda Qa reduzida) e a fluorescência mínima (F_0) (toda Qa oxidada) é aproximadamente 5 - 6 em tecidos fotossintetizantes saudáveis e adaptados no escuro. Entretanto, esta razão pode variar, dependendo da iluminação e dos tratamentos fisiológicos que afetam principalmente a fluorescência máxima, durante a aplicação do pulso saturante de luz, após o tecido ter sido mantido no escuro, o rendimento quântico do processo fotoquímico reduz para zero e a emissão da fluorescência e a dissipação do calor tornam-se máximos (SCHREIBER et al., 1998).

Björkman e Demmig (1987) determinaram os valores da razão Fv/Fm em um grande número de espécies vasculares. Foi verificado que folhas sadias de várias espécies vegetais apresentaram valores de Fv/Fm em torno de $0,832 \pm 0,004$. Entretanto, Fv/Fm é uma estimativa da eficiência quântica máxima da atividade fotoquímica do FSII, quando todos os centros de reação do FSII estão abertos (BAKER E ROSENQVST, 2004). Essa relação tem sido utilizada frequentemente para detectar perturbações no sistema fotossintético causada por estresses ambientais e bióticos, visto que a diminuição indica inibição da atividade fotoquímica (KONRAD et al., 2005). O sinal básico da fluorescência possui níveis característicos, que refletem o “status” da planta naquele momento, em relação ao seu próprio metabolismo e deste com o ambiente em que se encontra (RIBEIRO et al., 2004; BAKER, 2008).

A fluorescência modulada pode ser medida concomitantemente com as trocas gasosas, por meio de um fluorômetro acoplado no Analisador de gás no infravermelho (Infrared Gas Analyser - IRGA) (IRELAND et al., 1986) ou um eletrodo de oxigênio (SCHREIBER E BILGER, 1987; WALKER, 1987). Possivelmente, o maior potencial da análise da fluorescência em condições de campo será o seu uso em conjunto com as medidas das trocas gasosas. Esta combinação permite determinar *in vivo* a atividade dos pontos chaves do processo fotossintético (BOLHÀR-NORDENKAMPF et al., 1989).

As variações dos fatores do ambiente como cobertura do céu com nuvens, a presença de competição por luz e o auto sombreamento do dossel podem afetar significativamente a intensidade luminosa no ambiente em estudo e, desta maneira, afetar o rendimento quântico

do PSII determinado *in situ* (SCHREIBER et al., 1994). O rendimento quântico apresenta valores elevados em condição de baixa intensidade luminosa em comparação com altas intensidades. Quando se está utilizando fluorômetro em condição de campo, uma observação importante relatada por Marler e Lawton (1994), foi à influência da elevada temperatura nas câmaras utilizadas na adaptação da folha ao escuro. Em condição de campo e em condição de céu limpo, estas minicâmaras são diretamente expostas a elevadas intensidades de luz solar direta que podem causar elevações na temperatura dessas minicâmaras e podem influenciar significativamente os valores de F_o , F_m e da relação F_v/F_m . Nestas condições, os autores propõem metodologias que reduzem a interceptação direta do fluxo de fótons fotossintéticos (FFF), cobertura com papel alumínio, como exemplo e/ou uma padronização na orientação das minicâmaras, para reduzir o efeito da temperatura sobre as variáveis da fluorescência.

A técnica da fluorescência da clorofila *a* tem sido praticada expansivamente na determinação do desempenho fotossintético de plantas (BAKER E ROSENQVIST, 2004) e a determinação do índice de concentração de clorofila (AMIRJANI, 2010). Usado como indicador de resposta para determinar o estresse (PAKNEJAD et al., 2009). Além disso, a luz extremamente excessiva recebida pelas plantas, possivelmente, irá danificar pigmentos fotossintéticos e a estrutura tilacoidal das plantas que conduz ao fotodano (LARCHER, 2003) e, definitivamente, a ocorrência de fotoinibição (STANCATO et al., 2002).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Condições de cultivo e material vegetal

Foram realizados dois experimentos no campo, sendo um na época seca e outro na época chuvosa. Os experimentos foram implantados na área experimental do Núcleo de Biotecnologia Agronômica da Universidade Estadual do Maranhão, São Luís-MA, em condições de campo, com latitude S 02° 35' 28,64" e Longitude W 44° 12' 41,59". O solo da área foi classificado como ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico Arênico (EMBRAPA, 1999). Segundo análise física e química do solo realizada no laboratório da Universidade Estadual do Maranhão, situado no Núcleo de Biotecnologia Agronômica (NBA), foi possível observar como se encontrava o solo na área experimental e realizar a adubação e calagem correta. Os dados referentes às características químicas do solo estão apresentados na (Tabela 1). Pela análise química do solo, foi possível determinar os teores de nutrientes existentes e assim recomendar as quantidades de calcário e dos fertilizantes.

Tabela 1. Análise da fertilidade do solo da área de plantio da cultura da bananeira em São Luís, Maranhão, no Núcleo de Biotecnologia Agronômica (NBA) no ano de 2011

ANÁLISE DE SOLO											
M. O g/dm ³	pH	P mg/dm ³	K mmolc /dm ³	Ca mmolc /dm ³	Mg mmolc /dm ³	S.B mmolc /dm ³	H+Al mmolc/d m ³	CTC mmolc /dm ³	V %	K/CTC %	Mg/CTC %
16	4,2	28	1,4	11	3	15,4	38	59,4	29	2,6	5,6

M.O: Materia Orgânica; S.B: Saturação de Bases.

O bananal utilizado, possuía seis anos de implantação e espaçamento 4 x 4 m. Recebeu durante toda a pesquisa os tratos culturais: capina, adubação e irrigação apenas na época seca, na época chuvosa recebeu apenas tratos culturais e adubação. A variedade utilizada no experimento foi a FHIA-18. Nas duas épocas, o experimento foi constituído de dois tratamentos, onde quatro plantas foram pulverizadas com uma solução de 5% de cal virgem e outro não recebeu nenhuma pulverização do produto. A pulverização foi realizada com pulverizador costal de 5 litros.

Na época seca e chuvosa foram realizadas duas aplicações com a cal virgem, com o objetivo de cobrir todo o dossel das plantas. O produto foi aplicado 1 dia antes das medições.

O clima da região, segundo classificação de Köppen (1948) é do tipo Aw', quente e úmido, com temperatura média anual de 26,4 °C, umidade relativa do ar de 82% e precipitação total anual de 2.196 mm (média mensal de 183 mm), sendo 92% das chuvas distribuídas de janeiro a julho (LABMET-NUGEO, 2012). Nas condições maranhenses, as chuvas se concentram no primeiro semestre do ano, período que se convencionou chamar de “inverno”.

Os dados meteorológicos como: temperaturas, umidade relativa do ar e precipitação pluvial acumulada, foram fornecidas pela estação meteorológica do instituto nacional de pesquisas espaciais (INPE), instalada a 300 m do experimento, nos anos de 2011 (figura 2) e 2012 (figura 3).

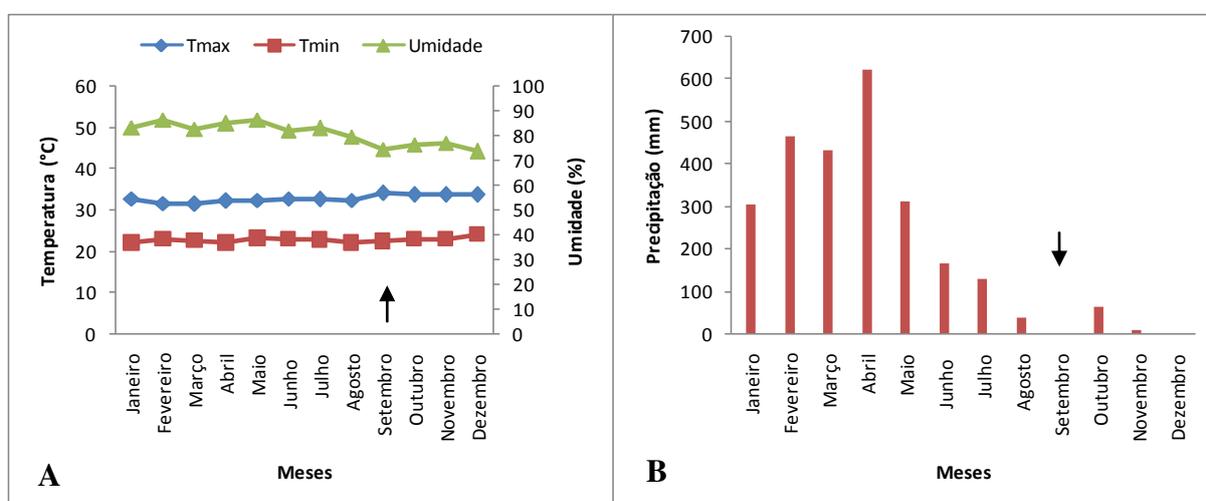


Figura 2. Dados de temperatura máxima e mínima, umidade relativa do ar (A), precipitação pluvial acumulada (B), ano de 2011. As setas indicam o mês das avaliações. *Fonte: INPE, 2012.*

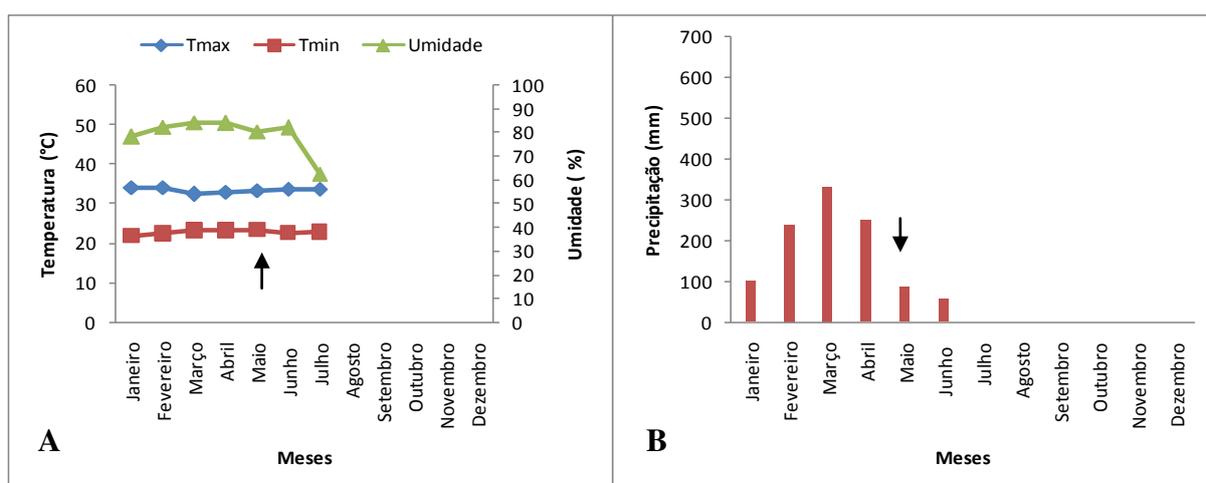


Figura 3. Dados de temperatura máxima e mínima, umidade relativa do ar (A), precipitação pluvial acumulada (B), ano de 2012. As setas indicam o mês das avaliações. *Fonte: INPE, 2012.*

3.1.1 Determinação da Eficiência Fotoquímica

Em quatro plantas do tratamento controle e quatro do tratamento com cal, durante duas épocas climáticas (época seca e época chuvosa) nos horários de 08h00min, 12h00min e de 16h00min, foram determinadas a fluorescência da clorofila *a* por meio do Analisador de gás no infravermelho (Infrared Gas Analyser - IRGA) modelo LI-6400, LI-COR, NE, USA, e pelo Pocket PEA (Plant Efficiency Analyser, Hansatech Instruments, UK) (figura 4), respectivamente, com auxílio de pinças fornecidas pelo fabricante para a adaptação do tecido foliar ao escuro por 30 minutos para que todos os centros de reação adquirissem a condição de abertos (BOLHAR - NORDENKAMPF et al., 1989), em folhas completamente expandidas e crescidas a pleno sol.

Foi utilizada uma folha por planta, na posição do terço médio dos ramos do ano, em plantas jovens e sem frutos. Os dados foram coletados nos meses de setembro de 2011, na época seca, utilizando o IRGA (Infrared Gas Analyser - modelo LI-6400, LI-COR, NE, USA) e no mês de maio de 2012 pelo Pocket PEA (Plant Efficiency Analyser, Hansatech Instruments, UK) na época chuvosa. Por meio do fluorômetro não-modulado e do fluorômetro modulado, foi possível avaliar as seguintes variáveis: F_0 (fluorescência inicial), F_m (fluorescência máxima), F_v (fluorescência variável) e a relação F_v/F_m (rendimento quântico máximo do fotossistema II).



Figura 4. Medições das plantas de bananeira submetida à aplicação de cal virgem: Fluorômetro modulado, época seca (A) e Fluorômetro não-modulado, época chuvosa (B).

3.1.2 Determinação do Teor de Clorofila quantificado pelo SPAD

Na mesma área da folha, no mesmo horário e na mesma época da determinação da eficiência fotoquímica, foram feitas as medições do teor de clorofila, utilizando o SPAD-502 (Minolta, Japão, marca Hansatech) que através da quantidade de luz absorvida pela folha usa a intensidade de cor verde na folha para detectar a quantidade de clorofila presente no dossel da planta (figura 5).

A intensidade de cor verde na folha é detectada no aparelho através da quantidade de luz absorvida pela folha, nos comprimentos de onda (λ) de 650 nm (vermelho) e 940 nm (vermelho distante próximo). A luz absorvida no λ de 650 nm (pelas clorofilas, sem a interferência ocasionada pelos carotenóides) indica a quantidade de clorofilas, enquanto a quantidade absorvida próximo do λ de 940 nm serve como referência interna na compensação da espessura e conteúdo de água da folha (SWIADER E MOORE, 2002). A pequena área do sensor do equipamento (2 x 3 mm) permite sua utilização para a quantificação de clorofilas mesmo em folhas de pequeno tamanho. Esse equipamento tem sido utilizado com sucesso para diagnosticar o estado nutricional de diversas espécies frutíferas, como macieira (PORRO et al., 2001a), videira (PORRO et al., 2001a e 2001b), pessegueiro (THOMIDIS e TSIPOURIDIS, 2005), cítricas (ARAÚJO et al., 2004; ESPOSTI et al., 2003; JIFON et al., 2005), meloeiro (AZIA E STEWART, 2001), entre outras. Todavia, como o equipamento fornece uma leitura em unidades arbitrárias (leitura SPAD de teores de clorofila, na faixa de 0 a 99,9), recomenda-se que o mesmo seja previamente calibrado com as extrações de clorofilas da cultura de interesse (AZIA E STEWART, 2001; UDDLING et al., 2007).

Os dados foram coletados nos meses de setembro de 2011, na época seca e no mês de maio de 2012, na época chuvosa. Cinco leituras por folha (uma folha por planta) foram tomadas a partir da porção mais larga da lâmina foliar, evitando grandes vasos e tiradas às médias de cada leitura no momento da coleta.



Figura 5: Realização de medições de índice de SPAD em plantas submetidas à aplicação de cal virgem.

3.1.3 Análise Estatística

Os experimentos foram instalados em esquema fatorial 3 x 2, sendo constituído por três horários (8; 12 e 16 h) e dois tratamentos (controle e com cal), no delineamento em blocos casualizados, com quatro repetições.

Os experimentos foram analisados individualmente. Os dados obtidos foram submetidos aos testes de normalidade (teste de Lilliefors) e homogeneidade de variâncias (teste de Cochran e Bartlett), até o nível de 10% de probabilidade. As variáveis F_0 (fluorescência inicial), F_m (fluorescência máxima), F_v (fluorescência variável) e índice de SPAD apresentaram normalidade e homogeneidade de variância, não havendo a necessidade de transformação dos dados.

As variáveis que não apresentaram normalidade e homogeneidade de variâncias foram submetidas à transformação. Posteriormente, testou-se a normalidade e homogeneidade de variância.

Após a transformação dos dados, a variável F_v/F_m (rendimento quântico máximo do fotossistema II) não apresentou normalidade e homogeneidade de variância. Assim, os três horários (8, 12 e 16 h) foram comparados pelo teste de Kruskal-Wallis, ao nível de 5% de probabilidade. As épocas (seca e chuvosa) e os tratamentos (controle e com cal) foram comparados pelo teste de Man-Whitney, ao nível de 5% de probabilidade.

Posteriormente, as variáveis que apresentaram normalidade e homogeneidade de variâncias foram submetidas à análise de variância conjunta com o objetivo de comparar as duas épocas de estudo. A comparação das médias dos tratamentos foi realizada pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

O software estatístico utilizado para a execução das análises estatísticas foi o Sistema de Análise estatística (SAEG, versão 9.1) e o software Statistic 7.0.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 FLUORESCÊNCIA DA CLOROFILA “A”

Não houve diferença significativa para F_0 , F_m , F_v nas plantas submetidas a aplicação de cal virgem em todos os horários do dia. O oposto ocorreu para o tratamento controle. Houve efeito dos tratamentos para o horário de 8:00 e 16:00, para todas as variáveis F_0 , F_m e F_v . Na época seca, os valores de F_0 nos horários de 08h00min e 16h00min são maiores no tratamento com cal do que no tratamento controle. Estas variáveis não apresentaram diferença entre os tratamentos às 12:00. Quando a planta recebe maior incidência solar, apresentou maiores valores de F_0 às 12:00 em relação às 8:00 e 16:00, porém, está variável não apresentou diferença entre os três horários avaliados. Estes resultados estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2. Valores médios para a fluorescência inicial (F_0), fluorescência máxima (F_m), fluorescência variável (F_v) em plantas de bananeira submetidas à aplicação de cal virgem na folha e horários de avaliações realizadas às 8:00; 12:00 e 16:00 horas, na **época seca**, $n=24$ observações

Variável	Tratamento	Horário		
		08h00min	12h00min	16h00min
F_0	Com cal	429,62 Aa	501,59 Aa	492,20 Aa
	Controle	326,61 Bb	495,82 Aa	400,19 Bab
F_m	Com cal	2260,97 Aa	1935,12 Aa	2267,07 Aa
	Controle	1496,95 Bb	2109,59 Aa	1553,91 Bb
F_v	Com cal	1831,35 Aa	1433,53 Aa	1774,87 Aa
	Controle	1170,33 Bab	1613,77 Aa	1153,72 Bb

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

n =número de observações do experimento.

Em se tratando da fluorescência inicial (F_0), presume-se que sua emissão, que ocorre dentro do estágio rápido da fluorescência, representa a energia liberada pelas moléculas de clorofila *a* da antena do fotossistema II, antes dos elétrons migrarem para o centro de reação P 680 (PSII), sendo o componente mínimo do sinal da fluorescência (MATHIS; PALLOTIN, 1981). Portanto, é uma perda fotoquímica que se espera, não influenciável ou pouco influenciável pela presença ou não da cal virgem. Porém, na literatura, muitos resultados, controversos, têm sido apresentados.

Em milho, LU E ZHANG (2000) verificaram que o N não exerce efeito em F_0 , em relação ao fluxo luminoso (densidade de fluxo de fótons), trabalhando com espécies arbóreas, DIAS E MARENCO (2007) encontraram decréscimos na F_0 ao transferir plantas de menor para maior fluxo luminoso e, em temperaturas diferentes, sugerem que a redução é devida a dano na proteína D1 do PSII. Vieira et al., (2010) encontraram em abacaxi cv. Pérola que o sulfato de amônio exerceu efeito sobre a fluorescência inicial (F_0).

Semelhante a pesquisa, Lima et al., (1999) encontraram aumento significativo na F_0 em plantas de feijão submetidas a alto nível de nitrogênio. Avaliando folhas de bananeira (THOMAS E TURNER 2001) percebeu que a fluorescência inicial (F_0) aumentou nas folhas sombreadas.

Segundo Vieira et al., (2010), os valores da fluorescência inicial (F_0), em abacaxizeiro aumentaram devido ao aumento natural da temperatura ao longo do dia e que sua emissão ocorre dentro do estágio rápido da fluorescência. Essa fluorescência representa a energia liberada pelas moléculas de clorofila *a* da antena do fotossistema II antes dos elétrons migrarem para o centro de reação P680 (PSII), sendo o componente mínimo do sinal da fluorescência.

Os menores valores da fluorescência inicial (F_0) foram ao período da manhã, por volta das 8 horas, a partir das 12 horas, a F_0 aumentou e manteve-se até às 16 horas, quando ocorreu declínio, resultados semelhantes aos de Vieira et al., 2010. Estas alterações nos valores de F_0 estão mais relacionadas com as mudanças de temperatura em que as leituras foram feitas ao longo do dia, como encontrado por PORTES (1990), do que com alterações na estrutura do PSII. Comparando ao trabalho de (THOMAS E TURNER 2001), observou-se que os valores médios da fluorescência inicial (F_0) em bananeiras que foram submetidas a sombreamento estavam muito altos em relação aos que foi aplicada uma fina camada de cal virgem sobre a folha da bananeira. Identificando que os valores médios da bananeira na época seca com a

aplicação de cal virgem apresentaram-se bem menores, concluindo, assim, que a cal virgem sobre a folha conseguiu diminuir ainda mais as taxas da fluorescência inicial da bananeira.

A fluorescência máxima (Fm), cujos valores foram semelhantes nas plantas submetidas a aplicação de cal virgem (Tabela 2), nos horários de 08 e 16 horas. Observou-se que ao meio-dia houve uma diferença significativa dos valores médios, mostrando, assim, que as folhas que possuíam a aplicação de cal virgem conseguiu diminuir a incidência da radiação solar no seu horário mais crítico do dia, estabilizando a partir das 16 horas, quando comparado ao tratamento controle. Resultados semelhantes foram mostrados por Martínez-Carrasco *et al.*, (2002) e THOMAS E TURNER (2001), quando identificaram que os menores valores de Fm, revelaram ser um dano no centro de reação do fotossistema II, pois isto apenas ocorre quando a energia de excitação excede a capacidade de dissipação, podendo o fato estar associado ao aumento da temperatura ao longo do dia, já que o aumento na temperatura reduz a Fm. Resultados obtidos por Vieira *et al.*, (2010) mostrou que para o abacaxizeiro ocorreram pequenas reduções de Fm, em maiores concentrações de sulfato de amônio. Em milho, o N reduz Fm de folhas adaptadas ao escuro e, em seguida, submetidas à flash de luz de alta intensidade (LU; ZHANG, 2000).

A cal virgem, visivelmente, conseguiu reduzir a fluorescência máxima (Fm) no horário mais crítico do dia para a planta (meio-dia), tendendo valores na faixa de 1900-2300, diferente do que foi mostrado por THOMAS E TURNER (2001), que ao trabalhar com bananeira, mostra valores médios na faixa de 2200-3400, quando a planta é submetida a déficit hídrico e altas temperatura (Tabela 2).

Para a fluorescência variável (Fv), houve diferença estatística entre os tratamentos (Tabela 2), nos horários de 08 e 16 horas do dia, nas folhas que continham cal virgem. De acordo com BAKER E ROSENQVST (2004), relatam que a resposta mais importante da planta, em se tratando de fluorescência de folhas é a Fv (fluorescência variável). Quanto maior a Fv maior a capacidade da planta em transferir a energia dos elétrons para produção de energia química e valores de Fv/Fm são calculados com essa variável. Esse resultado foi similar ao registrado por Melo *et al.*, (2010), estudando níveis de irrigação na melancia em condições edafoclimáticas semelhantes.

Com valores de F_0 muito próximos e com valores de Fm, variando estatisticamente, é natural encontrar diferença para Fv, já que esta é a diferença entre Fm e F_0 ($Fv = Fm - F_0$). A resposta mais importante da planta, em se tratando de fluorescência de folhas adaptadas ao

escuro, por pelo menos 30 minutos, é a Fv. Quanto maior a Fv maior a capacidade da planta em transferir a energia dos elétrons ejetados das moléculas dos pigmentos para a formação do redutor NADPH, ATP e Fdr e, conseqüentemente, maior a capacidade de assimilação do CO₂ na fase bioquímica da fotossíntese (ROHÁCEK, 2002; BAKER, 2008). Em relação à hora do dia em que as leituras foram feitas, a emissão de fluorescência variável (Fv) foi decrescendo até às 12 horas, recuperando-se depois do meio-dia. A Fv reduziu com a temperatura em que a leitura é feita (PORTES, 1990) e Vieira et al., (2010).

De acordo com a tabela 3, na época chuvosa, os resultados de F₀ foram maiores no tratamento com cal virgem, e com esse decréscimo de F₀ no tratamento controle, possivelmente as plantas submetidas à aplicação da cal tiveram seus centros de reação protegidos, já que houve um agrupamento maior de clorofila nesse período em relação ao tratamento controle. O aumento de F₀, no tratamento controle, por volta do meio-dia até às 16 horas, pode ter sido consequência de danos no centro de reação do PSII ou da redução da capacidade de transferência da energia de excitação da antena para o centro de reação (BAKER; ROSENQVST, 2004). A aplicação de cal virgem apesar, de apresentar médias acima do tratamento controle, mostrou que o aumento da F₀ em plantas sem cal pode ser consequência de danos no centro de reação do PSII, uma vez que os baixos valores de F₀ com cal apenas protegeram os pigmentos antenas e o centro de reação do PSII por manter mais clorofilas agrupadas na folha (Tabela 3).

Tabela 3. Valores médios para a fluorescência inicial (F₀), fluorescência máxima (F_m), fluorescência variável (F_v) em plantas de bananeira submetidas à aplicação de cal virgem na folha e horários de avaliações realizadas às 8:00; 12:00 e 16:00 horas, na **época chuvosa**, n=24 observações

Variável	Tratamento	Horário		
		08h00min	12h00min	16h00min
F ₀	Com cal	575,95 Aa	636,28 Aa	603,52 Aa
	Controle	460,19 Bb	636,78 Aa	561,43 Aa
F _m	Com cal	2950,55Aa	2225,50 Bb	2834,75 Aa
	Controle	2510,27 Bb	2852,08 Aa	2693,29 Aab
F _v	Com cal	2374,60 Aa	1609,07 Bb	2231,22 Aab
	Controle	2050,07 Aa	2215,30 Aa	2131,85 Aa

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade. n= número de observações do experimento.

A fluorescência máxima, na época chuvosa, mostrou valores médios aumentados, nas plantas com cal virgem, o que pode afirmar que a cal virgem exerce efeito positivo sobre a

fluorescência refletida pela folha de bananeira, mostrando que possivelmente parte da luz saturante estava sendo refletida (Tabela 3).

Apesar de ter havido diferença para F_m ao meio-dia, os outros horários avaliados (08 e 16 horas), se observou um comportamento crescente das médias no tratamento controle. As plantas submetidas à aplicação de cal virgem apresentaram valores muito próximos de F_m ao longo do dia. Como as mais expressivas reduções em F_m no tratamento controle foi no primeiro horário, pode-se dizer que são indicativos da debilidade do PSII em reduzir a quinona a (Qa) o acceptor primário de elétrons (STRASSER *et al.*, 2004). Portanto, a tabela 3, apresenta diferença significativa no primeiro horário do dia, elevando a fluorescência máxima, a fim de evitar a debilidade do PSII. Logo, a cal foi eficiente em manter estável a fluorescência máxima (F_m) ao longo do dia. No período chuvoso, houve resultados semelhantes de F_0 e F_m em relação aos resultados do período de seca, possivelmente por conta da falta de chuvas nesse período chuvoso.

Os dados da tabela mostra que a fluorescência inicial obteve valores médios maiores com as folhas que tiveram aplicação da cal virgem, gerando um dano na proteína D1 do PSII, pois o aumento das taxas de F_0 prejudica seu funcionamento, em contrapartida o crescente aumento da fluorescência máxima nas mesmas plantas, faz o equilíbrio da fluorescência variável, permitindo, assim um bom aparato fotossintético.

O aumento de F_v na época seca e chuvosa em plantas que foram aplicadas a cal virgem, ocorreu, provavelmente, em função da energia fotoquímica introduzida na folha ser maior que a capacidade de utilização desta para o processo fotossintético, resultando em decréscimos no (F_v/F_m). Dentro desta perspectiva, os valores de F_v/F_m não apresentaram diferenças entre os tratamentos.

Portanto, não se pode afirmar que a aplicação de cal virgem impede o fotodano do PSII, já que os valores F_v/F_m indicaram que todas as plantas de bananeira apresentavam um bom aparato fotossintético. Resultados semelhantes aos de Catunda *et al.*, (2005) quando avaliou a eficiência fotoquímica em plantas de abacaxi. Nesse sentido, no presente trabalho, ficou evidente que a exposição à radiação no período chuvoso, é uma soma de fatores ambientais, tais como altas temperaturas e a redução do desempenho fotossintético em plantas (Tabela 4).

Tabela 4. Valores médios para a fluorescência inicial (F_0), fluorescência máxima (F_m), fluorescência variável (F_v) em plantas de bananeira submetidas à aplicação de cal virgem na folha e horários de avaliações realizadas às 8:00; 12:00 e 16:00 horas, na época seca e chuvosa, $n=48$ observações

Variável	Tratamento	Horário					
		08h00min		12h00min		16h00min	
		Seca	Chuvosa	Seca	Chuvosa	Seca	Chuvosa
F_0	Com cal	429,62 B	575,95 A	501,59 B	636,28 A	492,20 B	603,52 A
	Controle	326,61 B	460,19 A	495,82 B	636,78 A	400,19 B	561,43 A
F_m	Com cal	2260,97 B	2950,55 A	1935,12 B	2225,50 B	2267,07 B	2834,75 A
	Controle	1496,95 B	2510,27A	2109,59 B	2852,08 A	1553,92 B	2693,29 A
F_v	Com cal	1831,35 B	2374,60 A	1433,53 A	1609,07 A	1774,87A	2231,22 A
	Controle	1170,33B	2050,07 A	1613,77B	2215,30 A	1153,72 B	2131,85A

Médias seguidas pela mesma letra na linha, para cada combinação dos tratamentos (controle e com cal) e horário de avaliação, as épocas não diferem entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade. n =número de observações do experimento.

Na figura 6A, na época seca, os valores da relação F_v/F_m (rendimento quântico máximo do fotossistema II) não apresentaram diferença no primeiro horário (08h00min) entre os tratamentos. Na segunda (12h00min) e terceira (16h00min) medição, não houve diferença entre os tratamentos, cujos valores foram menores nas plantas com cal. Contudo mantiveram, os valores de F_v/F_m menores nos tratamentos com cal virgem, não significa que houve fotodano, pois todos os valores estavam em torno de 0,75 – 0,81. No período chuvoso (figura 6B) os valores de F_v/F_m variaram de 0,70 - 0,83, e assim como as do período de seca, não houve fotodano ao aparato fotossintético, apesar, das médias do tratamento com cal virgem ter sido aproximadas as do tratamento controle.

De acordo com Björkman e Demmig (1987), foi verificado que folhas sadias de várias espécies vasculares apresentavam valores de F_v/F_m em torno de 0,75 - 0,83. De acordo com Naumann et al., (2008), para avaliar mudanças no PSII é necessário estudar as relações de F_v/F_m e o principal parâmetro de estudo é a mudança induzida por estresse ambiental. Valores médios encontrados no rendimento quântico (F_v/F_m) foram encontrados nos trabalhos de Vieira et al., (2010), que apresentou uma faixa em torno de 0,71-0,72. Demonstrando, assim, que há um bom ajuste fotossintético das plantas em estudo.

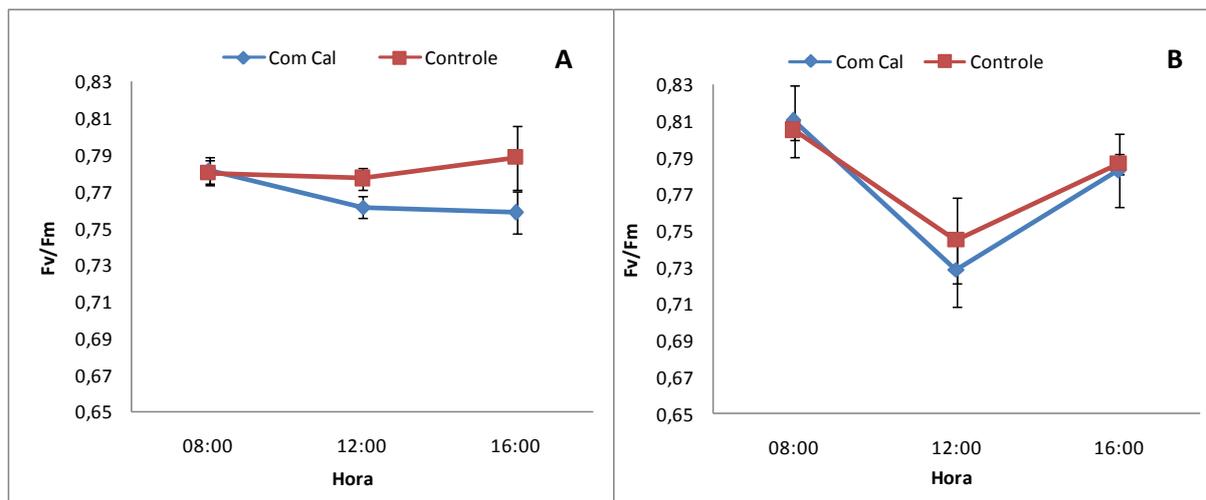


Figura 6. Valores da eficiência fotoquímica, na época de seca (A) e na época chuvosa (B), em folhas de plantas de bananeira, com cal (\diamond) e controle (\square). As barras verticais indicam erro padrão.

Na comparação das médias nas duas épocas, a análise estatística demonstrou que a eficiência fotoquímica, não obteve significância em nenhum horário do dia em relação aos tratamentos estudados, provavelmente por conta do período climatológico atípico que a região demonstrou no período do experimento, pois na época chuvosa, a quantidade de chuva foi bem semelhante ao da época seca (Tabela 5).

Tabela 5. Somatórios dos ranques das épocas (seca e chuvosa) da fluorescência da clorofila *a* relacionando a eficiência fotoquímica (Fv/Fm) das folhas de bananeira com e sem a aplicação da cal virgem, nos três horários de avaliação (8h; 12h e 16h)

Horário	Tratamento	Somatório do	Somatório do	Valor de Z	P-valor
		Ranque Época seca	Ranque Época chuvosa		
8h	Com cal	18,5	17,5	0,14	0,88 ^{NS}
	Controle	19	17	0,28	0,77 ^{NS}
12h	Com cal	17	19	-0,28	0,77 ^{NS}
	Controle	15	21	-0,86	0,38 ^{NS}
16h	Com cal	15	21	-0,86	0,38 ^{NS}
	Controle	14	22	-1,15	0,24 ^{NS}

Somatórios dos ranques na linha, dentro de cada horário de avaliação e tratamentos, são comparados pelo teste de Mann-Whitney, ao nível de 5% de probabilidade.

Na tabela 6, observou que no primeiro horário do dia, nas duas épocas, houve significância no somatório dos ranques dos tratamentos, isso possivelmente se deu pela presença de nuvens no momento das primeiras medições das folhas de bananeira.

Tabela 6. Somatórios dos ranques dos tratamentos (controle e com cal) para a variável eficiência fotoquímica (Fv/Fm) da fluorescência da clorofila *a* das folhas de bananeira para época seca e chuvosa, nos três horários de avaliação (8h; 12h e 16h)

Horário	Época	Somatório do	Somatório do	Valor de Z	P-valor
		Ranque Controle	Ranque Com cal		
8h	Seca	10	26	-2,31	0,020*
	Chuvosa	11	25	-2,02	0,043*
12h	Seca	22	14	1,15	0,24 ^{NS}
	Chuvosa	23	13	1,44	0,148 ^{NS}
16h	Seca	14	22	-1,15	0,24 ^{NS}
	Chuvosa	18	18	0,00	0,99 ^{NS}

Somatórios dos ranques na linha, dentro de cada época e horário de avaliação, são comparados pelo teste de Mann-Whitney, ao nível de 5% de probabilidade.

Na tabela 7, o somatório dos ranks em todos os horários do dia, apresentou comportamento semelhante, aos dados de Naumann *et al.*, (2008) e Vieira *et al.*, (2010), com queda da eficiência fotoquímica ao meio dia e um aumento do rendimento quântico, após as 16 horas, chegando a estabilidade da eficiência fotoquímica, após a última medição diária das folhas de bananeira. Na época chuvosa, o primeiro horário do dia diferenciou estatisticamente do tratamento controle, pois mostrou uma diminuição nos valores de ranks quando avaliado o comportamento do rendimento quântico. Comportamento diferente na época seca, em que todos os horários apresentaram diferenças estatísticas.

Tabela 7. Valores médios dos ranques dos horários (8, 12 e 16h) para a variável eficiência fotoquímica (Fv/Fm) da fluorescência da clorofila *a* das folhas de bananeira para tratamento (controle e com cal), na época seca e chuvosa

Época	Tratamento	Horário	Fv/Fm
Seca	Com Cal	8h	8,5a
		12h	6,25ab
		16h	4,75b
	Controle	8h	10,5a
		12h	3,25c
		16h	5,75b
Chuvosa	Com Cal	8h	10a
		12h	2,75c
		16h	6,75b
	Controle	8h	5,5a
		12h	7,0a
		16h	7,0a

Valores médios dos ranques seguidos de mesma letra, na coluna, dentro de cada época e horário de avaliação, não diferem entre si, pelo teste de Kruskal-Wallis, ao nível de 5% de probabilidade.

4.2 ÍNDICE SPAD

A aplicação de cal sobre a superfície foliar retardou o processo de senescência das folhas de bananeira, quando avaliadas pelo teor de clorofila, à medida que a cal virgem dificultou que a radiação solar permitisse a senescência das folhas de bananeira, visto que existiu agrupamento de clorofila *a* nas folhas com a presença de partículas de cal virgem. As plantas com cal, durante todo o período de avaliação, apresentaram valores SPAD superiores às plantas sem cal, principalmente no período chuvoso, compreendendo índices entre 35 e 50 (Tabela 8). Mostrando, que as 16:00 horas as folhas de bananeira, na época seca quando comparada com a época chuvosa, diferiu significativamente das demais quando houve a aplicação da cal virgem.

Tabela 8. Valores médios para o índice de SPAD em plantas de bananeira submetidas à aplicação de cal virgem na folha e horários de avaliações realizadas às 8:00; 12:00 e 16:00 horas, na época seca e chuvosa e $n=48$ observações

Variável	Tratamento	Horário					
		08h00min		12h00min		16h00min	
		Seca	Chuvosa	Seca	Chuvosa	Seca	Chuvosa
SPAD	Com cal	40,65 A	43,57A	37,85 A	43,07 A	39,45 B	46,87 A
	Controle	45,57 A	49,52 A	45,42 A	47,07 A	45,77 A	47,85 A

Médias seguidas pela mesma letra na linha, para cada combinação dos tratamentos (com cal e controle) e horário de avaliação, as épocas não diferem entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade. n =número de observações do experimento.

A redução da chegada da radiação solar, aos fotossistemas pode ter evitado a degradação da clorofila (TAIZ e ZIEGER, 2008). Logo, a cal permitiu um aumento do tempo de vida da clorofila nos fotossistemas. De acordo com Reis e Campostrini (2008), a maior quantidade de clorofila na folha indica que a planta necessita de maior intensidade luminosa, para que a luz excite a clorofila, pois a região do Maranhão possui radiação solar direta o ano inteiro e apresentou um quadro de chuvas e sombreamento da região inferior a anos anteriores. Acredita-se, que as plantas que apresentaram em suas folhas cal virgem, uma maior quantidade de clorofila na folha agrupada, logo houve uma proteção do mesofilo foliar através do material refletivo. Portanto, o teor de clorofila total estimado pelo medidor SPAD foi afetado significativamente pelo uso da cal em relação ao tratamento controle, nos dois períodos de avaliação, sendo que no período chuvoso, o tratamento com cal apresentou médias superiores aos da época seca.

Avaliando os índices de SPAD em cada época, observaram-se comportamentos diferentes, pois na época seca em todos os horários do dia, as plantas que foram aplicadas cal virgem diferiu significativamente das plantas controle, tendendo a uma diminuição dos valores médios ao longo do dia em relação ao tratamento controle (Tabela 9). Resultados diferentes encontrados por Prado e Vale (2008) e Decarlos Neto et al., (2002), apresentou altos índices de SPAD em experimento conduzido com porta-enxerto de limoeiro cravo.

Tabela 9. Valores médios para índice de SPAD em plantas de bananeira submetidas à aplicação de cal virgem na folha e horários de avaliações realizadas às 8:00; 12:00 e 16:00 horas, na **época seca** e $n=24$ observações

Variável	Tratamento	Horário		
		08h00min	12h00min	16h00min
SPAD	Com cal	40,65 Ba	37,85 Ba	39,45 Ba
	Controle	45,57 Aa	45,42 Aa	45,77 Aa

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

n =número de observações do experimento.

Na época chuvosa, os valores médios, concordaram com a tendência dos índices de SPAD, na época anterior, pois os resultados demonstraram valores aproximados aos da época seca, onde diferiu estatisticamente no primeiro horário do dia no tratamento com cal virgem, quando comparados ao tratamento controle (Tabela 10). Resultados diferentes encontrados por Argenta et al., (2002) que encontrou valores muito altos entre as leituras do clorofilômetro e o teor de nitrogênio foliar e o rendimento na cultura do milho.

Tabela 10. Valores médios para índice de SPAD em plantas de bananeira submetidas à aplicação de cal virgem na folha e horários de avaliações realizadas às 8:00; 12:00 e 16:00 horas, na **época chuvosa** e $n=24$ observações

Variável	Tratamento	Horário		
		08h00min	12h00min	16h00min
SPAD	Com cal	43,57 Ba	43,07 Aa	46,87 Aa
	Controle	49,52 Aa	47,07 Aa	47,85 Aa

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade. n = número de observações do experimento; $DMS_{SPAD}= 2.91$.

Essa diminuição dos valores nas épocas seca e chuvosa, nas plantas com cal virgem, possivelmente foi por conta da alta presença de radiação solar durante todo o período e pela região apresentar condições edafoclimáticas atípicas no período do trabalho. Assim, a necessidade de se estimar o teor de clorofila total das folhas de bananeira foi importante, por que o SPAD conseguiu integrar os diversos fatores ambientais com os teores de clorofila a

com folhas a pleno sol, pois o pico de absorção na faixa vermelha do espectro pela clorofila *a*, está muito mais próxima do comprimento de onda emitido pelo SPAD – 502 (650 nm) (NEVES *et al.*, 2005).

Como na época seca e chuvosa, as folhas expandidas a pleno sol com cal virgem apresentaram índice de SPAD superiores aos do tratamento controle, sob luminosidade intensa e temperaturas altas, identificamos que fisiologicamente a bananeira tentou “evitar” o aquecimento excessivo das folhas, reduzindo a exposição e a absorção de radiação solar através do movimento dos semi-limbos coordenados pela “banda pulvinular”, que constitui um tecido motor responsável pela abertura e fechamento dos semi-limbos, função do seu grau de hidratação (SOTO BALLESTERO, 1992).

Nestas condições, quando o limbo se flexionou e a nervura central se arqueou no período chuvoso, permitiu reduzir consideravelmente a transpiração, facilitando o movimento paraheliotrópico. A flexão do limbo foliar, possivelmente pode ter sido influenciada por nebulosidade e temperatura. Nos dias ensolarados, as folhas flexionaram mais que em dias nublados, especialmente em temperaturas mais altas, mesmo apresentando chuviscos ao longo do dia. Identificamos, também, que a cal virgem possui efeito sobre o movimento paraheliotrópico da bananeira, pois a cal virgem facilita a sua movimentação através da força peso que exerça sobre a planta (Observação pessoal). O mesmo aconteceu em Reis (2003), em mamoeiro, que por meio de medições da fluorescência emitida, não foi verificado o efeito fotoinibitório do processo fotossintético. O autor relatou que esta não detecção do dano fotoinibitório nas folhas das plantas, seja devido ao movimento paraheliotrópico das folhas observado nos horários mais quentes do dia.

Esta adaptação foi importante em ambientes onde a folha está próxima do seu limite de temperatura supraótima e que possivelmente sofra danos por aquecimento adicional oriundo da falta de refrigeração da folha pelo decréscimo da evaporação de água ou pelo aumento da absorção de energia. Segundo Kao e Forseth (1992), em torno do meio dia, a resposta é paraheliotrópico. Esses padrões nas alterações no movimento foliar em relação à luz maximiza a interceptação quando a luz é limitante; e minimizam a interceptação da luz quando este fator está em excesso (LONG *et al.*, 1994). Segundo Gamon e Percy, (1990), em adição ao controle da fotoinibição, o movimento paraheliotrópico apresenta a capacidade de evitar a elevação da temperatura foliar. Na figura 7, demonstra o comportamento do índice de SPAD nas duas épocas estudadas ao longo dos dias.

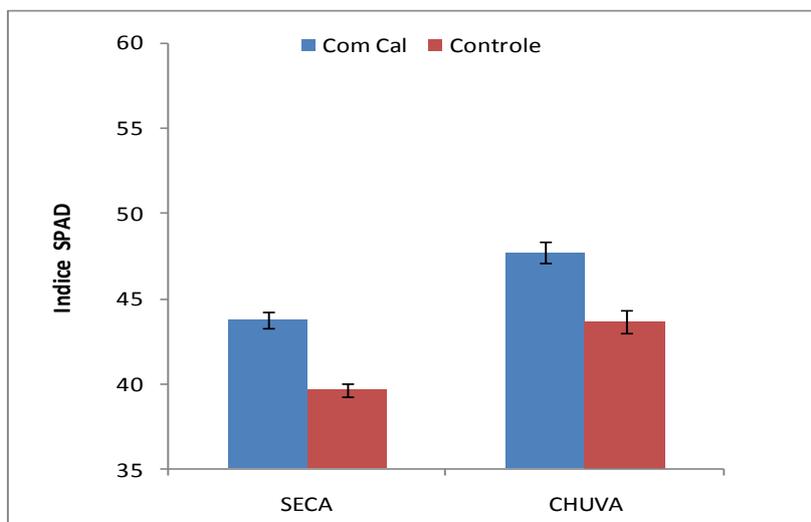


Figura 7. Valores do índice de SPAD na época seca (A) e na época chuvosa (B), em folhas de plantas de bananeira, com cal (◊) e controle (□). As barras verticais indicam erro padrão.

5 CONCLUSÃO

1. Alterações nos valores de fluorescência inicial (F_0), estão relacionadas com as mudanças de temperatura em que as leituras foram feitas ao longo do dia.
2. No horário do meio-dia houve uma diferença significativa dos valores médios da fluorescência máxima (F_m), mostrando, assim, que as folhas que possuíam a aplicação de cal virgem conseguiu diminuir a incidência da radiação solar no seu horário mais crítico do dia, estabilizando a partir das 16 horas, quando comparado ao tratamento controle, identificando um dano fotossintético.
3. A cal foi eficiente em manter estável a fluorescência máxima (F_m) ao longo do dia.
4. Nas duas épocas estudadas (seca e chuvosa), a fluorescência inicial e fluorescência máxima apresentaram valores médios aproximados, por conta da precipitação pluviométrica abaixo da média para a região na época chuvosa.
5. A cal virgem, visivelmente, conseguiu reduzir a fluorescência máxima (F_m) no horário mais crítico do dia para a planta (meio-dia), tendendo valores na faixa de 1900-2300.

6. Na fluorescência variável (Fv), houve diferença estatística entre os tratamentos nos horários de 08 e 16 horas do dia, nas folhas que continham cal virgem.
7. As plantas com cal, durante todo o período de avaliação, apresentaram valores SPAD abaixo às plantas sem cal, principalmente na época seca, compreendendo índices entre 35 e 50. O material refletivo (cal virgem) mantém clorofilas no limbo foliar por mais tempo, retardando a senescência foliar.
8. Nos dois períodos avaliados, os valores da eficiência fotoquímica (Fv/Fm) ficaram entre 0,70 - 0,83.
9. As plantas não apresentaram fotodano, ou seja, todas as plantas avaliadas estavam com o aparato fotossintético funcional.
10. Como na época seca e chuvosa, as folhas expandidas a pleno sol com cal virgem apresentaram índice de SPAD superiores aos do tratamento controle, sob luminosidade intensa e temperaturas altas, identificamos que fisiologicamente a bananeira tentou “evitar” o aquecimento excessivo das folhas, reduzindo a exposição e a absorção de radiação solar através do movimento dos semi-limbos.
11. Como não houve dano ao aparato fotossintético em nenhuma das plantas em estudo, não se pode afirmar que a cal exerce um efeito fotoprotetor no vegetal. Dessa forma, é necessário que estudos futuros sejam feitos, onde as plantas controle apresentem sintomas de estresse por excesso de temperatura e/ou luz para se testar a eficácia da aplicação de cal virgem na prevenção desses estresses.
12. A cal virgem pode auxiliar a fluorescência da clorofila a como uma ferramenta auxiliar no manejo da bananeira.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALCARDE, J.C. Produtos utilizados para a correção da acidez dos solos. Informações Agronômicas **Instituto Brasileiro da Potassa e Fosfato – POTAFÓS**. Piracicaba/SP, nº 34, junho, p.5-9, 2005.

ARGENTA, G.; SILVA, P.R.F. da e BORTOLINI, C.G. Teor de clorofila na folha como indicador do nível de nitrogênio em cereais. **Ciência Rural**, v. 3, p.715-722, 2001.

ARGENTA, G.; SILVA, P.R.F. da; MIELNICZUK, J.; BORTOLINI, C.G. Parâmetros de planta como indicadores do nível de nitrogênio na cultura do milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.37, p.519-527, 2002.

AMIRJANI, M.R. Salinity and photochemical efficiency of wheat. **International Journal. Botany**, v.69, p.273-279, 2010.

AOKI, J.: **Mercado de Construção**, 2010, 9 ed., 10 de fevereiro 2010.

APPCAL; Associação dos produtores de derivados do calcário. Disponível em: <http://www.appcal.com.br/produtos/cal-virgem/>. Acesso: 14/09/2011, 2011.

ARAÚJO, R.A.; SIQUEIRA, D.L.; MARTINEZ, C.A.; FERNANDES, A.R. Características biométricas, índice SPAD-502 e emissão da fluorescência em porta-enxertos de citros. **Revista Ceres**, v.51, n. 294, p.189-199, 2004.

ARNON, D. I. Copper enzyme in isolated chloroplasts. Polyphenol oxidase in *Beta vulgaris* **Plant Physiology**, v.24, p.411-419, 1949.

AZIA, F.; STEWART, K.A. Relationship between extractable chlorophyll and SPAD values in muskmelon leaves. **Journal of Plant Nutrition**, v.24, n.6, p.961-966, 2001.

BAKER, N. R.; ROSENQVST, E. Application of chlorophyll fluorescence can improve crop production strategies: an examination of future possibilities. **Journal of Experimental Botany**, v. 55, n. 403, p. 1607-1621, 2004.

BAKER, B; Chlorophyll Fluorescence: A Probe of Photosynthesis In Vivo. **Annual Review of Plant Biology**, v.59, p.89-113, 2008.

BOLHAR-NORDENKAMPF, H. R.; LONG, S. P.; BAKER, N. R.; OQUIST, G.; SCHREIBER, U.; LECHNER, E. G.. Chlorophyll fluorescence as probe of the photosynthetic competence of leaves in the field: a review of current instrument. **Functional Ecology**, v.3, p.497-514, 1989.

BORGES, A. L.; SILVA, D. J. Fertilizantes para fertirrigação. In: BORGES, A. L. COELHO, E. F.; TRINDADE, A. V. (Org.) Fertirrigação em fruteiras tropicais. Cruz das Almas: **Embrapa Mandioca e Fruticultura**, p. 15-27, 2002.

BORGES, A. L.; COELHO, E. F.; COSTA, E. L.; SILVA, J. T. A. Fertirrigação da bananeira. Cruz das Almas: **Embrapa Mandioca e Fruticultura, Comunicado Técnico**, v.84, 8p, 2006.

BJORKMAN, O., DEMMING-ADAMB B., Photon yield of O₂ evolution and chlorophyll fluorescence characteristics at 77K among vascular plants of diverse origins. **Planta**. v. 170, p. 489-504, 1987.

BUSSOTI, F.; DESOTGIU, R.; CASCIO, C. POLLASTRINI, M.; GRAVANO, E.; GEROSA, G.; MARZUOLI, R.; NALI, C.; LORENZINI, G.; SALVATORI, E.; MANES, F.; SCHAUB, M.; STRASSER, R.J. Ozone stress in Woody plants assessed with chlorophyll a fluorescence. A critical reassessment of existing data. **Environmental and Experimental Botany**, v.73, p. 19-30, 2010.

CALATAYUD, A.; GORBE, E.; ROCA, D.; MARTÍNEZ, P.F. Effect of two nutrient solution temperatures on nitrate uptake, nitrate reductase activity, NH₄⁺ concentration and chlorophyll a fluorescents in rose plants. **Environment Experimental Botany**, v.64: p.65-74, 2008.

CAMPOSTRINI, E.; FLUORESCÊNCIA DA CLOROFILA a: CONSIDERAÇÕES TEÓRICAS E APLICAÇÕES PRÁTICAS, **Apostila de estudo sobre fluorescência**, p.34, 2003.

CASTRO, P. R. C.; KLUGE, R. A.; SESTARI, I. Manual de Fisiologia Vegetal: **Fisiologia dos cultivos** – Piracicaba: Editora Agronômica Ceres, 864p, 2008.

CATUNDA, M.G; FREITAS, S.P; OLIVEIRA, J. G. Effects of herbicides on the photosynthetic activity of pineapple (*Ananas comosus*). **Planta Daninha, Viçosa**, v.23, n.1, p.115-121, 2005.

CAYÓN SALINAS, D.G. Ecofisiologia y productividad Del plátano (Musa AAB Simmonds). **In: REUNIÓN INTERNACIONAL PARA COPERACIÓN EN LA INVESTIGACIÓN DE BANANO EN EL CARIBE Y EM AMÉRICA CENTRAL**, Oaxaca, México. Memorias, San José, Costa Rica: CORBANA, p.172-183, 2004.

CORDEIRO, Z. J. M.; ALMEIDA, C. O. Banana para exportação: aspectos técnicos da produção. Brasília, **EMBRAPA**, 2000.

CORDEIRO, Z. J. M. A cultura da banana/ Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, 3 ed. rev. e amp. – Brasília, DF: **Embrapa Informação Tecnológica**, (Coleção Plantar, 56), 2006.

CHO, U.; PARK, J.O.: Mercury-induced oxidative stress in tomato seedling. **Plant Science**, v.78, p. 83-125, 2000.

DANTAS, J.L.L.; SOARES FILHO, W.S.S.Classificação Botânica, origem e evolução. In: Cordeiro, Z, J.M. Banana Produção: **Aspectos Técnicos**; Brasília: Embrapa, p 12-16, 2000.

DECARLOS NETO, A.; SIQUEIRA, D. L.; PEREIRA, P. R. G.; ALVAREZ V., V. H. Crescimento de porta-enxertos de citros produzidos em tubetes e influenciados por doses de N. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.24, n.1, p.199-203, 2002.

DIAS, D. P.; MARENCO, R. A. Fotossíntese e fotoinibição em mogno e acariquara em função da luminosidade e temperatura foliar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.42, n.3, p.305-311, 2007.

DIVAN, A. M. JR. Impactos das emissões de flúor em Ouro Preto-MG, avaliados mediante bioindicadores vegetais ativos e passivos. Viçosa, UFV. **Tese de Doutorado em Fisiologia Vegetal**, 80p, 2002.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA-CNPS. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: EMBRAPA, 412p, 1999.

EMBRAPA: **Curso de Bananicultura**, 2003.

EMBRAPA MANDIOCA E FRUTICULTURA. **Sistema de Produção**, Versão Eletrônica, ISSN: 1678-8796 v. 10, 2003.

EMBRAPA - Embrapa Mandioca e Fruticultura (Cruz das Almas, BA). Banana. Fitossanidade – Brasília: **Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia**, p. 36-65, 2008.

ESPOSTI, M.D.D.; SIQUEIRA, D.L.; PEREIRA, P.R.G.; VENEGAS, V.H.A.; SALOMÃO, L.C.C.; MACHADO FILHO, J.A.: Assessment of nitrogenized nutrition of citrus rootstocks using chlorophyll concentrations in the leaf. **Journal of Plant Nutrition**, v.26, n.6, p.1287-1299, 2003.

FAO: Food and Agriculture Organization of the United Nations. **The World Banana Economy**, Rome, 2010. Disponível em: <<http://www.fao.org/docrep/007/y5102e/y5102e00.htm>>. Acesso em: 20/04/ 2011.

FLOWERS, M.D.; FISCUS, E.L.; BURKEY, K.O.; BOOKER, F.L.; DUBOIS, J.J.B. Photosynthesis, chlorophyll fluorescence, and yield of snap bean (*Phaseolus vulgaris* L.) genotypes differing in sensitivity to ozone. **Environment Experimental Botany**, v. 61: p.190-198, 2008.

FOYER, C. H. Oxygen metabolism and electron transport in photosynthesis. In: Scandalios, J. (Eds) Oxidative stress and molecular biology of antioxidant defenses. New York, NY: Cold Spring Harbor Laboratory Press, p. 587-621, 1996.

GAMON, J.A., PEARCY, R.W. Photoinhibition in *Vitis californica*: interactive effects of sunlight, temperature and water status. **Plant, Cell and Environment**, v. 13, p.267-276, 1990.

GILMORE, A. M., GOVINDJEE, G. How plants respond to excess light: energy dissipation in photosystem II. In: SINGHAL, G. et al. (Eds) **Concepts in photobiology: photosynthesis and photomorphogenesis**, Narosa Pub., Índia: 1999.

GUIDI, L.; TONINI, M.; SOLDATINI, M.F.: Effects of high light and ozone fumigation on photosynthesis in *Phaseolus vulgaris*. **Plant Physiology and Biochemistry**, v.38, p. 717-725, 2000.

GONÇALVES, J. F. C.; MARENCO, R. A.; VIEIRA, G. Concentration of photosynthetic pigments and chlorophyll fluorescence of mahogany and tonka an under two light environments. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v.13, n.2, p.149-157, 2001.

GONÇALVES, J. F. C.; SANTOS JÚNIOR, U. M. Utilization of the chlorophyll a fluorescence technique as a tool for selecting tolerant species to environments of high irradiance. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v.17, n.3, p.307-313, 2005.

GONÇALVES, J.F.C.; SANTOS-JUNIOR, U.M.; NINA-JUNIOR, R.; CHEVREUIL, L.R. Energetic flux and performance index in copaiba (*Copaifera multijuga* Hayne) and mahogany (*Swietenia macrophylla* King) seedlings grown under two irradiance environments, **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v.19, p. 171-184, 2007.

GLENN, D.M.; PUTERKA, G.J.; DRAKE, S.R.; UNRUH, T.R.; KNIGHT, A.L.; BAHERLE, P.; PRADO, E.; BAUGHER, T.A. Particle film application influences apple leaf physiology, fruit yield, and fruit quality. **Journal American Society Horticultural Science**. V. 126, p. 175-181. 2001.

GLENN, D.M.; PRADO, E.; EREZ, A.; MCFERSON, J.; PUTERKA, G.J.: A reflective, processed kaolin particle film affects fruit temperature, radiation reflection, and solar injury in apple. **Journal American Society Horticultural Science**, v.127, p.188-193, 2005.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Levantamento sistemático da produção agrícola – LSPA. 2011. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br>>. Acesso em: 28 jan. 2011.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Levantamento sistemático da produção agrícola – LSPA. 2011. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br>>. Acesso em: 28 jan. 2012.

INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Disponível em: <http://www.inpe.br/>. Acesso em: 12/08/2012.

IRELAND, C.R.; TELFER, A.; COVELLO, P.S.; BAKER, N.R. BARBER, J. **Journal of Experimental Botany**, v. 37: p. 299, 1986.

JIFON, J.L.; SYVERTSEN, J.P.; WHALEY, E. Growth environment and leaf anatomy affect nondestructive estimates of chlorophyll and nitrogen in *Citrus* sp leaves. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v.130, n.2, p.152-158, 2005.

JONES, H. G. Stomatal control of photosynthesis and transpiration. **Journal Experimental Botany**, v.04, p.387-398, 1998.

KAO, W.Y., FORSETH, I.N. Diurnal leaf movement, chlorophyll fluorescence and carbon assimilation in soybean grown under different nitrogen and water availabilities. **Plant, Cell and Environment**, Oxford, v.15, p.703-710, 1992.

KITAO, M.; LEI, T.T.; KOIKE, T.; TOBITA, H.; MARUYAMA, Y.; MATSUMOTO, Y.; ANG, L.H. Temperature response and photoinhibition investigated by chlorophyll fluorescence measurements for four distinct species of dipterocarp trees. **Physiologia Plantarum**, n.109, p.284-290, 2000.

KOLBER, S.Z., PRÁZIL, O., FALKOWSKI, P.G., Measurement's variable chlorophyll fluorescence using fast repetition rate techniques defining methodology and experimental protocols. **Biochemica et Biophysica Acta**, v.1376, p.88-106, 1998.

KONRAD, M.L.F., SILVA, J.A.B. da, FURLANI, P.R., MACHADO, E.C. Trocas gasosas e fluorescência da clorofila em seis cultivares de cafeeiro sob estresse de alumínio, **Bragantia**, Campinas, v.64, n.03, p. 339-347, 2005.

KÖEPPEN, W. Climatologia: con um estudo de los climas de la Tierra. México: **Fondo de Cultura Economica**, 478p., 1948.

KRAUSE, G.H.; WEISS, E. Chlorophyll fluorescence and photosynthesis: the basics. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, v.42, p. 313-349, 1991.

LAGE-PINTO, F.; OLIVEIRA, J.G.; DA CUNHA, M.; SOUZA, C.M.M.;REZENDE, C.E.; AZEVEDO, R.A.; VITÓRIA, A.P. Chlorophyll a fluorescence and ultrastructure lchanges in chloroplast of water hyacinth as indicators of environmental stress. **Environment Experimental Botany**, v. 64, p.307-313, 2008.

LARCHER, W.; CERNUSCA, A. Bericht der Oesterreichische Akademie der Wissenschaften, v.194: p.45, 1985.

LARCHER, W. Physiological Plant Ecology: Ecophysiology and Stress Physiology of Functional Groups. **Springer- USA**, 4ed, 2003.

LAZÁR, D.: Chlorophyll a fluorescence induction. **Biochimica et Biophysica Acta**, v. 1412, p. 1-28, 1999.

LABMET/ NUGEO. Atlas do Maranhão. UEMA, São Luís-MA, 2012.

LEMOS-FILHO, J.P. Fotoinibição em três espécies do cerrado (*Annona crassifolia*, *Eugenia dysentericae* e *Campomanesia adamantium*) na estação seca e na chuvosa. *Revista Brasileira de Botânica*, v.23, p. 45-50, 2000.

LIMA, J.D.; MOSQUIM, P. R.; MATTA, F. M. da. Leaf exchange and chlorophyll fluorescence parameters in *Phaseolus vulgaris* as affected by nitrogen and phosphorus deficiency. **Photosynthetica**, Prague, v.37, n.1, p.113-121, 1999.

LIMA, M. B.; SILVA, S. de O. FERREIRA, C. F. Banana: O produtor pergunta, a Embrapa responde. Brasília/DF. **Embrapa Mandioca e Fruticultura**, p. 182, 2003.

LI, Y.H, SUN, Z.L, XU, X.L, JIN, M., LIU, Y. J., ZHANG, H., AN, L.Z. Influence of low temperatures on photosystem and expression of the NADPH: photochlorophyllide

oxidoreductase in the alpine, subnival perennial, *Chorispora bungeana*. **Photosynthetica**, v.48, n. 03, p. 457-468, 2010.

LONG, S.P., HUMPHRIES, S., FALKOWSKI, P.G. Photoinhibition of photosynthesis in nature. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, New York, v. 45, p.633-662, 1994.

LU, C.; ZHANG, J. Photosynthetic CO₂ assimilation, chlorophyll fluorescence and photoinhibition as affected by nitrogen deficiency in maize plants. **Plant Science**, Limerick, v.151, p.135-143, 2000.

MARLER, T.; GEORGE, A.P.; NISSEN, R.J.; ANDERSEN, P.C.: In: **Handbook of environmental physiology of fruit crops**. (eds.) Schaffer, B.; Andersen, P.C. C.R.C.; Press, Florida, p. 199, 1994.

MARLER, T. LAWTON, P. Error in Interpreting Field Chlorophyll Fluorescence Measurements: Heat Gain from Solar Radiation. **Horticulture Science**, v.29, n.10, p.1172, 1994.

MARTÍNEZ-CARRASCO, R.; SÁNCHEZ-RODRIGUEZ, J.; PÉREZ, P. Changes in chlorophyll fluorescence during the course of photoperiod and in response to drought in *Casuarina equisetifolia* Forst and Forst. **Photosynthetica**, Prague, v.40, n.3, p.363-368, 2002.

MATHIS, P.; PAILLOTIN, G.: In: *The biochemistry of plants*. (eds.) Hatch, M.D.; Boardman, N.K. **Academic Press, New York**, v.97, 1981.

MEHTA, A.P.; JAJOO, A.; MATHURS, S.; BHARTI, S. Chlorophyll a fluorescence study revealing effects of high salt stress on photosystem II in wheat leaves. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 48, p. 16-20, 2010.

MELO A.S, Jr, C. D. da S, FERNANDES, P.D., SOBRAL, L.F., BRITO, M.E.B., DANTAS, J.D.M. Alterações das características fisiológicas da bananeira sob condições de fertirrigação. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.39, n.03, p.733-741, 2009.

MELO, A. S.; SUASSUNA, J. F.; FERNANDES, P. D.; BRITO, M. E. B.; SUASSUNA, A. F.; AGUIAR NETTO, A. O. Crescimento vegetativo, resistência estomática, eficiência fotossintética e rendimento do fruto da melancia em diferentes níveis de água. **Acta Scientiarum Agronomy, Maringá**, v. 32, n. 1, p. 73-79, 2010.

MENDELSSOHN, I. A., MCKEE, K.L., KONG, T. A comparison of physiological indicators of sub lethal cadmium stress in wetland plants. **Environmental and Experimental Botany**, v.46, p.263-275, 2001.

MENEZES, P. E. S.: Fluorescência da clorofila a e variação da simetria como ferramentas de investigação de plantas sob estresse. **Idesia [online]**, vol.29, n.3, p. 45-52, 2011. ISSN 0718-3429. Acesso em: 26/05/2012.

MOUGET, J.; TREMBLIN, G.: Suitability of the fluorescence monitoring system (FM, Hansatech) for measurement of photosynthetic characteristics in algae. **Aquatic Botany**, v. 74, n. 03, p. 219-231, 2002.

NAUMANN, J.C.; YOUNG, D.R.; ANDERSON, J.E. Leaf chlorophyll fluorescence, reflectance, and physiological response to fresh water and salt water flooding in the evergreen shrub, *Myrica cerifera*, **Environment Experimental Botany**, v. 63: 402-409, 2008.

NEVES, O.S.C.; CARVALHO, J.G.; MARTINS, F.A.D.; PÁDUA, T.R.P.; PINHO, P.J. Uso do SPAD-502 na avaliação dos teores foliares de clorofila, nitrogênio, enxofre, ferro e manganês do algodoeiro herbáceo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.40, n.5, p.517-521, 2005.

PAKNEJAD, F. M., MIRAKHORI, M.J., AL-AHMADI, M.R., A.R. PAZOKI. Physiological response of soybean (*Glycine max*) to foliar application of methanol under different soil moistures. **Journal Agricultural Biology Science**, v. 04, p.311-318, 2009.

PARK, J.O. Mercury induced oxidative stress in tomato seedlings. **Plant Science**, v.156, p.1-9, 2000.

PRADO, R. de M., VALE, D.W. Nitrogênio, fósforo, e potássio na leitura SPAD em porta-enxerto de limoeiro Cravo. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.38, n.04, p.227-232, 2008.

PORTES, T. DE A. A emissão de fluorescência pela clorofila a e o balanço de O₂ como parâmetros de determinação da variabilidade genética condicionante da produtividade em feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). **Tese de Doutorado** – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 96p, 1990.

PORRO, D.; DORIGATTI, C.; STEFANINI, M.; CESCHINI, A. Use of SPAD meter in diagnosis of nutritional status in apple and grapevine. **Acta Horticulturae**, Leven, n.564, p.243-252, 2001a.

PORRO, D.; BERTAMINI, M.; DORIGATTI, C.; STEFANINI, M.; CESCHINI, A. Lo SPAD nella diagnosi dello stato nutrizionale della vite. **Informatore Agrario**, v. 57, n. 26, p. 49-55. 2001b.

PUTERKA, G.J.; GLENN, D.M.; SEKUTOWSKI, D.G.; UNRUH, T.R.; JONES, S.K. Progress toward liquid formulations of particle films for insect and disease control in pear. **Environmental Entomology**, v.29, p. 329-339, 2000.

RALPH, P.J., BURCHETT, M.D., Impact of petrochemical on the photosynthesis of *Halophila ovalis* using chlorophyll fluorescence. *Marine Pollution Bulletin*, v.36, p.429-436, 1998.

REIS, F.O. Trocas gasosas, eficiência fotoquímica e fluxo de seiva xilemática em mamoeiro do grupo 'Formosa' cultivado em condição de campo na região norte fluminense. **Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal)** – Campos dos Goytacazes – RJ, Universidade Estadual do Norte Fluminense – UENF, 2003.

REIS, F.O.: Microasperção sobrecopa em Mamoeiro "Golden": Um estudo relacionado às trocas gasosas, a eficiência fotoquímica e ao fluxo de seiva xilemática. **Tese de Doutorado**, 93p, 2007.

REIS, F. O; CAMPOSTRINI, E. Trocas gasosas e eficiência fotoquímica potencial em mamoeiro do grupo 'Formosa' cultivado em condição de campo. **Bragantia**, vol.67, n.4, p. 815-822, 2008.

RIBEIRO, R.V., SOUZA, G.M, MANZATO, A.G., MACHADO, E. C., OLIVEIRA, R.F.de
.Chlorophyll fluorescence of tropical tree species in a semi-deciduous forest gap. **Revista
Árvore**, v.28, n.1, p.21-27, 2004.

RIBEIRO, R.V.; SANTOS, M.G.; SOUZA, G.M.; MACHADO, E.C.; OLIVEIRA, R.F. de;
ANGELOCCI, L.R.; PIMENTEL, C. Environmental effects on photosynthetic capacity of
bean genotypes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.39, n.7, p.615-623, 2004.

RICHARDSON, A.D.; DUGAN, S.P.; BERLYN, G.P. An evaluation of non invasive
methods to estimate foliar chlorophyll content. **New Phytologist**, Lancaster, v.153, n.1,
p.185-194, 2002.

ROGER, M.J.R., WEISS, O. Fluorescence techniques . In : ROGER, M.J.R. Handbook of
plant ecophysiology techniques. Dordrecht, The Netherlands: **Kluwer Academic Publishes**,
p.155-171, 2001.

ROHÁČEK, K. Chlorophyll fluorescence parameters: the definition, photosynthetic meaning,
and mutual relationship. **Photosynthetica**, Prague, v.40, n.1, p.13-29, 2002.

SAEG. Sistemas para Análises Estatísticas, Versão 9.1: Fundação Arthur Bernardes- UFV-
Viçosa, 2007.

SEBRAE - Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas – **Estudos de
Mercado Sebrae/ESPM**, 38p, 2008.

SIMMONDS, N. W. Los platanos. **Barcelona**: Blume, p.539, 1973.

SIVIERO, A., LEDO, A. DA S.; Avaliação de genótipos de banana à sigatoka-amarela na
Amazônia Ocidental. **Revista Brasileira de Fruticultura, Jaboticabal - SP**, v. 24, n. 3, p.
724-726, 2002.

SCHREIBER, U.; BILGER, W.: Rapid assessment of stress effects on plant leaves by
chlorophyll fluorescence measurements. In: Plant response to stress. (ed.) Tenhunen, G.D.:
Springer Verlag, Berlin, v. 27, 1987.

SCHREIBER, U.; BILGER, W.; NEUBAUER, C.: In: Ecophysiology of photosynthesis. (eds.) Schulze, E.D.; Caldwell, M.M. **Springer**, v.49, 1994.

SCHREIBER, U., BILGER, W. Rapid assessment of stress effects on plant leaves by chlorophyll fluorescence measurements. In: TENHUNEN J.D., CATARINO F.M., LANGE O.L., OECHEL W.C. Plant response to stress. Berlin: **Springer-Verlag**, p.27- 53, 1987.

SCHREIBER, U.; BILGER, W.; HORMANN, H.; NEUBAUER, C. In: Photosynthesis: a comprehensive treatise. **Cambridge University Press**, p.320, 1998.

SOUZA, C.R.; MAROCO, J.P.; SANTOS, T.P.; RODRIGUES, M.L.; LOPES, C.; PEREIRA, J.S.; CHAVES, M.M. Partial rootzone drying: regulation of stomatal aperture and carbon assimilation in field grown grapevines (*Vitis vinifera* cv. *Moscatel*). **Functional Plant Biology**, Collingwood, v.30, p.653-662, 2003.

STANCATO, G.C., MAZZAFERA, P., BUCKERIDGE M.S. Effects of light stress on the growth of the epiphytic orchid *Cattleya forbesii* Lindl. x *Laelia tenebrosa* Rolfe. **Revista Brasileira Botanica**, 2002.

STRASSER, R.J.; TSIMILLI-MICHAEL, M.; SRIVASTAVA, A: Analysis of the Chlorophyll a Fluorescence Transient, and screen photosynthetic samples. In: Yunus, M.; Pathre U.; Mohant P.; (eds), **Probing Photosynthesis: Mechanisms Regulation and Adaptation**. Taylor e Francis, London, UK, p. 445- 483, 2000.

STRASSER, R.J; TSIMILLI, M.: Stress in plants, from daily rhythm to global changes detected and quantified by the JIP-test. **Chim Nouv**, v.75, p. 3321-3326, 2001.

STRASSER, R.J.; TSIMILLI-MICHAEL, M.; SRIVASTAVA, A.: Analysis of the Chlorophyll a Fluorescence Transient. In George C. Papageorgiou and Govindjee (eds) Chlorophyll a Fluorescence: A Signature of Photosynthesis. **Advances in Photosynthesis and respiration Series**, p. 321-362, 2004.

SOTO, M.: **Bananas**. Costa Rica, p. 623, 1985.

SOTO BALLESTERO, M. Bananos; cultivo e comercializacion. 2^a. ed. San José, Costa Rica: **Litografia e Imprensa LIL**, p. 674, 1992.

SWIADER, J.M.; MOORE, A. SPAD: Chlorophyll response to nitrogen fertilization and evaluation of nitrogen status in dryland and irrigated pumpkins, **Journal of Plant Nutrition**, v. 25, n.5, p.1089-1100, 2002.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.: **Plant physiology**. 3. ed. Sunderland: Sinauer Associates, p.690, 2002.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, p.819, 2008.

TORRES - NETTO, A., CAMPOSTRINI, E., OLIVEIRA, J.G. de, BRESSAN-SMITH, R.E. Photosynthetic pigments, nitrogen, chlorophyll a fluorescence and SPAD-502 readings in coffee leaves. **Scientia Horticulturae**, v. 104, n. 02, p. 199-209, 2005.

TÒTH, S.Z. Analysis and application of the Fast Chl a Fluorescence (OJIP) transient complemented with simultaneous 820nm transmission measurements. **PhD Thesis**, University of Geneva, Suíça. p.170, 2006.

THOMIDIS, T.; TSIPOURIDIS, C. Influence of rootstocks, pH, iron supply (in nutrient solutions) and *Agrobacterium radiobacter* on chlorophyll and iron concentration in leaves of a peach variety. **Journal of Plant Nutrition**, v.28, n.10, p.1833-1842, 2005.

THOMAS D.S, TURNER D.W. Banana (*Musa* sp.) leaf gas exchange and chlorophyll fluorescence in response to soil drought, shading and lamina folding. **Science Horticulture**, v.108, p 90-93, 2001.

UDDLING, J.; GELANG-ALFREDSSON, J.; PIIKKI, K.; PLEIJEL, H. Evaluating the relationship between leaf chlorophyll concentration and SPAD-502 chlorophyll meter readings. **Journal Photosynthesis Research**, v.91, n.1, p.37-46, 2007.

VIEIRA, D. A. de P., PORTES, T.A., STACCIARINI-SERAPHIN, E., TEIXEIRA, J.B. Fluorescência e teores de clorofilas em abacaxizeiro cv. Pérola submetida a diferentes concentrações de sulfato de amônio, **Revista Brasileira de Fruticultura, Jaboticabal - SP**, v. 32, n. 2, p. 360-368, 2010.

VILELA, P.S.; CASTRO, C.W.; AVELLAR, S.O.C. Análise da oferta e da demanda de frutas selecionadas no Brasil para o Decênio 2006/2015. Belo Horizonte: **FAEMG**, 2006. Disponível em www.faemg.org.br. Acesso em: 20/04/2011.

WALKER, D.A. The use of the oxygen electrode and fluorescence probes in simple measurements of photosynthesis. Packard Publishing Limited. **Chichester**, p. 182, 1987.

WONG, S., KIEW, R., ARGENT, G., SET, O., LEE, S. K., AND GAN, Y. Y. "Assessment of the Validity of the Sections in Musa (Musaceae) using ALFP." *Annals of Botany* **90**, v.2, 231 – 238, 2002.

YUSUF, M.A.; KUMAR, D.; RAJWANSHI, R. J.; TSIMILLI-MICHAEL, M.; GOVINDJEE,; SARIN, N.B. Overexpression of γ -tocopherol methyl transferase gene in transgenic *Brassica juncea* plants alleviates abiotic stress: Physiological and chlorophyll a, *Biochimica et Biophysica Acta*, v. 1797, p.1428-1438, 2010.