

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO  
CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS E NATURAIS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOLOGIA VEGETAL**

**PRISCILLA NOBRES DOS SANTOS**

**CARACTERÍSTICAS FISIOLÓGICAS E BIOQUÍMICAS DAS BANANEIRAS 'PRATA',  
'JAPIRA' E 'VITÓRIA'**

**Vitória  
2011**

**PRISCILLA NOBRES DOS SANTOS**

**CARACTERÍSTICAS FISIOLÓGICAS E BIOQUÍMICAS DAS BANANEIRAS 'PRATA',  
'JAPIRA' E 'VITÓRIA'**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal do Centro de Ciências Humanas e Naturais da Universidade Federal do Espírito Santo, como parte dos requisitos para obtenção do Grau de Mestre em Biologia Vegetal na Área de Concentração: Fisiologia Vegetal.  
Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Diolina Moura Silva  
Co-orientador: Prof. Dr. José Aires Ventura

**VITÓRIA**

**2011**

Dados Internacionais de Catalogação-na-publicação (CIP)  
(Biblioteca Central da Universidade Federal do Espírito Santo, ES, Brasil)

---

S237c Santos, Priscilla Nobres dos, 1983-  
Características fisiológicas e bioquímicas das bananeiras  
'Prata', 'Japira' e 'Vitória' / Priscilla Nobres dos Santos. – 2011.  
47 f. : il.

Orientadora: Diolina Moura Silva.  
Coorientador: José Aires Ventura.  
Dissertação (Mestrado em Biologia Vegetal) – Universidade  
Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Humanas e  
Naturais.

1. Fluorescência. 2. Clorofila. 3. Pós-colheita. I. Silva,  
Diolina Moura. II. Ventura, José Aires, 1954-. III. Universidade  
Federal do Espírito Santo. Centro de Ciências Humanas e  
Naturais. IV. Título.

CDU: 57

---

# PRISCILLA NOBRES DOS SANTOS

## CARACTERÍSTICAS FISIOLÓGICAS E BIOQUÍMICAS DAS BANANEIRAS 'PRATA', 'JAPIRA' E 'VITÓRIA'

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal do Centro de Ciências Humanas e Naturais da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Biologia Vegetal na área de concentração Fisiologia Vegetal.

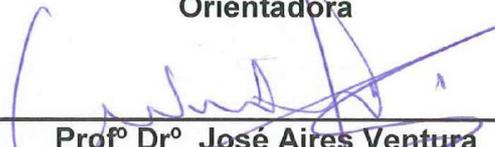
Aprovada em 22 de Fevereiro de 2011

### COMISSÃO EXAMINADORA



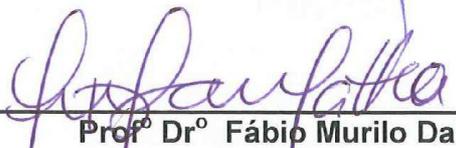
**Profª Drª Diolina Moura Silva**

Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal-UFES  
**Orientadora**



**Profº Drº José Aires Ventura**

Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal - UFES  
**Co-orientador**



**Profº Drº Fábio Murilo DaMatta**

Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal - UFES  
**Examinador Interno**



**Profº Drº Marcos Antonio Bacarin**

Universidade Federal de Pelotas – UFPel  
**Examinador Externo**

*A Camilly e a todas as crianças,  
futuras pesquisadoras!*

## AGRADECIMENTOS

Minha eterna gratidão:

À Universidade Federal do Espírito Santo e ao Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal, pela oportunidade de aprendizado;

À Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Diolina, pela orientação, ensinamentos e amizade, desde a graduação;

Ao Prof. Dr. José Aires Ventura, pela co-orientação com sugestões sempre tão pertinentes;

Ao Prof. Dr. Fábio da Matta e aos seus orientandos, pelo apoio e contribuição em parte dos experimentos;

À FAPES, pela bolsa concedida para realização deste estudo;

Ao Ministério de Ciência e Tecnologia, pelo apoio financeiro;

As Prof<sup>as</sup> Dr<sup>as</sup> Maria do Carmo e Valéria Fernandes, sempre gentis e atenciosas;

Aos funcionários da Fazenda Experimental do Incaper, em Alfredo Chaves, pela acolhida e receptividade durante o período de coleta do experimento;

Aos colegas de mestrado da turma 2009, pelos bons momentos partilhados;

Aos grandes companheiros de laboratório, pelo profissionalismo e carinho tão valiosos: Rê, Mari, Sabris, Sigrid, Gabi, Wilka, Magdíssima, Jojo, Viny, Leo, Maísa, Grilo e a tantos outros que contribuíram para a minha formação;

A Beth, bem mais que uma simples funcionária, uma grande “personalidade”;

A Carlinha, sempre tão prestativa e atenciosa;

Às minhas meio-irmãs de “República”, pelo convívio diário de amizade e solidariedade: Drica, Cris, “Carois” (Lina e Lini), Mila e Rafa;

A Mônica, pelas longas caminhadas no “calçadão”, que me fizeram pensar no mundo de uma forma diferente;

Ao Guilherme, pelas conversas tão construtivas;

Aos meus amáveis cunhados: André e Jack;

Aos meus irmãos, Elisangela, Juirana e Maghaiver, pelos laços afetivos tão fortes e inabaláveis;

Aos meus pais, Jorge e Neni, pelo carinho e ensinamentos essenciais;

A minha sobrinha Camilinha, por ser tão especial nos seus gestos singelos, porém eficazes em me trazer a paz e a tranquilidade em momentos conturbados.

“... Porque qualquer um, independentemente das habilitações que tenha, ao menos uma vez na sua vida fez ou disse coisas muito acima da sua natureza ou condição, e se a essas pessoas pudéssemos retirar do quotidiano pardo em que vão perdendo os contornos, ou elas a si próprias por violência se retirassem de malhas e de prisões, quantas maravilhas seriam capazes de obrar, que pedaços de conhecimento profundo poderiam comunicar, porque **cada um de nós sabe infinitamente mais do que julga e cada um dos outros infinitamente mais do que neles aceitamos reconhecer...**”

José Saramago (A Jangada de Pedra)

## RESUMO

A bananicultura no Brasil e no estado do Espírito Santo apresenta, em parte, caráter essencialmente familiar, constituindo-se como uma importante fonte de renda para os pequenos produtores rurais. Além dos fatores bióticos, a temperatura e a pluviosidade são fatores relacionados diretamente com o crescimento da bananeira, pois exercem efeito sobre a velocidade da maioria dos processos metabólicos, no ciclo vegetativo e na atividade fotossintética e respiratória. Dessa forma, este trabalho tem por objetivo avaliar as respostas fisiológicas e bioquímicas de bananeiras cultivadas *in situ* – Prata (AAB), Japira (AAAB) e Vitória (AAAB) – em dois do estágio do desenvolvimento (Planta-Mãe e Planta-Filha). Os resultados mostram que o desempenho fotoquímico das folhas das três cultivares ficou bastante comprometido no mês de junho, período caracterizado por temperaturas mais baixas. Um menor aproveitamento de energia pode ter sido causado por uma maior desestabilização das membranas, que, conseqüentemente, pode ter sido determinante para a obtenção de um menor índice de clorofilas totais. Das cultivares analisadas, a cv. Prata foi a que apresentou uma resposta fisiológica menos tolerante às alterações nos fatores abióticos. As cultivares Japira e Vitória apresentaram respostas fisiológicas bem semelhantes, o que pode ser explicado pela sua maior proximidade filogenética. Os teores de nutrientes não apresentaram diferenças significativas entre os meses e as cultivares. No entanto, em relação à formação do fruto foram bastante significativas. As cultivares Japira e Vitória estabeleceram, na fase pré-colheita, um bom rendimento químico que, possivelmente, favoreceu a formação dos frutos.

**Palavras-chave** – Fluorescência da clorofila *a*, pigmentos, peroxidação lipídica, nutrientes e pós-colheita.

## ABSTRACT

Banana's culture in Brazil and in the state of Espírito Santo presents, in parts, an essential peculiar character, constituting an important source of income for small rural producers. Besides biotical factors, temperature and pluviousity are directly related to the banana tree's growing, because they provoke an effect upon the speed of most metabolic processes, influencing the vegetative cycle, the photosynthetic activity and the breathing activity. Therefore, this assignment has the purpose to evaluate the physiological and biochemical responses of banana trees grown *in situ* – Prata (AAB), Japira (AAAB) and Vitória (AAAB) – in two cycles of development stage – Mother-plant and Child-plant. The results show that the photochemical behavior of the three cultivars leaves got very compromised in June, a month when temperatures are usually low. A smaller use of energy might have been caused by a bigger destabilization of the membranes, which, as a consequence, might have been determinant for obtaining a smaller rate of total chlorophylls. Among the cultivars analyzed, the physiological behavior of cultivar Prata were the less tolerant to the changes in the non-biotical factors. The cultivars Japira and Vitória presented similar physiological responses, which can be explained for its philogenetic proximity. The nutrients contents did not present significant differences between the months and the cultivars. However, they were pretty significant when ones check the fruit formation. The cultivars Japira and Vitória established, before harvest, a good chemical performance that possibly have favored the fruits formation.

**Keywords:** Chlorophyll a fluorescence, pigments, lipid peroxidation, nutrients and after harvest.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b>	Representação esquemática para o procedimento de amostragem do tecido para análise foliar (Fonte: MARTIN-PREVEL, 1977) .....	21
<b>Figura 2</b>	Escala de maturação de Von Loesecke (fonte: Cartilha de classificação CEAGESP) .....	23
<b>Figura 3</b>	Esquema demonstrando as medidas tomadas para comprimento e diâmetro dos frutos (modificado de Cavatte, 2008) .....	24
<b>Figura 4</b>	Diagrama climático da Fazenda Experimental do Incaper em Alfredo Chaves – ES durante o período de estudo (Janeiro a Julho de 2010). Em <b>A</b> : Precipitação; T Máx – temperatura máxima mensal; T Mín – temperatura mínima mensal; T Méd – temperatura média. As setas pontilhadas indicam os períodos de coletas dos dados. Em <b>B</b> : Disponibilidade hídrica do solo.....	27
<b>Figura 5</b>	Evolução do desempenho fotossintético baseada na fluorescência transiente (OJIP) em folhas de bananeiras em estágio reprodutivo (Planta-Mãe): Prata (PM), Japira (JM) e Vitória (VM), adaptadas ao escuro. Figura <b>A</b> : fluorescência transiente (tempo em escala logarítmica). Figura <b>B</b> : fluorescência relativa total (tempo em escala logarítmica). Símbolos cheios, valores referentes ao mês de março; símbolos vazios, junho. (n=7)	29
<b>Figura 6</b>	Evolução do desempenho fotossintético baseada na fluorescência transiente (OJIP) em folhas de bananeiras em estágio reprodutivo (Planta-Mãe): Prata (PM), Japira (JM) e Vitória (VM), adaptadas ao escuro. Figura <b>A</b> : $W_{OJ} = (F_t - F_0) / (F_J - F_0)$ , fluorescência normalizada em O-J (tempo linear), e no eixo vertical secundário, sua diferença representando a Banda K. Figura <b>B</b> : $W_{OK} = (F_t - F_0) / (F_K - F_0)$ , fluorescência normalizada em O-K (tempo linear), e no eixo vertical secundário sua, diferença representando a Banda L. Símbolos cheios, valores referentes ao mês de março; símbolos vazios, junho. (n=7) .....	30

- Figura 7** Evolução do desempenho fotossintético baseada na fluorescência transiente (OJIP) em folhas de bananeiras em estágio vegetativo (Planta-Filha): Prata (PF), Japira (JF) e Vitória (VF), adaptadas ao escuro. **A:** fluorescência transiente (tempo em escala logarítmica). Figura **B:** fluorescência relativa total (tempo em escala logarítmica). Símbolos cheios, valores referentes ao mês de março; símbolos vazios, junho. (n=7) 31
- Figura 8** Evolução do desempenho fotossintético baseada na fluorescência transiente (OJIP) em folhas de bananeiras em estágio vegetativo (Planta-Filha): Prata (PF), Japira (JF) e Vitória (VF), adaptadas ao escuro. Figura **C:**  $W_{OJ} = (F_t - F_0) / (F_J - F_0)$ , fluorescência normalizada em O-J (tempo linear), e no eixo vertical secundário, sua diferença representando a Banda K. Figura **D:**  $W_{OK} = (F_t - F_0) / (F_K - F_0)$ , fluorescência normalizada em O-K (tempo linear), e no eixo vertical secundário sua, diferença representando a Banda L. Símbolos cheios, valores referentes ao mês de março; símbolos vazios, junho. (n=7) ..... 32
- Figura 9** Valores relativos de cinética de emissão da fluorescência da clorofila a nas cultivares Prata (P), Japira (J) e Vitória (V) nos dois estádios do desenvolvimento: Planta-Mãe (M) e Planta-Filha (F), sendo **A** e **C** referentes as medidas do mês de março **B** e **D**, medidas do mês de junho. Os valores plotados nos gráficos, das cultivares Japira e Vitória, são relativos a cultivar Prata, ao qual foi atribuído valor igual a 1 ..... 34
- Figura 10** Índice de clorofila total em folhas de plantas de bananeiras obtidos nos meses de março e junho em dois estádios do desenvolvimento: reprodutivo= Planta-mãe e vegetativo= Planta-filha, onde: PM= Prata mãe; PF=Prata Filha; JM=Japira Mãe; JF=Japira Filha; VM=Vitória Mãe e VF=Vitória Filha. Letras maiúsculas denotam diferenças significativas entre médias de tratamentos dentro da mesma cultivar e letras minúsculas denotam diferenças significativas entre as médias entre as cultivares. Diferenças significativas a 5% pelo teste de Tukey (n=7) ..... 35

**Figura 11-** Concentração de aldeído malônico (MDA) em folhas de plantas de bananeiras obtidos nos meses de março e junho em dois estádios do desenvolvimento: reprodutivo= Planta-mãe e vegetativo= Planta-filha, onde: PM= Prata mãe; PF=Prata Filha; JM=Japira Mãe; JF=Japira Filha; VM=Vitória Mãe e VF=Vitória Filha. Letras maiúsculas denotam diferenças significativas entre médias de tratamentos dentro da mesma cultivar e letras minúsculas denotam diferenças significativas entre as médias entre as cultivares. Diferenças significativas a 5% pelo teste de Tukey (n=7) .....

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b>	Teores de elementos essenciais presentes nos solos coletados ao redor de cada touceira de bananeira, cultivar Prata, Japira e Vitória da Fazenda Experimental do Incaper em Alfredo Chaves/ES .....	37
<b>Tabela 2</b>	Teores de macro (g/kg) e micronutrientes (mg/kg) nutrientes de folhas de bananeiras cultivares Prata, Japira e Vitória nos dois estádios do desenvolvimento (Planta-Mãe e Planta-Filha) nos dois meses avaliados março (M) e junho (J) da Fazenda Experimental do Incaper em Alfredo Chaves/ES .....	38
<b>Tabela 3</b>	Valores das principais características físicas dos frutos das bananeiras cultivares Prata, Japira e Vitória bananeiras cultivares Prata, Japira e Vitória da Fazenda Experimental do Incaper em Alfredo Chaves/ES avaliados no estádio 4 de amadurecimento .....	38
<b>Tabela 4</b>	Características físicas, químicas e físico-químicas de frutos de bananeiras cultivares Prata, Japira e Vitória da Fazenda Experimental do Incaper em Alfredo Chaves/ES nos meses de março e junho, durante o período de amadurecimento (dias após a colheita - DAC) .....	39

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

### Dados extraídos da Fluorescência transiente OJIP e parâmetros extraídos

$F_t$	Fluorescência no tempo $t$ após o início da iluminação actínica;
$F_0 \cong F_{50\mu s}$	Fluorescência mínima, registrada aos 50 $\mu s$ (assume-se que todos os centros de reação (CR) estão abertos);
$F_{300\mu s}$	Intensidade da fluorescência aos 300 $\mu s$ ;
$F_J = F_{2ms}$	Intensidade da fluorescência no ponto J (2 ms) da curva OJIP;
$F_I = F_{30ms}$	Intensidade da fluorescência no ponto I (30 ms) da curva OJIP;
$F_P$	Intensidade máxima de fluorescência registrada no pico P da curva OJIP;
$F_M$	(= $F_P$ ) Fluorescência máxima, quando todos os CR estão fechados;
$F_V = (F_M - F_0)$	Fluorescência variável máxima;
$V_t = (F_t - F_0)/(F_M - F_0)$	Fluorescência variável relativa no tempo $t$ ;

### Fluxos específicos de energia por centro de reação do FSII

ABS/RC	Fluxo de energia absorvida (pelas clorofilas da antena);
TR <sub>0</sub> /RC	Fluxo de energia capturada (levando à redução da Quinona A - Q <sub>A</sub> );
DI <sub>0</sub> /RC	Fluxo de energia dissipada;
ET <sub>0</sub> /RC	Fluxo de elétrons transportados (para além de Q <sub>A</sub> );

### Rendimento quântico

$\Phi_{P_0} = F_V/F_M = TR_0/ABS$	Rendimento quântico máximo do FSII;
$\Phi_{E_0} = \Phi_{P_0} \cdot \Psi_{E_0} = ET_0/ABS$	Rendimento quântico máximo do transporte de elétrons;
$\Phi_{R_0} = \Phi_{P_0} \cdot \Psi_{E_0} \cdot \delta_{R_0} = RE_0/ABS$	Rendimento quântico para a redução dos aceptores finais de elétrons do Fotossistema I (FSI);
$\Phi_{D_0} = 1 - \Phi_{P_0} = F_0/F_M$	Rendimento quântico para a dissipação de energia no tempo 0;

### Eficiência quântica

$\Psi_{E_0} = (1 - V_J) = ET_0/TR_0$	Eficiência/probabilidade para um elétron se mover além de Q <sub>A</sub> ;
--------------------------------------	--

$$\delta_{R0} = (1-V_1) = RE_0/ET_0$$

Eficiência com que um elétron pode mover-se da cadeia transportadora de elétrons até os aceptores finais de elétrons do FSI;

**Índice de desempenho (produto de termos que expressam os potenciais parciais nas etapas de bifurcações de energia)**

$$PI_{ABS} = [RC/ABS] [\varphi_{P0}/(1-\varphi_{P0})] [\psi_{E0}/(1-\psi_{E0})]$$

Índice de desempenho (potencial) para a conservação de energia dos fótons absorvidos pelo FSII para a redução dos aceptores de elétrons do intersistema;

$$PI_{ABS,TOTAL} = PI_{ABS} \cdot \delta_{R0} / (1 - \delta_{R0})$$

Índice de desempenho (potencial) para a conservação de energia dos fótons absorvidos pelo FSII para a redução dos aceptores finais do FSI

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	17
<b>2</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS</b>	20
2.1	PRÉ-COLHEITA	20
2.1.1	Material vegetal e Condições de Amostragem	20
2.1.2	Cinética de emissão da fluorescência da clorofila a	21
2.1.3	Índice de clorofila total	22
2.1.4	Peroxidação lipídica	22
2.1.5	Análises químicas do solo e das plantas	22
2.2	PÓS-COLHEITA	23
2.2.1	Coleta e amostragem dos frutos	23
2.2.2	Massa fresca dos frutos	23
2.2.3	Comprimento e diâmetro dos frutos	24
2.2.4	Relação polpa/casca	24
2.2.5	Espessura da casca	24
2.2.6	Firmeza da polpa	24
2.2.7	Preparação do filtrado do suco da polpa de banana	25
2.2.8	Potencial hidrogeniônico (pH) e Ácidez titulável (AT)	25
2.2.9	Sólidos Solúveis (SS)	25
2.3	ANALISE ESTATÍSTICA	26
<b>3</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b>	27
<b>4</b>	<b>CONCLUSÕES</b>	41
<b>5</b>	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	42

## 1 INTRODUÇÃO

A bananicultura exerce grande destaque no agronegócio do estado do Espírito Santo - principalmente na região sul - sendo responsável pela geração de emprego e renda para os produtores, em sua maioria de base familiar, os quais estão envolvidos tanto no processo de produção quanto no de comercialização (COSTA et al., 2006).

Considerando-se que mais de 90% da produção de bananas no Espírito Santo é originada de pequenas propriedades, e que o plantio é feito em áreas geograficamente acidentadas - as quais inviabilizam o controle químico tradicional de pragas e doenças - é de extrema importância o plantio de bananeiras com a menor relação custo-benefício: alta produtividade, tolerância a pragas, porte adequado, resistência à seca e ao frio e que tenha preferência dos consumidores (VENTURA et al., 2005; DONATO et al., 2006). Com intuito de obter bananeiras com essas características, desde 1976, o Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Expansão Rural (Incaper) vem desenvolvendo pesquisas com o melhoramento genético da bananeira a partir de um banco de germoplasma.

Os resultados mais promissores são as cultivares 'Japira' e 'Vitória' (híbridos tetraplóides (AAAB), obtidos do cruzamento entre o parental feminino cv. Pacovan, triploide (AAB) e o parental masculino M53, diplóide (AA). Essas cultivares apresentam boa produtividade e resistência às principais pragas e doenças (VENTURA et al., 2007), atributos que têm contribuído para que o produtor dê preferência a elas em detrimento da cv. Prata. Em decorrência desse processo de mudança, as cv. Japira e Vitória já representam grande parte do que é produzido na bananicultura do sul do estado do Espírito Santo.

Após a obtenção de um novo material, como no caso das cultivares Japira e Vitória, pesquisas que visem à ampliação do conhecimento das características fisiológicas destas plantas são de extrema importância, pois possibilitam interferir no seu manejo, visando à melhoria da produtividade e do padrão de qualidade dos frutos.

É fato confirmado que a variação na expressão de características funcionais de plantas, tanto em nível molecular, celular, tecidual ou de órgãos (como caules, folhas e raízes) influenciam significativamente a aptidão da planta, alterando a sua capacidade de adquirir e alocar recursos (REICH et al., 2003).

Organismos que vivem em um ambiente heterogêneo enfrentam uma série de desafios importantes. Por um lado, eles necessitam de flexibilidade para responder às condições ambientais e alterar seu fenótipo em conformidade com isto. Por outro lado, eles são obrigados a

ser robustos como um todo para garantir um organismo integrado e funcional (MALLITT et al., 2010).

Neste contexto diversos trabalhos têm apontado a resposta de plantas da bananeira às condições ambientais. Por exemplo: a temperatura e a pluviosidade são dois fatores limitante do crescimento vegetativo das bananeiras e interferem na produtividade das plantas uma vez que estão diretamente relacionadas à velocidade da maioria dos processos metabólicos e à atividade fotossintética (MELO et al., 2008). As modificações primárias, em decorrência da baixa temperatura, incluem mudanças, em nível celular, na função da membrana plasmática em resposta às alterações de suas propriedades bioquímicas (POMPODAKIS, 2005). Com a contínua exposição à baixa temperatura, pode ocorrer ainda danos no sistema radicular, alteração no conteúdo nutricional e queima da superfície foliar - que levam o amarelecimento das folhas (MANICA, 1997). A falta de água disponível no solo pode provocar uma diminuição na quantidade e no potencial de crescimento das raízes, redução da emergência das folhas e o aumento no tempo da sua emissão completa, ou ainda o empilhamento das folhas (MANICA, 1997; GONDIM et al., 2009). Razão porque optou-se por avaliar plantas das cultivares Japira e Vitória cultivadas no banco de germoplasma de bananeiras do Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural - Incaper implantado na Fazenda Experimental de Alfredo Chaves, ES, comparando-as com a cultivar Prata, presente em todas as regiões de cultivo no estado e bastante aceita pelos consumidores.

Temperatura e disponibilidade hídrica são dois recursos ambientais conhecidos por serem particularmente importante para as respostas funcionais de plantas, geralmente limitando a biomassa total (TÓTH, 2006; LI, et al., 2010). Alterações na temperatura e na disponibilidade hídrica interferem sobre os processos fotossintéticos principalmente em nível de Fotossistema II (FS II) podendo ser visualizada 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).

Devido à sua existência sésses, as plantas, inevitavelmente, experimentam uma grande quantidade de fatores ambientais interferindo na sua capacidade de adquirir e alocar recursos (Sih et al. 2004). Na bananeira, dois nutrientes destacam-se como sendo crucias para o desenvolvimento da cultura: o nitrogênio e o potássio. Como um dos elementos mais abundantes nas plantas e como principal fator limitante de seu crescimento, o nitrogênio está envolvido em

reações enzimáticas e na fotossíntese. Já o potássio atua como um osmorregulador criando um gradiente osmótico que permite o movimento de água, regulando a abertura e o fechamento dos estômatos, exercendo assim um papel essencial na economia de água e turgescência das células, no transporte de carboidratos e na respiração (EPSTEIN e BLOOM, 2006; SHIMAZAKI et al., 2007).

A qualidade dos frutos produzidos pelas cultivares Japira e Vitória são atributos de extrema importância para sua aceitação comercial. Avaliar as características sensoriais, como sabor, aroma e a firmeza do fruto depois de colhido comparando-as com as características da cultivar Prata ampliará o conhecimento científico podendo consolidar seu cultivo como uma alternativa comercial, tendo em vista a grande importância da bananicultura no mercado capixaba e a escassez de estudos sobre as cultivares Japira e Vitória.

Dadas estas observações preliminares, o objetivo do presente estudo foi avaliar o desempenho dos sistemas fotossintéticos investigados com medidas na fluorescência transiente da clorofila a, as alterações nos índices de clorofila e estresse oxidativo bem como o padrão de qualidade dos frutos das cultivares Japira e Vitória resistentes ao mal-do-panamá, sigatoka-amarela e negra, comparando à cultivar Prata, bastante difundida, porém suscetível à estas doenças, durante o estágio vegetativo e reprodutivo.

## 2 METODOLOGIA

### 2.1 PRÉ-COLHEITA

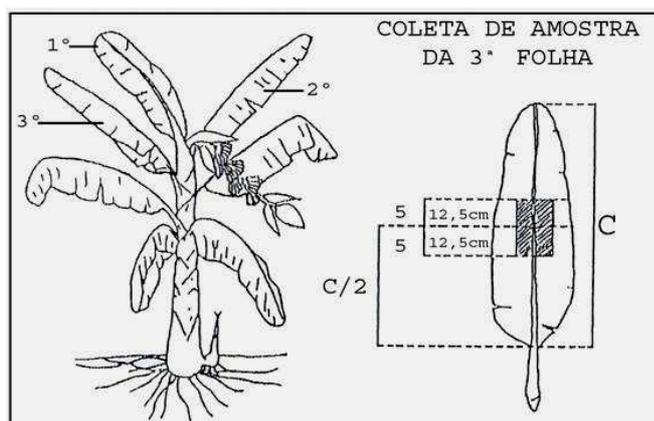
#### 2.1.1. Material vegetal e Condições de Amostragem

O experimento foi conduzido no banco de germoplasma de bananeiras do Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural - Incaper implantado na Fazenda Experimental de Alfredo Chaves, situada no município de Alfredo Chaves, Espírito Santo (latitude 20° 37' 01" S e longitude 41° 46' 50" W a 35 metros de altitude em relação ao nível do mar). Segundo a classificação de KOPPEN, o município possui um clima do tipo "Aw"-Megatérmico, com a média da temperatura do mês mais frio próximo a 18°C e a precipitação média do mês menos chuvoso inferior a 60 mm (RAMOS, 2008). Os dados climatológicos apresentados foram obtidos na estação meteorológica instalada na própria Fazenda; o experimento foi mantido em condições de sequeiro.

O material vegetal utilizado para a coleta de dados foi constituído de plantas úteis, fora da bordadura, em touceiras uniformes de bananeiras, cultivares Prata (AAB), Japira (AAAB) e Vitória (AAAB). Uma touceira é constituída de um conjunto de bananeira integradas entre si com diferentes idades e oriundas de uma única planta. Em cada coleta, foram consideradas duas plantas de cada touceira constituída por plantas jovens em estágio vegetativo - *Planta-Filha*, que são emitidas vegetativamente a partir de uma planta adulta em estágio reprodutivo - *Planta-Mãe*.

As coletas de dados foram realizadas nos meses de março e junho de 2009, intervalo de tempo suficiente para que fossem coletadas na segunda amostragem (junho/2009), bananeiras no mesmo estágio de desenvolvimento obtidas na primeira coleta (março/2009).

Todas as análises, destrutivas e não-destrutivas, foram realizadas usando a terceira folha totalmente aberta a contar do ápice (folha da vela) entre 10 – 25 cm da parte interna mediana do foliares (Figura 1) (MARTIN-PREVEL, 1977). Amostras de solo nas proximidades de cada touceira foram recolhidas para a quantificação dos nutrientes.



**Figura 1-** Representação esquemática para o procedimento de amostragem do tecido para análise foliar (Fonte: MARTIN-PREVEL, 1977).

### 2.1.2 Cinética de emissão da fluorescência da clorofila *a*

Objetivando-se avaliar a etapa fotoquímica da fotossíntese, a emissão da fluorescência da clorofila foi medida utilizando-se um fluorômetro portátil HandyPEA (Hansatech, King's Lynn, Norfolk, UK). As leituras foram realizadas pela manhã, após a adaptação das amostras ao escuro por 30 minutos, para que o aceptor primário de elétrons do FS II - a Quinona A ( $Q_A$ ) - estivesse totalmente oxidada [momento em que todos os centros de reação (CR) estavam abertos]. A emissão da fluorescência da clorofila foi induzida em uma área de 4 mm de diâmetro da folha, pela exposição da amostra a um pico de luz vermelha de  $3.000 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ . As curvas da fluorescência OJIP foram normalizadas como: i) fluorescência variável relativa entre os pontos O e P, [ $V_t = (F_t - F_0)/(F_M - F_0)$ ]; ii) fluorescência variável relativa entre os pontos O (50  $\mu\text{s}$ ) e K (300  $\mu\text{s}$ ) [ $V_{OK} = (F_t - F_0) / (F_K - F_0)$ ]; iii) fluorescência variável relativa entre os pontos O (50  $\mu\text{s}$ ) e J (2 ms) [ $V_{OJ} = (F_t - F_0) / (F_J - F_0)$ ]; iv) fluorescência variável relativa entre os pontos O (50  $\mu\text{s}$ ) e I (30 ms) [ $V_{OI} = (F_t - F_0)/(F_I - F_0)$ ]. Obtida a fluorescência variável ( $V_t$ ,  $V_{OK}$  e  $V_{OJ}$ ) calcularam-se as diferenças cinéticas entre as plantas em dois períodos de coleta (março e junho) nos dois estádios de desenvolvimento (Planta-Mãe e Planta-Filha). A partir das intensidades de fluorescência foram calculados os parâmetros estabelecidos pelo Teste JIP (STRASSER; STRASSER, 1995). Todos os parâmetros e suas respectivas siglas e abreviaturas estão listados na página 11.

### **2.1.3 Índice de clorofila total**

Os teores de clorofila foram estimados nas folhas selecionadas para as determinações dos parâmetros de fluorescência utilizando-se um medidor portátil de clorofila SPAD-502 ® (Soil Plant Analysis Development, Minolta Camera Co. Ltd., Osaka, Japão) e expressos em índice de clorofila.

### **2.1.4 Peroxidação lipídica**

O estresse oxidativo foi estimado por meio da peroxidação lipídica, utilizando-se a metodologia proposta por Heath e Packer (1968), com modificações (DU e BRAMLAGE, 1992; HODGES et al., 1999). A quantificação foi feita indiretamente pelo produto, o aldeído malônico (MDA), pelo método das substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS ou TBA) (HALLIWELL e GUTTERIDGE, 1989). A concentração de MDA foi expressa em  $\mu\text{mol g}^{-1}$ .

### **2.1.5 Análises químicas do solo e das plantas**

Amostras de solo (aproximadamente 500 g) foram coletadas ao redor de cada cultivar analisado, secos em estufa com circulação forçada de ar a 75°C (AWADA e LONG, 1969) e analisados quimicamente para P, K, Ca, Mg, S, Fe, Zn, Cu e Mn e matéria orgânica (MO), de acordo com os métodos descritos por Tedesco et al. (1985). O P e o K foram extraídos com uma solução de HCl 0,05N+H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,025N e determinados por colorimetria e espectrofotometria de chama, respectivamente; o Ca e o Mg extraídos com KCl 1N, sendo determinados por titulação com EDTA; o S foi extraído com HCl pelo método gravimétrico; os micronutrientes Fe, Cu, Mn e Zn foram extraídos com HCl 0,1N e determinados por espectrofotometria de absorção atômica; a porcentagem de matéria orgânica foi determinada após extração do carbono orgânico com bicromato de potássio e titulação com sulfato ferroso, multiplicando-se o resultado por 1,724.

As amostras foliares, constituídas de 10 cm<sup>2</sup> do limbo foliar de cada cultivar, foram condicionadas em saco de papel, para secagem em estufa de circulação forçada de ar a 75°C (AWADA e LONG, 1969) e analisadas quimicamente para N, P, K, Ca, Fe, Zn, Cu e Mn de acordo com os métodos descritos por Lott et al. (1959) e Sarruge e Haag (1974). O N foi extraído com ácido sulfúrico e determinado por espectrofotometria com solução de indofenol; os nutrientes P, K, Ca, Mg, S, Fe, Cu, Mn e Zn foram submetidos à digestão nitro-perclórica, sendo as determinações do P feitas por colorimetria, K por espectrofotometria de chama e os demais

nutrientes por espectrofotometria de absorção atômica. Todas as análises foram realizadas em laboratório especializado (Fullin Laboratório de Análise Agronômica e Consultoria).

## 2.2 PÓS-COLHEITA

### 2.2.1 Colheita e amostragem dos frutos

Frutos das bananeiras, cultivares Prata, Japira e Vitória, foram colhidos das mesmas Plantas-Mãe e no mesmo dia em que se realizaram as medidas de pré-colheita, a fim de se fazer uma relação entre a fase de formação dos frutos e a qualidade pós-colheita. Cachos de bananas foram retirados com o auxílio de uma foice, e de cada um foi selecionada aleatoriamente uma penca, imediatamente acondicionada e levada até o Laboratório de Pós-colheita da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES).

Com a finalidade de remover as impurezas e os possíveis microrganismos, os lotes foram lavados em água e sabão, e então sanitizados em solução com 5% de hipoclorito de sódio (v/v). Em seguida, foram secados ao ar e mantidos à temperatura de 22°C. As análises pós-colheita foram realizadas a partir do estágio 4 de amadurecimento dos frutos. As análises pós-colheita foram realizadas em 5 frutos de cada cultivar a partir do estágio 4 de amadurecimento dos frutos, de dois em dois dias num período de 10 dias, até que os frutos atingissem o estágio 7 de amadurecimento (Figura 2).



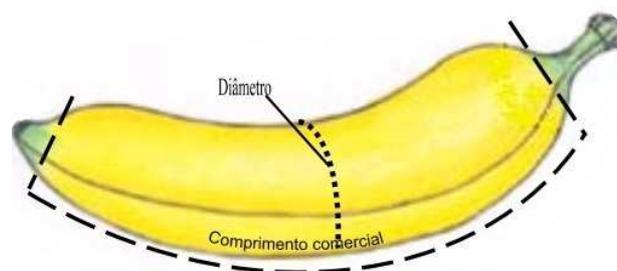
**Figura 2-** Escala de maturação de Von Loesecke (fonte: Cartilha de classificação CEAGESP)

### 2.2.2 Massa fresca dos frutos

Os frutos foram destacados do cacho com o pedicelo a 1,0 cm da almofada (região onde se inserem os frutos na penca) e pesados em uma balança eletrônica com capacidade de 2100g (0,01 g) – (Bioprecisa, Mod.JH2102, Paraná, Brasil) para a determinação de sua massa fresca em gramas (g).

### 2.2.3 Comprimento e diâmetro dos frutos

O comprimento dos frutos (Figura 3) foi determinado medindo-se a curvatura externa com o auxílio de uma fita métrica posicionada no extremo próximo ao início da polpa até a extremidade oposta, onde termina o fruto (DADZIE e ORCHARD, 1997). O diâmetro foi determinado na região mediana do fruto e expresso em milímetros (mm).



**Figura 3-** Esquema demonstrando as medidas tomadas para comprimento e diâmetro dos frutos (modificado de Cavatte, 2008).

### 2.2.4 Relação polpa/casca

A relação polpa/casca foi determinada após separação da polpa e da casca, as quais foram pesadas individualmente e expressas como a relação entre a massa da polpa e a massa da casca (DADZIE e ORCHARD, 1997).

### 2.2.5 Espessura da casca

A espessura da casca foi determinada com o auxílio de um paquímetro digital (150 mm, Digimess, São Paulo, Brasil), registrando-se a média de medidas diametralmente opostas. (DADZIE e ORCHARD, 1997).

### 2.2.6 Firmeza da polpa

Para determinação da firmeza da polpa, utilizou-se um penetrômetro portátil (Marca EFFEGI, Mod. TEC-2, Trento, Itália). Os frutos foram descascados e o penetrômetro foi posicionado em sua região mediana. A seguir, mediu-se a força necessária para que uma sonda de 8 mm de diâmetro penetrasse no tecido da polpa (DADZIE e ORCHARD, 1997). Os resultados foram expressos em  $\text{kgf cm}^{-2}$  ( $1 \text{ kgf} = 9.80665 \text{ N}$ ).

### 2.2.7 Preparação do filtrado do suco da polpa

O filtrado do suco da polpa de banana foi preparado utilizando-se 10 g de polpa do fruto, liquidificado com 90 mL de água destilada, neutralizada e livre de CO<sub>2</sub>. Para que se obtivesse tais características, a água foi aquecida até início da ebulição para eliminar gases incorporados e, após atingir a temperatura ambiente, ajustado o pH para 7,0. O filtrado do suco foi utilizado para avaliação do pH, da acidez titulável (AT) e dos sólidos solúveis (SS).

### 2.2.8 Potencial hidrogeniônico (pH) e Acidez titulável (AT)

O valor do pH foi verificado em pHmetro digital (TECNAL, TEC-2, São Paulo, Brasil). Para obter acidez titulável, foram acrescentadas 4 a 5 gotas da solução indicadora de fenolftaleína 1% (p/v) em 25 mL do filtrado do suco da polpa de banana, e procedeu-se à titulação.

Na determinação da acidez titulável dos frutos, considerou-se que o ácido predominante era o ácido málico. A titulação foi realizada com 25 mL de hidróxido de sódio 0,1 N, a qual foi acrescentada ao filtrado do suco da polpa de banana, registrando-se o volume de NaOH 0,1N utilizado. Os resultados foram expressos em termos da quantidade de ácido málico presente na amostra.

Cálculo para expressão do resultado:

$$\text{Acidez (g ácido/ 100g)} = \frac{n \times N \times Eq}{10 \times p}$$

Em que,

**n** - volume da solução de NaOH gasto na titulação em mL;

**N** - normalidade da solução NaOH 0,1 N;

**Eq** - equivalente-grama do ácido (ácido málico= 67,04);

**p** - massa da amostra (polpa do fruto) em gramas (g).

### 2.2.9 Sólidos solúveis (SS)

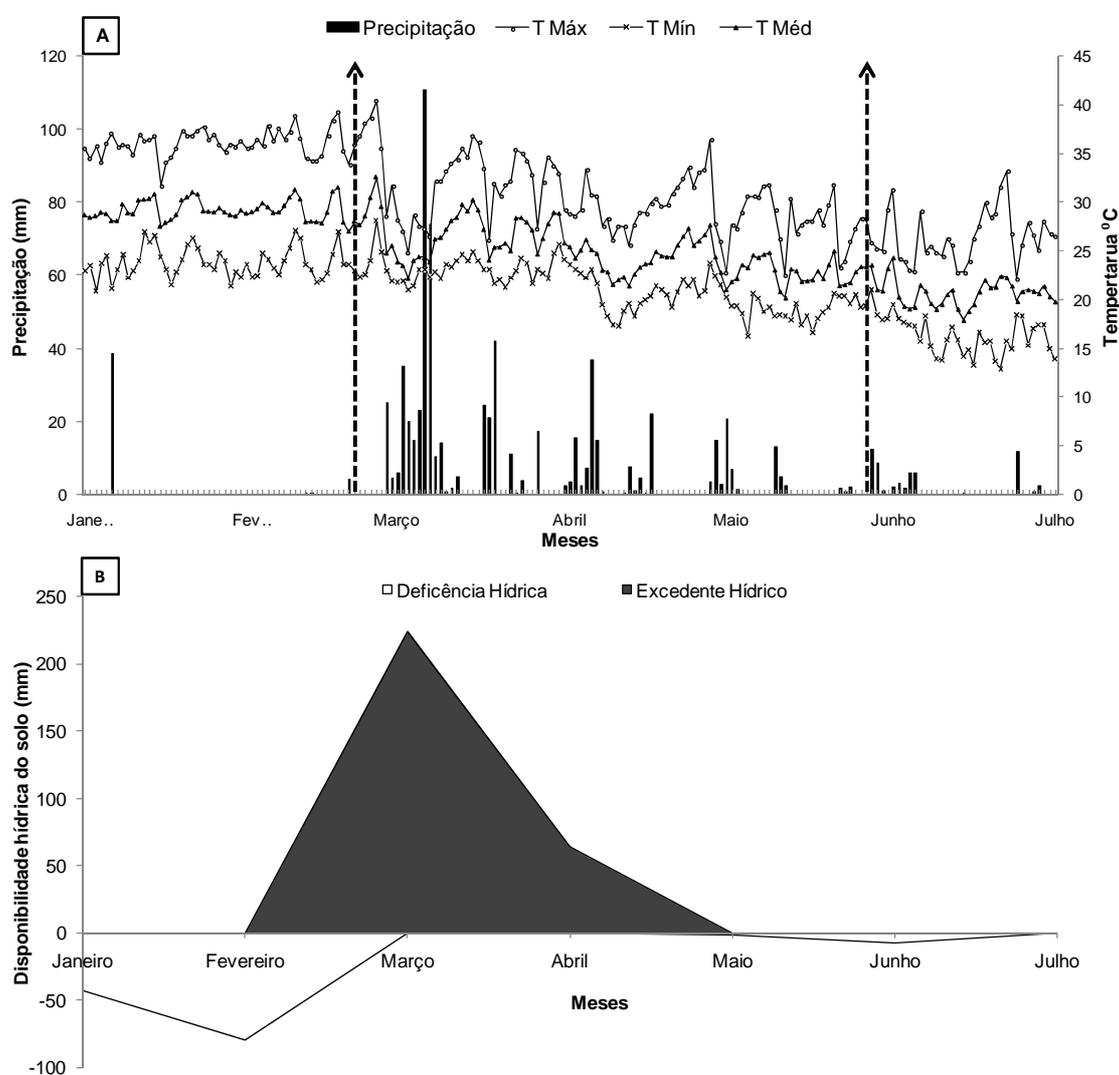
O conteúdo de sólidos solúveis (SS) do filtrado do suco da polpa de banana foi determinado utilizando-se um refratômetro digital de bancada (Instrutherm, RTD-45, São Paulo, Brasil). Os resultados foram expressos em °Brix. (DADZIE e ORCHARD, 1997).

### 2.3 ANALISE ESTATÍSTICA

Para as análises físicas e bioquímicas, adotou-se um experimento fatorial (três cultivares, dois estádios de desenvolvimento e dois períodos de coleta de dados), havendo, nas análises realizadas nas folhas em campo, sete repetições para cada cultivar em cada estágio do desenvolvimento (Planta-Mãe e Planta-Filha). Para as análises físicas, químicas e físico-químicas dos frutos na pós-colheita foram utilizadas cinco repetições com avaliações de dois em dois dias a partir do estágio 4 de amadurecimento. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância ANOVA, com posterior comparação de médias pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nos meses de janeiro a julho de 2010, o município de Alfredo Chaves passou por um período de grande amplitude térmica, apresentando, em março, a temperatura máxima de 40,3°C e, em junho, mínima de 12,8°C (Figura 4- A). No primeiro trimestre de 2010, pôde-se observar um período longo de chuvas escassas, sendo que nos meses de janeiro e fevereiro a precipitação foi nula, seguido de uma estação atípica de chuvas para a região, uma vez que o período mais chuvoso compreende os meses de setembro a abril, conforme Ramos et al. (2008), cujas informações foram obtidas pela série histórica na mesma estação meteorológica durante trinta anos (1977 a 2007).

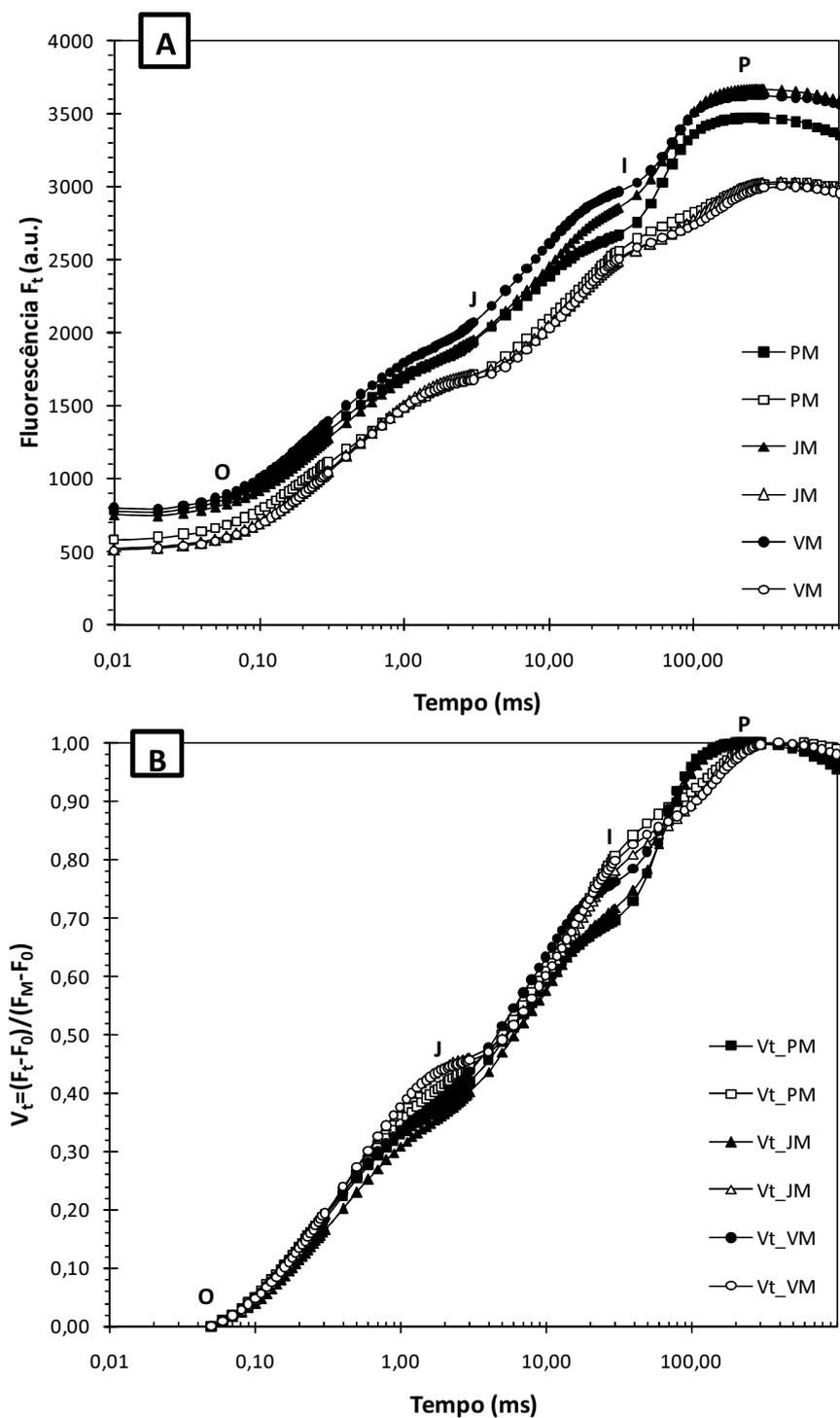


**Figura 4-** Diagrama climático da Fazenda Experimental do Incaper em Alfredo Chaves – ES durante o período de estudo (Janeiro a Julho de 2010). Em **A**: Precipitação; T Máx – temperatura máxima mensal; T Mín – temperatura mínima mensal; T Méd – temperatura média. As setas pontilhadas indicam os períodos de coletas dos dados. Em **B**: Disponibilidade hídrica do solo.

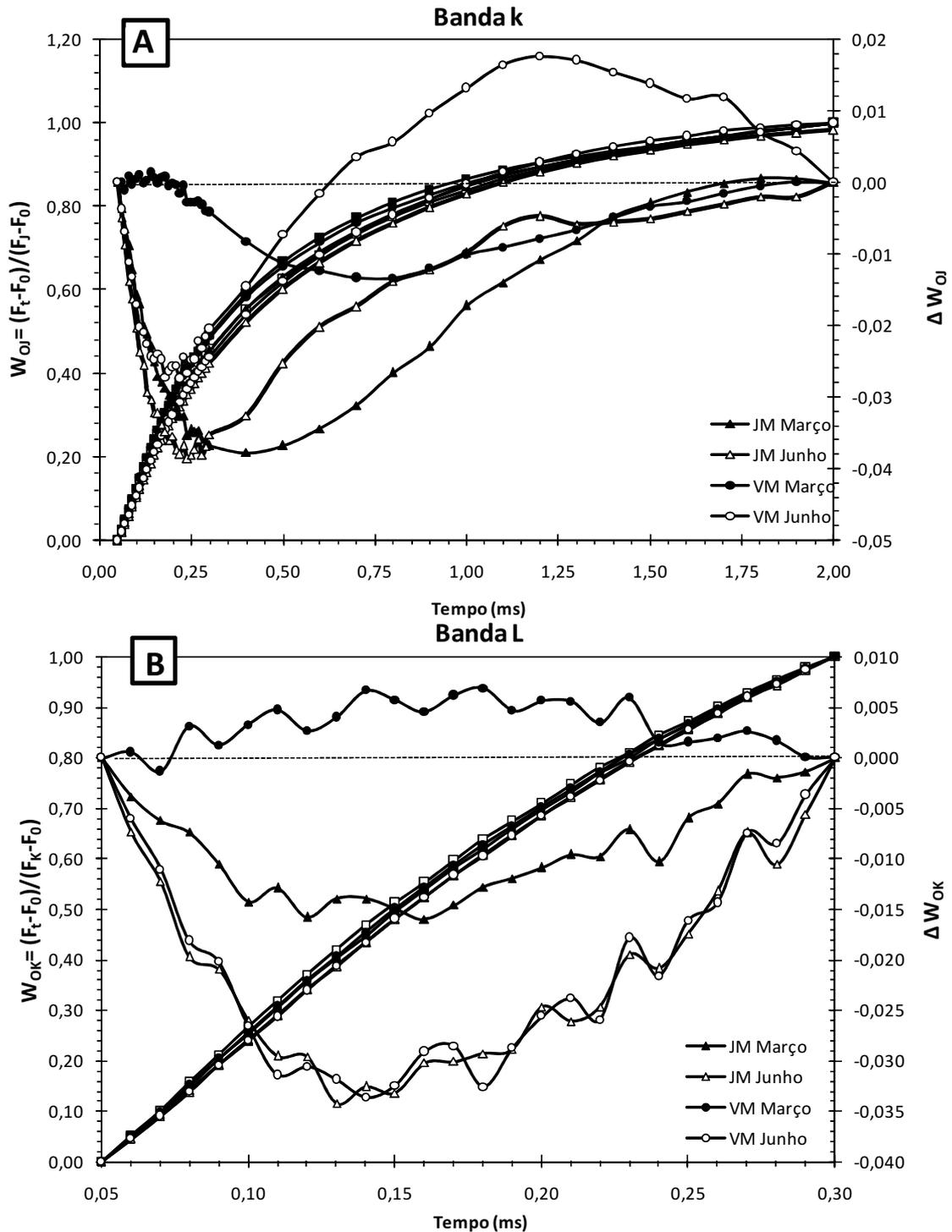
Segundo Gondim et al.(2009), a porcentagem ideal de água disponível no solo para a cultura da bananeira não deve ser inferior a 75%. Considerando uma precipitação desejável para a cultura entre 100 e 180 mm, os valores encontrados foram inferiores durante todo o período avaliado (Figura 4- B), ao que se pode sugerir que as plantas estavam submetidas a uma condição limitante quanto às condições de disponibilidade hídrica no solo.

Observa-se que as curvas de indução da clorofila *a* apresentam uma ascensão polifásica típica (Figura 5A e 7A). Estas curvas, obtidas nas folhas de plantas das cultivares Prata, Japira e Vitória no estágio reprodutivo (Planta-Mãe) e no estágio vegetativo (Planta-Filha) nos dois períodos de coleta (março e junho), são conhecidas como cinética OJIP (Strasser et al. 1995, Strasser et al. 2004, Tsimilli-Michael e Strasser, 2001). Elas indicam o transporte de elétrons dentro dos centros de reação do fotossistema II e as diferentes ondas (fases) da fluorescência transiente estão indiretamente ligadas ao estado redox de todos os transportadores de elétrons da cadeia de transporte de elétrons desde o lado da fotólise da água até, finalmente, a redução do NADP. Assim, podem-se observar as diferenças na fase O-J (correspondente à redução do sítio aceptor do FSII), na fase J-I (redução do “pool” de PQ) e na fase I-P (redução do sítio aceptor do FSI) em cada cultivar analisada (Figura 5B e 7B).

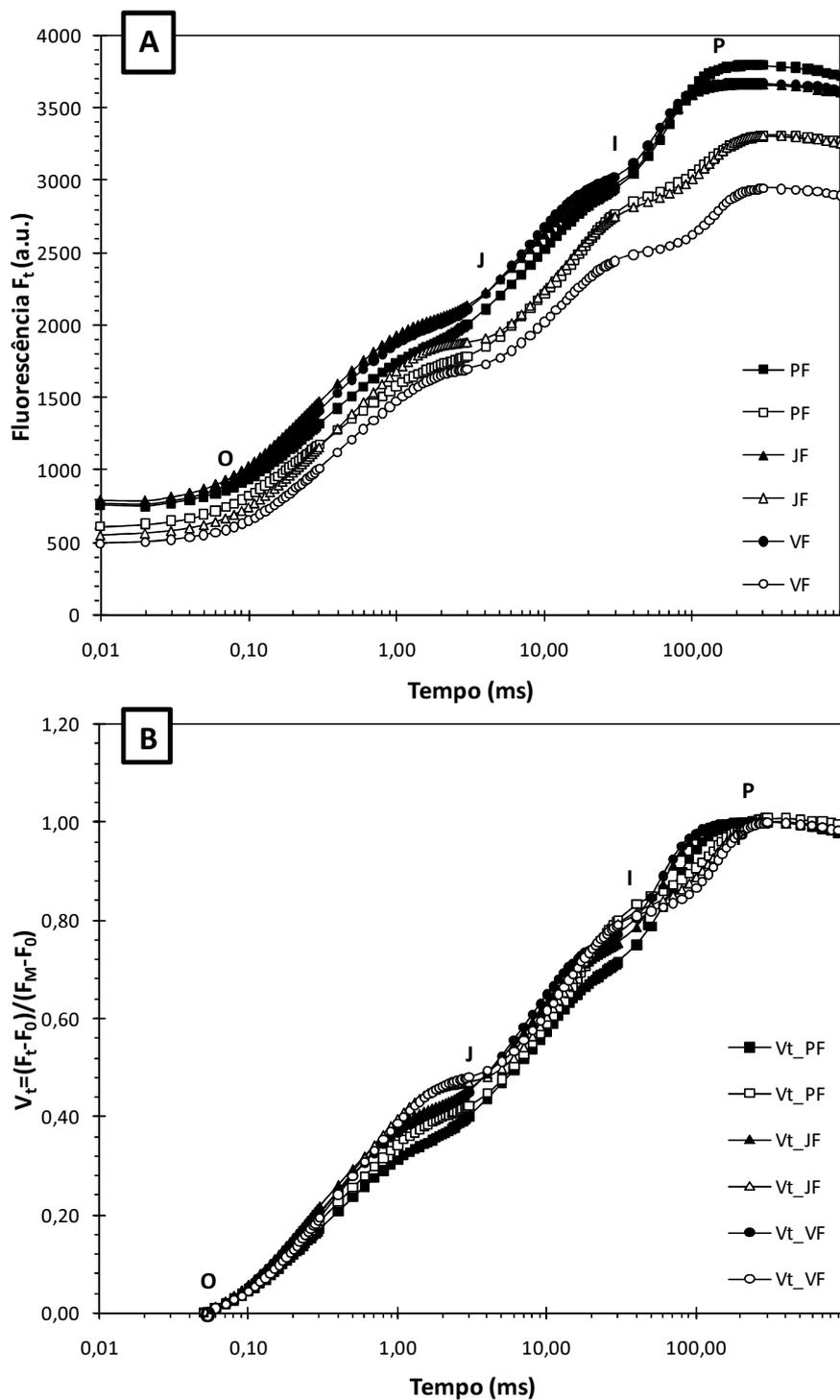
Um passo K adicional foi observado aos 300  $\mu$ s (Figura 6A e 8A). A alteração da curva OJIP para uma curva OKJIP parece ser uma resposta específica do estresse à elevada temperatura (Heber et al., 2011). A etapa K foi dominante na cultivar Vitória e Japira no estágio vegetativo (Planta-Filha) durante o mês de março, quando a temperatura na região alcançou 40,3°C (Figura 4C) porém também foi acentuada na cultivar Vitória no estágio reprodutivo no mês de junho, quando as temperaturas máximas estiveram dentro do esperado porém a temperatura mínima chegou a 12,8°C (Figura 6A). O aparecimento de um passo K pode ser causado por inibição do complexo de evolução do oxigênio (CEO) (Lazar et al.1997; Srivastava et al.,1997; Lazar e Pospisil, 1999), inibição do transporte de elétrons da feofitina para  $Q_A$  (Guissé et al., 1995) ou pode refletir mudanças na estrutura do complexo coletor de luz (LHC) do FSII (Srivastava et al., 1997). A etapa K surge quando o fluxo de elétrons para o lado aceptor excede o fluxo de elétrons do lado dos doadores, levando a oxidação do centro de reação. Assim, o prejuízo para o CEO, devido ao estresse térmico, por exemplo, induz o passo K, por inibição da eficiente doação de elétrons para o centro de reação (Mathur et al., 2011; Strasser, 1997; Strasser et al 2004).



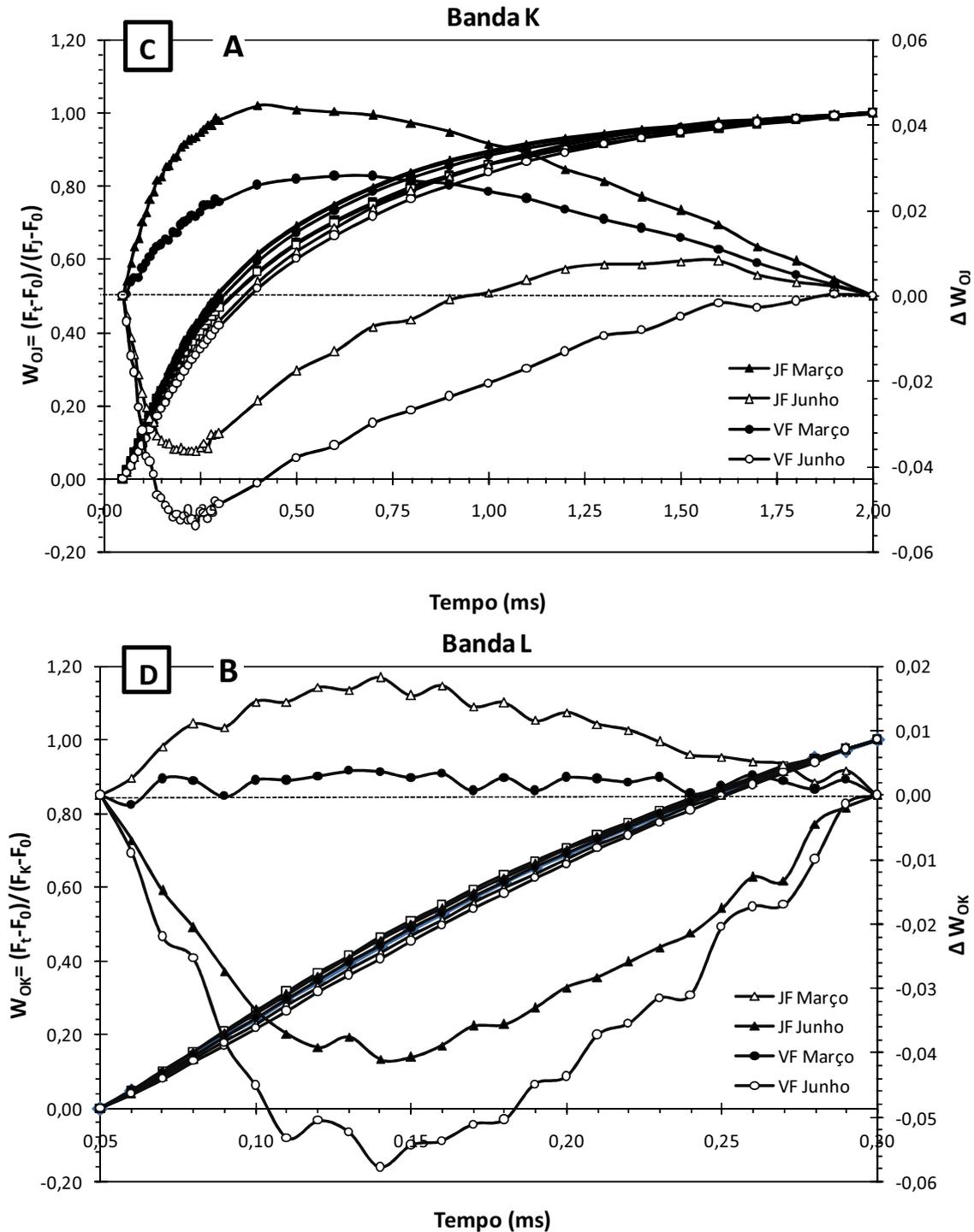
**Figura 5**– Evolução do desempenho fotossintético baseada na fluorescência transiente (OJIP) em folhas de bananeiras em estágio reprodutivo (Planta-Mãe): Prata (PM), Japira (JM) e Vitória (VM), adaptadas ao escuro. **Figura A:** fluorescência transiente (tempo em escala logarítmica). **Figura B:** fluorescência relativa total (tempo em escala logarítmica). Símbolos cheios, valores referentes ao mês de março; símbolos vazios, junho. (n=7)



**Figura 6**– Evolução do desempenho fotossintético baseada na fluorescência transiente (OJIP) em folhas de bananeiras em estágio reprodutivo (Planta-Mãe): Prata (PM), Japira (JM) e Vitória (VM), adaptadas ao escuro. **Figura A:**  $W_{OJ} = (F_t - F_0) / (F_J - F_0)$ , fluorescência normalizada em O-J (tempo linear), e no eixo vertical secundário, sua diferença representando a Banda K **Figura B:**  $W_{OK} = (F_t - F_0) / (F_K - F_0)$ , fluorescência normalizada em O-K (tempo linear), e no eixo vertical secundário sua diferença representando a Banda L. Símbolos cheios, valores referentes ao mês de março; símbolos vazios, junho. (n=7)



**Figura 7**– Evolução do desempenho fotossintético baseada na fluorescência transiente (OJIP) em folhas de bananeiras em estágio vegetativo (Planta-Filha): Prata (PF), Japira (JF) e Vitória (VF), adaptadas ao escuro. **Figura A**: fluorescência transiente (tempo em escala logarítmica). **Figura B**: fluorescência relativa total (tempo em escala logarítmica). Símbolos cheios, valores referentes ao mês de março; símbolos vazios, junho. (n=7)



**Figura 8**– Evolução do desempenho fotossintético baseada na fluorescência transiente (OJIP) em folhas de bananeiras em estágio vegetativo (Planta-Filha): Prata (PF), Japira (JF) e Vitória (VF), adaptadas ao escuro. Figura **A**:  $W_{OJ} = (F_t - F_0) / (F_J - F_0)$ , fluorescência normalizada em O-J (tempo linear), e no eixo vertical secundário, sua diferença representando a Banda K. Figura **B**:  $W_{OK} = (F_t - F_0) / (F_K - F_0)$ , fluorescência normalizada em O-K (tempo linear), e no eixo vertical secundário, sua diferença representando a Banda L. Símbolos cheios, valores referentes ao mês de março; símbolos vazios, junho. (n=7)

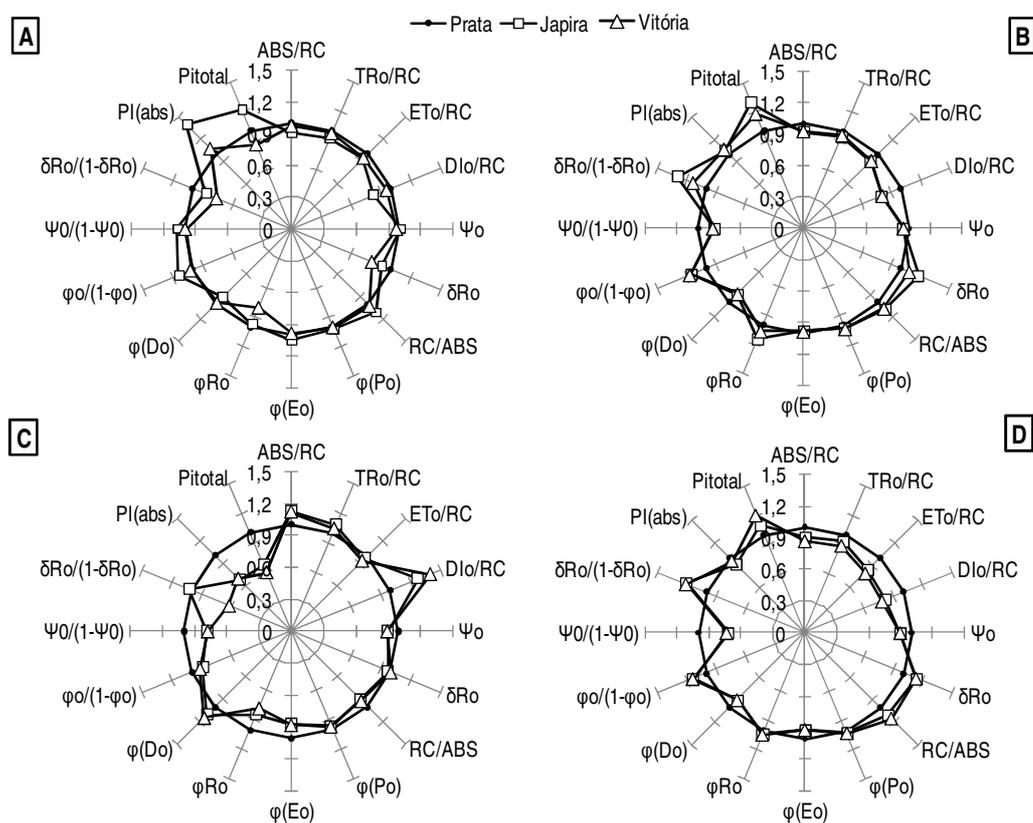
Os dados de fluorescência foram normalizados entre as etapas O e K, revelando uma nova curva – identificada como banda L (derivado da equação  $W_{OK} = (F_t - F_0) / (F_K - F_0)$ ), plotada pela diferença cinética  $\Delta W_{OK} = (W_{OK})_{Japira} - (W_{OK})_{Prata}$  e  $\Delta W_{OK} = (W_{OK})_{Vitória} - (W_{OK})_{Prata}$  considerando o intervalo de tempo linear de 0,05 a 30 ms (Figura 4D e 6B). As curvas da fluorescência OKJIP obtidas das cultivares Japira no estágio vegetativo e Vitória no estágio reprodutivo apresentaram uma banda L mais positivas ( $\Delta W_{OK}$ ) no mês de março. Esta banda é um indicador da conectividade energética das unidades do FS II, sendo maior (positiva) quando a conectividade é menor (YUSUF et al., 2010). Portanto, a Figura 4D demonstra que, na cv. Vitória no estágio reprodutivo e em ambas as cultivares no estágio vegetativo os estresses ambientais resultaram em uma diminuição da conectividade energética (bandas L positivas), com o efeito mais forte exercido na cv. Vitória durante o estágio reprodutivo. A figura mostra também que as plantas no mês de junho apresentaram maior conectividade (banda L negativas). Um resultado de maior conectividade resulta em uma melhor utilização da energia de excitação e uma maior estabilidade do sistema (STRASSER et al., 2004).

A partir das curvas de indução da fluorescência OKLJIP mostradas nas figuras 5 e 7, parâmetros do fluxo específico de energia por centro de reação foram deduzidos e apresentando em gráficos tipo radar tomando-se a cultivar Prata como referência e igual a unidade (Figura 9). Observa-se que, no mês de junho os parâmetros referentes à “cascata de transdução de energia” (ABS/RC,  $TR_0/RC$ ,  $ET_0/RC$  E  $DI_0/RC$ ) apresentaram uma queda em relação aos valores obtidos no mês de março nas duas cultivares, nos dois estágios de desenvolvimento, podendo essa redução estar associada à ineficiência do complexo de evolução de oxigênio (CEO) (YUSUF, 2010).

O rendimento de transporte de elétrons ( $e^-$ ) de  $Q_A^-$  para os aceptores de  $e^-$  do intersistema ( $\phi E_0$ ) e de  $Q_A^-$  para o aceitor final de  $e^-$  do FSI ( $\phi R_0$ ) foi menor no mês de junho (Figuras 9C e D). Consequentemente, os componentes do índice de performance (PI) também sofreram uma queda ( $RC/ABS$ ,  $\phi_{P_0} / (1 - \phi_{P_0})$ ,  $\Psi_0 / (1 - \Psi_0)$  e  $\delta_{R_0} / (1 - \delta_{R_0})$ ). O índice de performance da amostra (PI) é considerado um indicador de vitalidade da planta (MEHTA, 2010) e vem sendo muito usado e discutido nas investigações de estresse bióticos e abióticos (STRASSER et al., 2010). Os autores consideram dois índices de performance potencial: um parcial ( $PI_{ABS}$ ), da conservação de energia absorvida pelo FSII até a redução dos aceptores de elétrons do intersistema; e um total ( $PI_{ABS,TOTAL}$ ), da conservação da energia absorvida pelo FSII até a redução dos aceptores finais do FSI.

Na Figura 10 estão apresentados os índices de clorofila total obtidos com um clorofilômetro. Scarani (2006) realizou medições em plantas de bananeiras cv. Grande Nine em

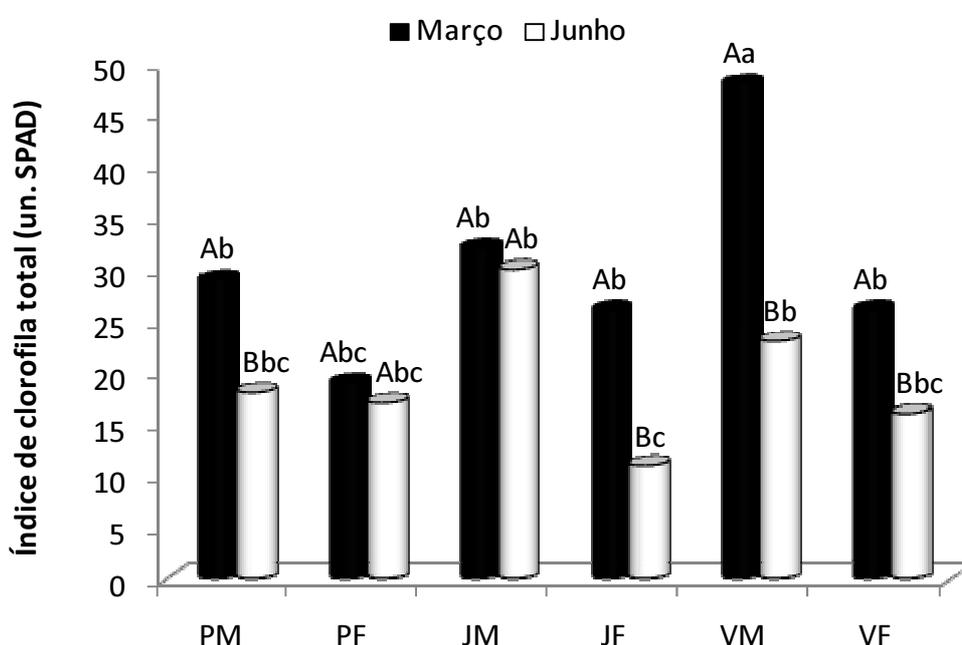
diversas temperaturas e intensidades de radiação fotossintética e obteve a uma correlação de até 0,87 entre os valores encontrados com o método de extração desenvolvido por Arnon (1949) e o índice SPAD (medido com clorofilômetro), confirmando a confiabilidade dos dados para a cultura da banana. Observa-se na figura que os maiores índices de clorofila total foram registrados no mês de março, exceção para a cv. Prata no estágio vegetativo (Planta-Filha) e Japira no estágio reprodutivo (Planta-Mãe). No mês de março, além da baixa disponibilidade hídrica também foram registradas elevadas taxas de radiação fotossintética - em torno de 1172  $\text{kJm}^{-2}$ . Resultados semelhantes também foram constatados por Mielke et al. (2010) em *Eugenia uniflora* L. onde os teores de clorofila foram influenciados diretamente pela radiação fotossinteticamente ativa (RFA), isto é, quanto maior a RFA maiores foram os valores de clorofila observados.



**Figura 9**– Valores relativos de cinética de emissão da fluorescência da clorofila *a* nas cultivares Prata (P), Japira (J) e Vitória (V) nos dois estádios do desenvolvimento: Planta-Mãe (M) e Planta-Filha (F), sendo **A** e **C** referentes as medidas do mês de março **B** e **D**, medidas do mês de junho. Os valores plotados nos gráficos, das cultivares Japira e Vitória, são relativos a cultivar Prata, ao qual foi atribuído valor igual a 1.

Intrinsecamente atrelada às alterações da fluorescência da clorofila *a* e às alterações nos teores de pigmentos, a combinação de estresses ambientais, tais como as variações na

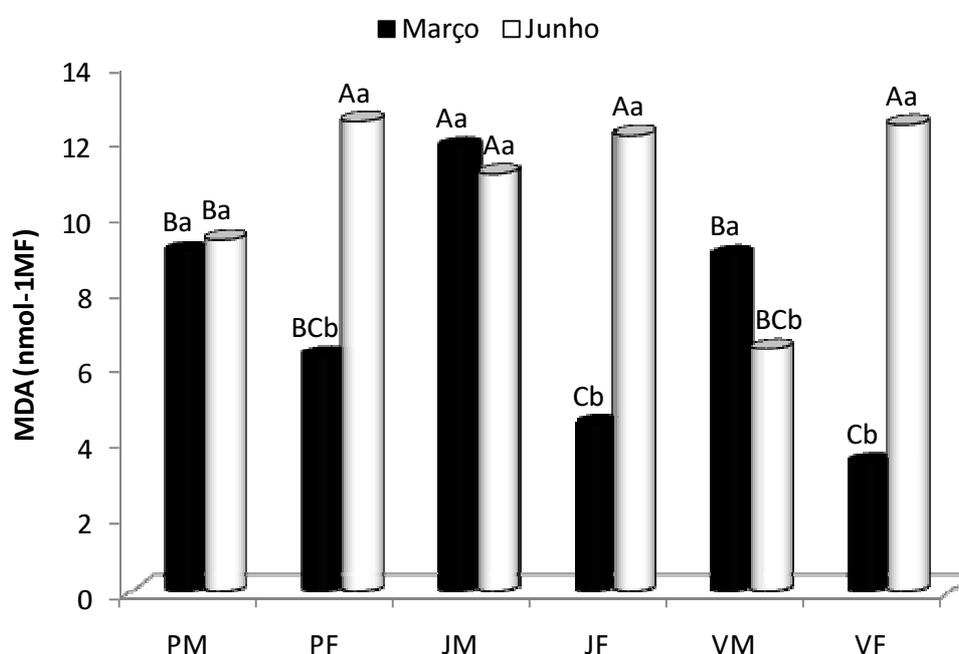
disponibilidade hídrica e na temperatura, podem sobre-excitar os transportadores de elétrons no cloroplasto aumentando assim a produção de espécies reativas de oxigênio (EROs) nos cloroplastos (referência). Esses radicais são potencialmente capazes de resultar em danos fotoinibitórios e fotooxidativos (ASADA, 1999) incluindo, dentre outros, a peroxidação de lipídios (LIMA et al., 2002). Esses danos foram quantificados e são apresentados na Figura 11. Nota-se que os menores conteúdos de aldeído malônico (MDA) foram encontrados nas Plantas-Filha das cultivares Japira e Vitória no mês de março; no entanto no mês de junho a única cultivar que apresentou valores mais baixos foi a cultivar Vitória no estágio reprodutivo (Planta-Mãe). As plantas da cultivar Prata no estágio reprodutivo (Planta-Mãe) não apresentaram variação, contendo, nos dois meses elevado conteúdo de MDA.



**Figura 10**– Índice de clorofila total em folhas de plantas de bananeiras obtidos nos meses de março e junho em dois estádios do desenvolvimento: reprodutivo= Planta-mãe e vegetativo= Planta-filha, onde: PM= Prata mãe; PF=Prata Filha; JM=Japira Mãe; JF=Japira Filha; VM=Vitória Mãe e VF=Vitória Filha. Letras maiúsculas denotam diferenças significativas entre médias de tratamentos dentro da mesma cultivar e letras minúsculas denotam diferenças significativas entre as médias entre as cultivares. Diferenças significativas a 5% pelo teste de Tukey (n=7).

Pode-se inferir que as plantas no estágio vegetativo foram mais sensíveis às variações ambientais uma vez que as baixas temperaturas durante o mês de junho provocaram queda do conteúdo de clorofila e um aumento no conteúdo de MDA. Este aumento na peroxidação de lipídios tem sido considerado como um sintoma da ocorrência de danos oxidativos nas células (GUTTERIDGE e HALLIWELL, 1990) e pode ser considerado como um indicador dos mesmos

(AZEVEDO NETO et al., 2006). Zhang et al. (2010) trabalhando com híbridos de arroz que encontraram uma relação direta entre o teor de clorofila, o conteúdo de MDA e o estágio de desenvolvimento do híbrido, no entanto os autores constataram que quanto mais avançado o estágio de desenvolvimento menor teor de clorofila e maior conteúdo de MDA. DiFeo (2010) observou que plantas de trigo infectadas por *Delphacodes kuscheli* Fennah apresentaram maiores teores de pigmentos quanto menor o teor de MDA, o que legitima os resultados obtidos. Li et. al (2010) atribui a redução no teor de clorofila em plantas de *Chorispóra bungeana* submetidas à baixa temperatura a degradação/desestabilização das membranas da parte periférica do complexo coletor de luz- complexo antena. A relação observada nas cultivares de bananeiras pode ter sido influenciada pelo maior comprometimento das membranas submetidas a baixas temperaturas (POMPODAKIS, 2005).



**Figura 11**– Concentração de aldeído malônico (MDA) em folhas de plantas de bananeiras obtidos nos meses de março e junho em dois estádios do desenvolvimento: reprodutivo= Planta-mãe e vegetativo= Planta-filha, onde: PM= Prata mãe; PF=Prata Filha; JM=Japira Mãe; JF=Japira Filha; VM=Vitória Mãe e VF=Vitória Filha. Letras maiúsculas denotam diferenças significativas entre médias de tratamentos dentro da mesma cultivar e letras minúsculas denotam diferenças significativas entre as médias entre as cultivares. Diferenças significativas a 5% pelo teste de Tukey (n=7).

O solo nas proximidades do local de coleta dos dados (Tabela 1) mostrou, após análise por laboratório especializado, valores para cada elemento essencial dentro da faixa recomendada para a cultura da bananeira (MOREIRA, 2009).

Na Tabela 2 pode-se observar que os valores de macronutrientes encontrados nas folhas das três cultivares, Prata, Japira e Vitória, tanto no estágio reprodutivo (Planta-Mãe) quanto no estágio vegetativo (Planta-Filha) apresentaram valores abaixo do encontrado por alguns autores ROBINSON, 1986; JONES JR et al., 1991; PREZOTTI, 1992; TEIXEIRA et al., 1997; RIBEIRO, 1999.

**Tabela 1**– Teores de elementos essenciais presentes nos solos coletados ao redor de cada touceira de bananeira, cultivares Prata, Japira e Vitória nos dois meses avaliados: março (M) e junho (J) da Fazenda Experimental do Incaper em Alfredo Chaves/ES

Parâmetro Analisado	Unidade	Cultivares					
		Prata		Japira		Vitória	
		M	J	M	J	M	J
Ca	Cmol	1,3	2,7	2,3	1,2	2,1	2,4
Mg	Cmol	0,6	1,2	0,9	0,5	0,8	0,7
Al	Cmol	0,4	0,4	0,1	0,7	0,0	0,1
H+Al	Cmol	5,8	5,2	4,2	6,1	4,2	4,5
pH em H <sub>2</sub> O	#	5,3	5,3	5,6	5,0	5,7	5,6
Matéria orgânica	dag/kg	1,7	1,7	1,6	1,4	1,7	1,2
Fe	mg/dm <sup>3</sup>	222	212	241	234	297	291
Zn	mg/dm <sup>3</sup>	1,4	4,4	2,0	2,3	3,8	3,8
Cu	mg/dm <sup>3</sup>	3,2	3,4	2,4	3,5	3,7	3,5
Mn	mg/dm <sup>3</sup>	53	96	61	33	92	76
B	mg/dm <sup>3</sup>	0,33	0,37	0,07	0,33	0,37	0,29
Na	mg/dm <sup>3</sup>	57	60,0	77	29,0	103	72,0
Ca/Mg	#	2,2	2,3	2,6	2,4	2,6	3,4
Ca/K	#	3,6	7,5	4,7	7,2	3,6	5,5
Mg/K	#	1,7	3,3	1,8	3,0	1,7	1,6

Plantas de desenvolvimento rápido, como a bananeira, exigem elevadas concentrações de alguns elementos minerais para suprir sua atividade fotossintética, a formação e a remobilização de metabólitos e o estabelecimento dos frutos (FERGUNSON et al., 1999; TEIXEIRA, 2005). Os maiores valores de nutrientes foliares foram encontrados no mês de junho quando comparados com os valores obtidos no mês de março. Nas cv. Prata e Japira destacam-se o cálcio, o ferro e o manganês quando no estágio reprodutivo enquanto que na cv. Vitória o potássio foi o elemento encontrado em maior quantidade no estágio vegetativo.

Os resultados da análise das principais características físicas dos frutos são apresentados na tabela 3. Os frutos da cultivar Prata, apresentaram menor comprimento e menor massa fresca, ou seja, os frutos da cv. Prata foram menores do que os das cultivares Japira e Vitória, estando fora do tamanho comercial, que deve ser acima de 15 cm (CEAGESP, 2010).

**Tabela 2–** Teores de macro ( $\text{g kg}^{-1}$ ) e micronutrientes ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) nutrientes de folhas de bananeiras cultivares Prata, Japira e Vitória nos dois estádios do desenvolvimento (Planta-Mãe e Planta-Filha) nos dois meses avaliados março (M) e junho (J), da Fazenda Experimental do Incaper em Alfredo Chaves/ES.

Elemento	Cultivares											
	Prata				Japira				Vitória			
	Planta-Mãe		Planta-Filha		Planta-Mãe		Planta-Filha		Planta-Mãe		Planta-Filha	
	M	J	M	J	M	J	M	J	M	J	M	J
N	24,22	17,22	23,38	19,46	22,05	16,98	17,99	23,94	20,72	23,66	24,85	20,30
P	2,19	1,6	2,07	2,77	2,13	1,98	1,2	2,69	1,71	2,69	2,25	2,05
K	25,62	21,25	20,63	31,87	19,38	21,88	15	27,5	18,13	32,5	29,38	25,62
Ca	3,64	8,92	4,78	5,3	4,21	7,67	4,78	5,11	4,34	5,8	1,89	8,98
Mg	2,94	3,06	3,25	3,0	1,94	2,31	1,44	2,88	2	3,0	2,25	2,25
S	2,84	3,39	2,56	3,05	2,78	2,72	2,23	4,0	2,78	3,27	2,34	3,05
Fe	150	230	132	283	216	354	186	313	220	325	123	356
Zn	14	21	20	20	20	14	15	21	19	21	17	14
Cu	10	6	8	10	3	7	4	11	5	11	10	7
Mn	324	697	207	283	630	896	268	475	457	327	198	439
B	23	17	15	20	13	15	12	21	15	15	15	15

Quando comparados entre os meses de coleta observa-se que todos os parâmetros apresentaram valores menores no mês de junho, dentro da mesma cultivar. Também no mês de junho foram constatadas as menores taxas de eficiência quântica e maior conteúdo de MDA sugerindo que as baixas temperaturas e baixa pluviosidade (Figura 4) observadas neste período podem ter sido limitantes à atividade fotossintética provocando queda na produção de fotoassimilados e comprometendo o rendimento da planta. Segundo Kerbauy (2004) a formação do fruto está diretamente relacionada às características e atividades fisiológicas das plantas bem como as condições ambientais a que elas estão submetidas uma vez que a produção de fotoassimilados é dependente de produtos da etapa fotoquímica da fotossíntese - ATP e NADPH.

**Tabela 3–** Valores das principais características físicas dos frutos das bananeiras cultivares Prata, Japira e Vitória bananeiras cultivares Prata, Japira e Vitória da Fazenda Experimental do Incaper em Alfredo Chaves/ES avaliados no estágio 4 de amadurecimento.

Parâmetros	Cultivares					
	Prata		Japira		Vitória	
	Março	Junho	Março	Junho	Março	Junho
Massa fresca (g)	90,12 a	25,38 b	168,91 a	102,72 b	175,55 a	115,70 b
Relação polpa/casca	2,04 a	0,92 b	1,62 a	1,17 a	1,75 a	1,27 a
Diâmetro (mm)	37,56 a	23,78 b	43,86 a	35,85 b	44,36 a	38,57 b
Comprimento (cm)	11,30 a	7,90 b	14,92 a	12,83 a	15,59 a	13,71 a

\* Médias seguidas por letras minúsculas distintas na mesma linha, diferem entre si, ao nível de 5 % de probabilidade pelo teste de Tukey (n=5).

As características físico-químicas dos frutos estão apresentadas na Tabela 4. Os dados de firmeza de fruto mostraram que a cultivar Prata no mês de março foi a que apresentou a queda mais acentuada durante o amadurecimento. Segundo Pereira et al. (2004), frutos que apresentam baixa firmeza têm maiores possibilidades de serem suscetíveis ao despençamento.

**Tabela 4**– Características físicas, químicas e físico-químicas de frutos de bananeiras cultivares Prata, Japira e Vitória da Fazenda Experimental do Incaper em Alfredo Chaves/ES nos meses de março e junho, durante o período de amadurecimento (dias após a colheita - DAC)

DAC	Cultivares					
	Prata		Japira		Vitória	
	Março	Junho	Março	Junho	Março	Junho
Firmeza (kgf/cm <sup>2</sup> )						
6	4,7 cA	6,5 abcA	5,4 bcA	7,04 abA	6,86 aA	8,19 aA
8	1,42 cB	5,00 abAB	3,72 bAB	6,68 Aa	4,58 abB	6,52 aA
10	2,94 bB	4,9 aAB	2,84 aA	6,7 Aa	1,64 bC	5,54 abC
12	2,14 bB	3,5 bB	1,72 bBC	1,92 bB	1,45 bC	7,04 aAB
14	1,50 aB	3,42 aB	1,30 aC	2,00 Ab	1,44 aC	1,66 aD
pH						
6	4,59 abA	5,09 aA	4,80 abA	4,41 bB	4,91 abA	4,91 abA
8	4,02 dB	4,95 abA	4,57 bcA	5,23 aA	4,3 cB	4,8abB
10	4,33 bcAB	4,82 bA	4,45 bcA	4,81 bcAB	4,25 cB	5,44 aA
12	4,36 bAB	4,88 abA	4,47 bA	4,54 bB	4,3 bB	5,35 aA
14	4,45 aAB	4,68 aA	4,44 aA	4,36 aB	4,37 aAB	4,27 aB
AT- Acidez Titulável (%)						
6	0,59 aA	0,21 bB	0,36 abA	0,35 abAB	0,3 bB	0,22 bA
8	0,69 aA	0,31 bcB	0,51 abA	0,27 bcB	0,48 abcAB	0,24 cA
10	0,66 aA	0,41 abAB	0,56 aA	0,46 aAB	0,52 aAB	0,21 bA
12	0,60 aA	0,57 aA	0,59 aA	0,53 aA	0,57 aA	0,25 bA
14	0,53 aA	0,58 aA	0,54 aA	0,47 aAB	0,63 aA	0,44 aA
SS- Sólidos Solúveis (°Brix)						
6	1,30 aB	0,32 bA	0,80 abC	0,42 bB	0,46 abC	0,134 bC
8	2,38 bA	0,62 cA	0,92 cBC	0,54 cB	1,94 cBC	0,15 aA
10	1,86 aAB	0,94 bcA	1,70 abAB	0,82 cB	1,82 aAB	0,38 cC
12	2,14 aA	0,40 abAB	1,72 abAB	1,09 bcB	2,25 aA	0,32 cC
14	2,48 aA	0,72 bA	1,88 aA	2,32 aA	2,02 aA	2,17 aB

\* Médias seguidas por letras distintas maiúsculas na mesma linha e minúsculas na mesma coluna, diferem entre si, ao nível de 5 % de probabilidade pelo teste de Tukey (n=5).

Os frutos das cultivares Japira e Vitória somente a partir do 10<sup>o</sup> dia após a colheita (DAC) apresentaram queda mais acentuada da firmeza indicando, assim, um maior tempo de prateleira. A polpa dos frutos da bananeira, no decorrer do amadurecimento, torna-se macia devido a transformação enzimática da protopectina em pectina solúvel, e do amido em açúcares solúveis (CHITARRA, 1990). Sales et al.(2004) relataram que há uma estreita relação entre a

degradação de polissacarídeos de pectinas com a perda da firmeza do tecido de frutos de banana “prata-anã” durante o processo de amadurecimento, sendo que a solubilização da pectina e da hemicelulose foi mais evidente nas fases mais tardias do amadurecimento.

Concomitantemente à perda de firmeza, a cultivar Prata apresentou também os menores valores de sólidos solúveis (SS). A acidez titulável (AT) no mês de junho, nas três cultivares, foi menor que no primeiro no mês – março -, se comparado com os valores obtidos no mês de junho. Esse resultado pode estar também relacionado às condições ambientais do mês de março, período de baixa disponibilidade hídrica e temperaturas muito altas, características que podem ter alterado o potencial hídrico das células provocado pelo aumento na concentração de solutos - a medida que o conteúdo em água diminui, a célula encolhe cada vez mais, as paredes relaxam e a membrana plasmática torna-se mais espessa, uma vez que cobre uma área menor (NELSON e MOSER, 1994)

Altas temperaturas e estiagem prolongada que ocorreram no mês de março e temperaturas bem abaixo da média no mês de junho foram fatores que podem ter interferido no crescimento e desenvolvimento das plantas, uma vez que essas variações exigem maior plasticidade para tolerar ou até mesmo se adequar a tais variações (ZHENG et al., 2010; LI, et al., 2010). A eficiência fotoquímica das cultivares foi bastante comprometida no mês de junho. O menor índice de clorofila total e o aumento na peroxidação de lipídios confirmam a ocorrência de danos oxidativos nas células neste período e indicaram a cultivar Prata como menos tolerante a estas variações ambientais. As cv. Japira e Vitória podem ser uma alternativa ao plantio da cv. Prata uma vez que além de serem resistentes à algumas doenças mostraram-se nesse trabalho mais tolerantes aos extremos de temperatura e à baixa pluviosidade.

## 4 CONCLUSÕES

O desempenho fotoquímico das folhas das cultivares ficou bastante comprometido no mês de junho, uma vez que os parâmetros analisados nos permitem sugerir que houve um menor aproveitamento da energia fotoquímica, que pode estar relacionada à maior desestabilização das membranas nesse mesmo período e conseqüentemente um menor índice de clorofila foi registrado. A cultivar Prata foi a que apresentou uma resposta fisiológica menos tolerante aos estresses.

As cultivares Japira e Vitória apresentaram respostas fisiológicas bem semelhantes, o que nos permite supor que isso se deve ao fato de que ambas tenham maior proximidade filogenética: híbridos tetraplóides (AAAB) enquanto a Prata é um híbrido triplóide (AAB).

O teor de nutrientes não apresentou diferenças significativas entre os meses e as cultivares. No entanto, a formação do fruto foi bastante significativa: os parâmetros observados permite-se concluir que as cultivares Japira e Vitória estabeleceram na fase pré-colheita um bom rendimento químico e conseqüentemente a formação dos frutos foi favorecida. Cabe ressaltar que todos os frutos foram bastante prejudicados no segundo mês.

## 5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARNON, D.I. Copper enzymes in isolated chloroplasts: Polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*. **Plant Physiology**. v. 24, p. 1-15, 1949.

AZEVEDO NETO, A. D.; PRISCO, J. T.; ENÉAS-FILHO, J.; ABREU, C. E. B.; GOMES-FILHO, E. Effects of salt stress on antioxidative enzymes and lipid peroxidation in leaves and roots of salt-tolerant and salt-sensitive maize genotypes. **Environmental and Experimental Botany**, v.56, p. 87-94, 2006.

AWADA, M.; LONG, C.R. The selection of the phosphorus index in papaya tissue analyses. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 94, n. 5, p. 501-504, 1969.

BUSSOTTI, 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**. doi: 10.1016 . 2010

CAVATTE, P. Q. R. **Produção dos frutos das bananeiras ‘Prata Anã’ e ‘Fhia-01’ tratadas com paclobutrazol**. 2008. 57f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia), Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2008.

CHITARRA, M. F. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: Fisiologia e manuseio**. Lavras; ESAL/FAEPE, 1990, 320p.

CHIN, L. H.; ALI, Z. M.; LAZAN, H. Cell wall modifications, degrading enzymes and softening of carambola fruit during ripening. **Journal of Experimental Botany**. v. 50, n. 335, p. 767-775. 1999.

COSTA, A. N. da; COSTA, A. de F. S. da; ARAÚJO, J. B. S.; MANGARAVITE, J. C. S.; VENTURA, J. A.; MIRANDA, V. **Recomendações técnicas para o cultivo da banana orgânica**. Vitória: Incaper, (Documentos, 144), 2006, 48 p.

DADZIE, B.K.; ORCHARD, J. E. **Evaluación rutinaria postcosecha de híbridos de bananas y platanos: criterios y métodos**. Roma, Itália. CIRPAC. IPGRI, (Guia técnicas INIBAP 2).1997, 63 p.

DiFEO, L.V., LAGUNA, I.G., BIDERBOST, E.B. Alteraciones fisiológicas asociadas a la infección con Mal de Río Cuarto virus (MRCV) y a fitotoxicidad provocada por su insecto vector (*Delphacodes kuscheli* Fennah) en trigo. **Tropical Plant Pathology**. v. 35, n. 2, p. 79-87, 2010.

DONATO, S. L. R.; SILVA, S. O.; FILHO, O. A. L., LIMA, M. B.; DOMINGUES, H.; ALVES, J. S. Comportamento de variedades e híbridos de bananeira (*Musa spp.*), em dois ciclos de reprodução no sudoeste da Bahia, **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal – SP. v. 28, n. 1, p. 139-144, 2006.

EPSTEIN, E; BLOOM, A.J. **Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas**. 2.ed. Planta, Londrina., 2006, 392p.

FERGUNSON, I.; VOLZ, R.; WOOLF, A. Preharvest factors affecting physiological disorders of fruit. **Postharvest Biology and Technology**, v.15, p.255 - 262, 1999.

GONDIM, A. R. O.; MEDEIROS, J. F.; LEVIEN, S. L. A.; CARMO, G. A.; SENHOR, R. F. Balanço hídrico e da salinidade do solo na bananeira irrigada com água de diferentes salinidades. **Acta Scientiarum Agronomy**. v. 31, p. 1-6, 2009.

GUISSÉ, B.; SRIVASTAVA, A.; STRASSER R.J. The polyphasic rise of the chlorophyll a fluorescence (O-K-J-I-P) in heat-stressed leaves. *Archives of Science*, 48, 147–160. 1995.

GUTTERIDGE, J. M.; C.; HALLIWELL, B. The measurement and mechanism of lipid peroxidation in biological systems. **Trends in Biochemical Sciences**, v.15, p.129-135, 1990.

HEBER, U.; SONI, V.; STRASSER, R. J. Photoprotection of reaction centers: thermal dissipation of absorbed light energy vs charge separation in lichens. **Physiologia Plantarum**, v.142, p.65–78, 2011.

HODGES, D.M.; DeLONG, J.M.; FORNEY, C.F.; PRANGE, RK. Improving the thiobarbituric acid-reactive-substances assay for estimating lipid peroxidation in plant tissues containing anthocyanin and other interfering compounds. **Planta**. v. 207, p. 604-611, 1999.

JONES JR, J.B.; WOLF, B.; MILLS, H.A. **Plant analysis handbook: a practical sampling, preparation, analysis, and interpretation guide**. Athens: Micro-Macro Publishing.1993, 213 p.

LAZAR, D.; ILIEK, P.; NAUS I. An appearance of K peak in fluorescence induction depends on the acclimation of barley leaves to higher temperature. **Journal of Luminescence**, 72, 595–596. 1997

LAZAR D.; POSPISIL P. Mathematical simulation of chlorophyll a fluorescence rise measured with 3-(3',4'-dichlorophenyl)-1, 1-dimethylurea-treated barley leaves at room and high temperatures. **European Biophysics Journal**, 28, 468–477. 1999

LAZAR, D. The polyphasic chlorophyll a fluorescence rise measured under high intensity of exciting light. **Functional Plant Biology**. v. 33, n. 1, p. 9-30, 2006.

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 II photochemistry and expression of the NADPH: protochlorophyllide oxidoreductase in the alpine, subnival perennial, *Chorispora bungeana*. **Photosynthetica**. v. 48, n.3, p. 457-468, 2010.

LOTT, W. L.; NERY, J.P.; GLLO, J.R.; MEDCALF, J.C. **A técnica de análise foliar aplicada ao cafeeiro**. **Boletim técnico**, São Paulo, IBEC Research Institute, 1956, 40p.

KERBAUY, G. B. **Fisiologia Vegetal**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan., 2004, 452p.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. 2 ed. Piracicaba: **Associação brasileira de Pesquisa Potassa e do Fosfato**. 1997, 319p.

MANICA,I. **Fruticultura: 4. Banana**. Porto. 1ed. Alegre: Cinco Continentes.1997, 485p.

MARTIN-PREVÉL, P. Echantillonnage du bananier par l'analyse foliaire conséquences des différences de techniques. **Fruits**, Paris, v.32, n.3, p.151-166, 1977.

MATHUR, S.; JAJOO, A.; MEHTA, P.; BHARTI, S. Analysis of elevated temperature-induced inhibition of photosystem II using chlorophyll a fluorescence induction kinetics in wheat leaves (*Triticum aestivum*). **Plant Biology**, v.13, 1–6, 2011.

MELO, A. S. et al. Alterações das características fisiológicas da bananeira sob condições de fertirrigação. **Ciência Rural**, Santa Maria, On Line ISSN 0103-8478, 2008.

MEHTA, A P., JAJOO, A., MATHUR, 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.

MIELKE, M.S., SCHAFFER, B., LI, C. Use of a SPAD meter to estimate chlorophyll content in *Eugenia uniflora* L. leaves as affected by contrasting light environments and soil flooding. **Photosynthetica**. v.48, n. 3, p. 332-338, 2010.

MINOLTA, C. **Manual for chlorophyll meter SPAD-502**. Osaka: Minolta Radiometric Instruments Divisions. 1989, 22p.

MOREIRA, A.; FAGERIA, N. K. **Repartição e remobilização de nutrientes na bananeira**, Revista Brasileira de Fruticultura, v. 31, n.2, p. 574- 581, 2009.

NELSON, C.J., MOSER, L.E. Plant factors affecting forage quality. In: FAHEY JR., G.C. (Ed.) Forage quality, evaluation and utilization. Madison: **American Society of Agronomy**. p.115-154, 1994.

OUKARROUM, A.; SCHANSKER, G.; STRASSER, R. J. Drought stress effects on photosystem I content and photosystem II hermotolerance analyzed using Chl a fluorescence kinetics in barley varieties differing in their drought tolerance. **Physiologia Plantarum**. v.137, p.188–199, 2009.

PEREIRA, M. C. T.; SALOMÃO, L. C. S.; SILVA, S. de O. Suscetibilidade à queda natural e caracterização dos frutos de diversos genótipos de bananeiras. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal. v.26, n.3, p. 499-502, 2004.

PIMENTEL, C., **Metabolismo do Carbono na Agricultura Tropical**, 1ed., Rio de Janeiro: Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. 1998, 158p.

POMPODAKIS, N. E., TERRY, L. A., JOYCE, D.C., LYDAKIS, D. E., PAPADIMITRIOU, M.D., Effect of seasonal variation and storage temperature on leaf chlorophyll fluorescence and vase life of cut roses. **Postharvest Biology and Technology**. v. 36, p.1–8, 2005.

PREZOTTI, L.C. **Recomendação de calagem e adubação para o Estado do Espírito Santo**, 3ª aproximação, Vitória: EMCAPA, 73p. (Circular Técnica,12), 1992.

RAMOS, H. E. A.; NÓBREGA, N. E. F.; SILVA, J. G. F. Balanço hídrico climático e classificação climática para a região produtora de bananeira do Município de Alfredo Chaves – ES Agrometeorologia, **Anais** :XX Congresso Brasileiro de Fruticultura – Vitória/ES, 2008.

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

ROBINSON, J.B., Fruits, vines and nuts. In: REUTER, D.J., ROBINSON, J.B. **Plant analysis: an interpretation manual.** Melbourne: Inkata Press, p.120-147, 1986.

SARRUGE, J. R.; HAAG, H. P. **Análises químicas de plantas.** Piracicaba, ESALQ, 1974, 56 p.

SALES, A. N., BOTREL, N., COELHO, A. H. R. **Aplicação de 1-metilciclopropeno em banana 'Prata-Anã' e seu efeito sobre as substâncias pécticas e enzimas pectinolíticas.** Ciência Agrotécnica, v. 28, n. 3, p. 479-487, 2004.

SCARANI, C. **Aclimação de mudas micropropagadas de bananeira (*Musa spp.*) cv. Grande naine.** 2006. 116 f. Tese (Doutorado Engenharia Agrícola na área de Construções Rurais e Ambiências) Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Agrícola e Ambientais, Campinas, 2006.

SHIMAZAKI, K.I. et al. Light regulation of stomatal movement. **Annual Review of Plant Biology**, Palo Alto, v.58, p.219-247, 2007.

SRIVASTAVA A., GUISSÉ B., GREPPIN H., STRASSER R.J. Regulation of antenna structure and electron transport in Photosystem II of *Pisum sativum* under elevated temperature probed by the fast polyphasic chlorophyll a fluorescence transient: OKJIP. **Biochimica et Biophysica Acta**, 1320, 95–106, 1997.

SILVA, F. A. S. **Assistat.exe. Versão 7.4 beta.** Campina Grande: Personal PC, 2010.

SNIDER, J.L., OOSTERHUIS, D.M., SKULMAN, B. W., KAWAKAMI, E.M. Heat stress-induced limitations to reproductive success in *Gossypium hirsutum*, **Physiologia Plantarum**. v. 137, p. 125-138, 2009.

STRASSER, R.J.; TSIMILLI-MICHAEL, M.; DANGRE, D.; RAI, M. Biophysical phenomics reveals functional building blocks of plants systems biology: a case study for the evaluation of the impact of Mycorrhization with *Piriformospora indica*. In: VARMA, A.; OELMÜLER, R. (Eds.). **Advanced Techniques in Soil Microbiology.** Soil Biology, p. 319–341, 2007.

STRASSER, R.J., SRIVASTAVA, A., TISSIMILI-MICHAEL, M. Analysis of fluorescence transiente in: G. Papageogiou, Govindjee (Eds), Chlorophyll fluorescence: a Signature of Photosynthesis, Advances in Photosynthesis and Respiration. Springer, **Dordrecht**. vol. 19, p. 321-362, 2004.

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.; SRIVASTAVA, A.; TSIMILLI, M. The fluorescence transient as a tool to characterize and screen photosynthetic samples. – In: Yunus, M., Pathre, U., Mohanty, P. (ed.): **Probing Photosynthesis: Mechanisms, Regulation and Adaptation.** p. 445-483. Taylor and Francis, London – New York. 2000.

STRASSER, R.J. Donor side capacity of PS II probed by chlorophyll a fluorescence transients. **Photosynthesis Research**, 52, 147–155. 1997.

TEIXEIRA, L.A.J. et al., **Recomendação de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**, 2ed, Campinas: Instituto Agrônômico; Fundação IAC, p 131-132 (Boletim Técnico), 1997.

TEDESCO, M. J.; VOLKWEISS, S. J.; BOHNEN, H. Análises de solo, plantas e outros materiais. **Boletim técnico**, 5, Porto Alegre, UFRGS. 1985, 188p.

TEIXEIRA, L.A.J. Tópicos de nutrição e adubação de bananeira. In: Reunião Itinerante de Fitossanidade do Instituto Biológico, 13., 2005. **Anais**. São Paulo: Instituto Biológico. p. 66-79, 2005.

TÒTH, S.Z. Analysis and Application of the Fast Chl a Fluorescence (OJIP) Transient complemented with simultaneous 820 nm transmission measurements. Tese de Doutorado, Universidade de Genebra, Suíça. 170p. 2006.

VENTURA, J. A. et al. **Vitória e Japira-Novas Cultivares de Bananeira**, 2° ed., ISSN 1519-2059, Vitória: Incaper, (Doc. 142), 2007.

VENTURA, J. A.; GOMES, J. A. **Recomendações técnicas para o cultivo de bananeira no Estado do Espírito Santo**. Vitória: Incaper, 42 p. (Doc. 141), 2005.

YUSUF, M. A.; KUMAR, D.; RAJWANSHI R.; STRASSER, R. J.; TSIMILLI-MICHAEL, M.; GOVINDJEE; SARIN, N. B., Overexpression of  $\gamma$ -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.

ZHANG, M-P; ZHANG, C-J; YU, G-H; JIANG, Y-Z; STRASSER, R.J.; YUAN, Z-Y; YANG, X-S; CHEN, G-X. Changes in chloroplast ultrastructure, fatty acid components of thylakoid membrane and chlorophyll a fluorescence transient in flag leaves of a super-high-yield hybrid rice and its parents during the reproductive stage. **Journal of Plant Physiology**. v. 167, p. 277-285, 2010.

ZHENG, Y.X., WU, J.C., CAO, F.L., ZHANG, Y.P. Effects of water stress on photosynthetic activity, dry mass partitioning and some associated metabolic changes in four provenances of neem (*Azadirachta indica* A. Juss). **Photosynthetica**. v.48. n.3, p. 361-369, 2010.