

ESTABILIDADE FENOTÍPICA E AVALIAÇÕES FISIOLÓGICAS DE
CULTIVARES DE MORANGUEIRO *Fragaria x ananassa* Duch. EM
DIFERENTES AMBIENTES DE CULTIVO

DRIELI APARECIDA ROSSI

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE FLUMINENSE
DARCY RIBEIRO - UENF

CAMPOS DOS GOYTACAZES - RJ
MARÇO- 2014

ESTABILIDADE FENOTÍPICA E AVALIAÇÕES FISIOLÓGICAS DE
CULTIVARES DE MORANGUEIRO *Fragaria x ananassa* Duch. EM
DIFERENTES AMBIENTES DE CULTIVO

DRIELI APARECIDA ROSSI

“Tese apresentada ao Centro de Ciências e
Tecnologias Agropecuárias da Universidade
Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro,
como parte das exigências para obtenção do
título de Doutor em Genética e Melhoramento
de Plantas”

Orientador: Prof. Nilton Rocha Leal

CAMPOS DOS GOYTACAZES - RJ
MARÇO - 2014

ESTABILIDADE FENOTÍPICA E AVALIAÇÕES FISIOLÓGICAS DE
CULTIVARES DE MORANGUEIRO *Fragaria x ananassa* Duch. EM
DIFERENTES AMBIENTES DE CULTIVO

DRIELI APARECIDA ROSSI

“Tese apresentada ao Centro de Ciências e
Tecnologias Agropecuárias da Universidade
Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro,
como parte das exigências para obtenção do
título de Doutor em Genética e Melhoramento
de Plantas”

Aprovada em 24 de março de 2014

Comissão Examinadora:

Prof. Eliemar Campostrini (D. Sc. - Produção Vegetal) – UENF

Dr.^a Andréa Ferreira da Costa (D. Sc. - Produção Vegetal) – INCAPER

Dr. Hércio Costa (D. Sc. - Fitopatologia) – INCAPER

Prof. Nilton Rocha Leal (Ph. D. - Melhoramento Genético Vegetal) - UENF
(Orientador)

Dedico,

*Aos meus amados pais, Domingos Bravin Rossi e Maria José Braga
Rossi,
Pelo amor e apoio.*

*Ao meu esposo Emerson José Pizzol,
Meu eterno companheiro.*

E

*Às minhas irmãs, Danieli Flavia Rossi e Dayani da Penha Rossi,
Pela amizade e força.*

Ofereço,

Ao Senhor Jesus, Que é digno de toda honra e toda glória...

*Não tenho palavras para agradecer tua bondade
Dia após dia me cercas com fidelidade
Nunca me deixes esquecer, que tudo o que tenho, tudo o que sou, o
que vier a ser, vem de ti, Senhor.
Dependo de ti, preciso de ti, “sozinha nada posso fazer”
Descanso em ti, espero em ti, “sozinha nada posso fazer”
Nunca me deixes esquecer, que tudo o que tenho, tudo o que sou, o
que vier a ser, vem de ti, Senhor...*

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela graça da vida e pelas incontáveis bênçãos durante todo este período;

Aos meus pais, pelo carinho, confiança e incentivo para seguir esta jornada, minhas irmãs, pela compreensão e, simplesmente, pelo fato de estarem sempre perto de mim, e a todos os meus familiares, principalmente meus avós, Olinda, Ernesto, Paula e Natalino, pelas orações e boas energias enviadas, elas chegaram, pode ter certeza;

Ao meu esposo Emerson, pelo companheirismo, paciência, carinho e apoio quando tudo dava errado, e aos seus pais, pela amizade e apoio;

Ao meu orientador, Nilton Rocha Leal, meu Mestre, pela confiança no meu trabalho;

A UENF, pela oportunidade de cursar minha inesquecível graduação, o mestrado e o doutorado;

A Faperj, pela concessão da bolsa;

Ao Incaper, pelo apoio nos experimentos de campo;

Ao Programa de Genética e Melhoramento de Plantas, pela oportunidade e confiança, e aos professores do LMGV, pela atenção e por estarem sempre dispostos a me ajudar;

A minha querida amiga, Andréa Costa, pela orientação, amizade e pela oportunidade de trabalhar com morangueiro;

Aos grandes amigos Geovana, Jardel, Carolina, Yaska, Tati, Roberta, Tatiana, Lívia, que tanto me ouviram e ajudaram, aos colegas do LMGV, em especial as “fofoletes”, que foram companheiras nas disciplinas e na qualificação;

A todos que me ajudaram de maneira direta e indireta.

SUMÁRIO

RESUMO.....	vii
ABSTRACT.....	ix
1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVOS	4
3. CAPÍTULOS.....	5
3.1 ESTABILIDADE DE CULTIVARES DE MORANGUEIRO SOB DIFERENTES AMBIENTES DE CULTIVO NA REGIÃO SERRANA DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO	5
3.1.1. INTRODUÇÃO	5
3.1.2. REVISÃO DE LITERATURA.....	6
3.1.2.1. Origem e aspectos botânicos do morango cultivado	6
3.1.2.2. Melhoramento genético do morangueiro	9
3.1.2.3. Interação genótipos x ambientes	10
3.1.2.4. Caracterização das cultivares utilizadas nos experimentos.....	13
3.1.3. MATERIAL E MÉTODOS.....	14
3.1.3.1 Localização e condições experimentais	14
3.1.3.2. Análises estatísticas	16
3.1.3.2.1. Análise de variância individual	16
3.1.3.2.2. Interação genótipos x ambientes.....	16
3.1.3.2.3. Decomposição da interação em parte simples e complexa.....	18
3.1.3.2.4. Estimadores de estabilidade fenotípica	18

3.1.3.2.4.1. Método de Plaisted e Peterson (1959)	18
3.1.3.2.4.2. Método de Wricke (1965)	19
3.1.3.2.4.3. Método de Lin e Binns (1988)	19
3.1.4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	20
3.1.4.1. Análise de variância individual e conjunta	20
3.1.4.2. Decomposição da interação G x A	22
3.1.4.3. Análises de estabilidade fenotípica	23
3.1.4.3.1 Metodologia de Plaisted e Peterson (1959)	23
3.1.4.3.2. Metodologia de Wricke (1965).....	24
3.1.4.3.3. Metodologia de Lin e Binns (1988).....	26
3.1.5. CONCLUSÕES.....	29
3.2. AVALIAÇÕES FISIOLÓGICAS E AGRONÔMICAS DE CULTIVARES DE MORANGUEIRO (FRAGARIA X ANANASSA DUCH.) CONDUZIDOS EM TÚNEL ALTO, BAIXO E CAMPO ABERTO: UMA ABORDAGEM PARA SELEÇÃO DE CULTIVARES EM CLIMA TROPICAL	30
3.2.1. INTRODUÇÃO	30
3.2.4. REVISÃO DE LITERATURA.....	32
3.2.4.1. Componentes fisiológicos e fotossíntese no melhoramento	32
3.2.4.2. Fotoinibição e suas consequências na produção	34
3.2.4.3. Avaliação da fotoinibição como estratégia de seleção de cultivares no melhoramento genético do morangueiro.....	36
3.2.4.4. Caracterização das cultivares utilizadas nos experimentos.....	37
3.2.3. MATERIAL E MÉTODOS	38
3.2.3.1. Localização e condições experimentais	38
3.2.3.2. Características avaliadas	40
3.2.3.2.1. Características agronômicas	40
3.2.3.2.2. Características fisiológicas.....	40
3.2.3.3. Análises de variância individual e conjunta	42
3.2.4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	43
3.2.4.1. Características agronômicas	43
3.2.4.2. Características fisiológicas	46
3.2.4. CONCLUSÕES	53
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	55

RESUMO

ROSSI, DRIELI APARECIDA; D.Sc. ; Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro; 2014; Estabilidade fenotípica e avaliações fisiológicas de cultivares de morangueiro *Fragaria x ananassa* Duch. em diferentes ambientes de cultivo. Professor orientador: Nilton Rocha Leal. Professores conselheiros: Prof. Eliemar Campostrini, Dr^a. Andréa Ferreira da Costa e Dr. Hércio Costa.

Com o propósito de estimar a estabilidade fenotípica de cultivares de morangueiro na região Serrana do Espírito Santo, avaliou-se a produtividade de quatro cultivares: 'Albion', 'Aromas', 'Camarosa' e 'Camino Real', utilizando como ambientes os sistemas de manejo: túnel alto com *mulching* branco, túnel alto com *mulching* preto, túnel baixo com *mulching* branco e túnel baixo com *mulching* preto, montados em um delineamento de blocos ao acaso, com três repetições, e quinze plantas por unidade experimental. Após ser detectado significância nas interações cultivar x ambiente, foi efetuada a decomposição da interação em parte complexa, sendo que, todos os contrastes de ambientes apresentou interação do tipo simples. Foram feitos estudos de estabilidade utilizando as metodologias de Plaisted e Peterson (1959), Wricke (1965) e Lin e Binns (1988). Na análise pelo método de Plaisted e Peterson (1959), a cultivar 'Camarosa' foi indicada como a mais estável. O método de Wricke foi totalmente concordante com Plaisted e Peterson. Pela metodologia de Lin e Binns, o menor valor de Pi geral foi da cultivar 'Aromas', sendo que esta também foi indicada para ambientes favoráveis e ambientes desfavoráveis. Apesar da discordância dos métodos, a cultivar

considerada mais estável foi 'Aromas', devido a sua alta produtividade em todos os ambientes. Para avaliar, por meio de ferramentas fisiológicas, a influência do fenômeno da fotoinibição sobre a produtividade de cultivares de morangueiro, a fim de encontrar possíveis diferenças genotípicas, e utilizá-las em programas de melhoramento, um experimento foi conduzido com cultivares de morangueiro em diferentes ambientes de cultivo: túnel alto, baixo e a céu aberto. Para tanto, um experimento foi montado no município de Domingos Martins, região serrana do Estado do Espírito Santo. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, com três repetições e 15 plantas por parcela em cada um dos três ambientes de cultivo. Foram avaliadas características agrônômicas e fisiológicas, tais como: produtividade, produção comercial, número total de frutos, número de frutos comerciais e peso médio de frutos comerciais, taxa fotossintética líquida, condutância estomática, transpiração, déficit de pressão de vapor entre a folha e o ar, relação F_v/F_m , porcentagem de fotoinibição e conteúdo de clorofila. A cultivar 'Camarosa' obteve o melhor desempenho agrônômico em todos os ambientes estudados, porém não diferiu estatisticamente de 'Diamante'. As maiores produtividades foram encontradas no ambiente túnel alto. Não houve diferença significativa nas taxas fotossintéticas entre as cultivares 'Camarosa' e 'Diamante', e nem entre as suas respectivas produtividades, o que sugere uma provável adaptação a climas tropicais, quando comparadas com a cultivar 'Ventana'. Os menores valores encontrados pelo MPC (Medidor Portátil de Clorofila) na cultivar 'Ventana' podem sugerir uma diminuição da longevidade foliar, pois antecipa os processos de senescência da folha mostrando possíveis comprometimentos no funcionamento do Fotossistema II, consequência da fotoinibição. A cultivar 'Ventana', portanto, mostrou-se menos tolerante às condições ambientais, ou seja, a regiões tropicais.

ABSTRACT

ROSSI, DRIELI APARECIDA; D.Sc. , Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro , 2014; Phenotypic stability and physiological assessments of strawberry cultivars (*Fragaria x ananassa* Duch.) in different cultivation environments. Advisor: Nilton Rocha Leal. Comittee members: Prof. Eliemar Campostrini, Dr^a Andréa Ferreira da Costa and Dr. Hércio Costa.

With the aim to estimate the phenotypic stability of strawberry cultivars in the mountainous region of the Espírito Santo State, was rated the quality of four cultivars Albion, Aromas, Camarosa and Camino Real, using as environments systems management : high tunnel with white mulching , high tunnel with black mulching, low tunnel with white mulching and low tunnel with black mulching, mounted in a randomized complete block design with three replications, and fifteen plants per experimental unit. After being detected significance in cultivar x environment interactions, was performed the decomposition of the interaction in complex part, with all the contrasts of environments showed interaction of simple type. Stability studies using the methodologies Plaisted and Peterson (1959), Wricke (1965) and Lin and Binns (1988) were made. In the analysis by the method of Plaisted and Peterson (1959), the Camarosa cultivar was indicated as the most stable. The method of Wricke was completely consistent with Plaisted and Peterson. The methodology of Lin and Binns, the lowest Pi general value was of the Aromas, and this was also nominated for favorable environments and unfavorable environments. Despite the disagreement of methods, the most stable

cultivar was considered Aromas, due to its high productivity in all environments. To evaluate, using physiological tools, the influence of the photoinhibition phenomenon on productivity of strawberry cultivars in order to find possible genotypic differences and use them in breeding programs, an experiment was conducted with strawberry cultivars in different cultivation environments: high tunnel, low tunnel and open field, an experiment was set up in the Domingos Martins city, mountainous region of the Espírito Santo State. The experimental design was a randomized block design with three replications and 15 plants per plot. Agronomic and physiological characteristics were evaluated, such as: Productivity, commercial production, total number of fruits, number of marketable fruits and average weight of marketable fruits, photosynthetic rate, stomatal conductance, transpiration, vapor pressure deficit between the leaf and the air, ratio F_v/F_m , percentage of photoinhibition and chlorophyll content. Camarosa cultivar got the best agronomic performance in all environments studied, though not significantly different from Diamond. The highest yields were found in the high tunnel environment. There wasn't significant difference in photosynthetic rates among Camarosa and Diamond cultivars and between their respective yields, suggesting a probable adaptation to tropical climates when compared with the Ventana cultivar. The lower values found by MCP reading in the Ventana cultivar may suggest a decrease in leaf longevity because anticipates the processes of leaf senescence showing possible impairment in the functioning of Photosystem II, a consequence of photoinhibition. The cultivar Ventana, therefore, was less tolerant to environmental conditions, i.e., the tropical regions.

1. INTRODUÇÃO

A produção de hortaliças para consumo *in natura* é uma atividade intensa pautada por desafios técnicos e de mercado e o morango é uma das hortaliças mais cultivadas em todo o mundo (Hummer, 2007). Segundo Pagot e Hoffmann (2003), o morango é uma das mais importantes das chamadas “*berries*”, tendo como característica geral a alta exigência em mão-de-obra, mas com a real possibilidade da obtenção de alto retorno econômico em áreas de pequeno cultivo e em pouco tempo. De maneira geral, se inserem no mercado como alternativa de diversificação, especialmente para pequenas e médias propriedades rurais, auxiliando na viabilização da agricultura e no aumento da renda do produtor.

Segundo a “Food and Agriculture Organization” - FAO (FAO, 2014), a área plantada no mundo foi de aproximadamente 242.000 ha, com produção de 4,3 milhões de toneladas em 2011. Os maiores produtores mundiais são Estados Unidos da América (1.312.960 t.ano⁻¹), Turquia (302.416 t.ano⁻¹) e Espanha (262.730 t.ano⁻¹). A produção dos Estados Unidos corresponde a quatro vezes mais que a da Turquia e os três respondem por mais de 40% da produção mundial. A produção do Brasil vem crescendo anualmente. Segundo o último censo agropecuário, em 2006 a produção foi de 72.245 toneladas, sendo que os cinco maiores produtores são Minas Gerais (40.245 t), Paraná (9.819 t), São Paulo (5.030 t), Rio Grande do Sul (6.265 t) e Espírito Santo (4.368 t) (IBGE, 2014). O crescimento acentuado da produção dos últimos anos em todo o mundo deve-se principalmente ao melhoramento genético, tendo como exemplo a

Espanha (Hokanson e Maas, 2001), a qual não era considerada como grande produtor da região, e, atualmente, é um dos maiores produtores do mundo.

No Espírito Santo, a cultura de morango tem grande relevância socioeconômica, uma vez que absorve um elevado contingente de mão de obra, em torno de 15 pessoas.ha⁻¹ano⁻¹, nas operações de produção, colheita e pós-colheita. (Reichert e Madail, 2003). Após a introdução da cultura no Estado, até a metade da década de noventa a sua expansão foi lenta, não tendo atingido mais do que 30 ha de área plantada, entretanto, a partir daí ocorreu uma expansão significativa, atingindo cerca de 150 ha (Balbino e Marin, 2006).

A utilização de ambientes protegidos como túneis alto e baixo na cultura visa prolongar o período de colheita, além de fornecer proteção contra fortes radiações solares, chuvas, geadas, minimizando os efeitos ambientais e, desta forma, reduzindo o aparecimento de muitas doenças e pragas. Como consequência, há uma redução na necessidade de aplicação de agrotóxicos para controle de doenças e pragas, com consequente ganho na qualidade do produto para o consumidor final. Nos Estados Unidos, o túnel alto é muito utilizado no cultivo de pequenas frutas, como o morango, com os objetivos de melhor conservação dos frutos e extensão do período de colheita (Demchak e Hanson, 2013).

A cobertura plástica dos canteiros é amplamente utilizada na cultura do morangueiro, devido ao fato de proporcionar a redução de plantas invasoras, reduzir as perdas de água no solo, além de evitar o contato do fruto com o solo. Diferentes tipos de plásticos são utilizados para cobertura dos solos, como filmes pretos, branco, cinza, verde, marrom, amarelo e prateado (dupla-face). No caso dos filmes de cor mais clara, supõe-se que estes refletem maior parte dos raios solares, transmitindo pouca energia aos solos e aumentando a fotossíntese. Alguns trabalhos evidenciam o aumento do rendimento do morangueiro devido à utilização do *mulching* de diferentes cores (Wang et al., 1998; Kaspebauer, 2000 e Yuri et al., 2011).

A manifestação da interação genótipo por ambientes é uma realidade em programas de melhoramento de plantas para a maior parte das características de interesse. Avaliações para detecção desse fenômeno são importantes, pois, no caso de sua existência, há possibilidade de o melhor genótipo em um ambiente não o ser em outro. Esse fato influencia o ganho de seleção e dificulta a

recomendação de cultivares estáveis (Cruz, Regazzi e Carneiro, 2012). Os diferentes ambientes de cultivo do morangueiro podem alterar o desempenho produtivo de cultivares, principalmente as provenientes de programas de melhoramento genético internacionais.

Com a elevação das temperaturas e da radiação solar, o ambiente protegido torna-se uma alternativa para várias culturas como o morangueiro, e a compreensão de todos os fatores bióticos e abióticos ocorridos dentro de um ambiente protegido e suas inter-relações é de grande importância, já que no interior destes ambientes protegidos, diversas variáveis climáticas são alteradas, como radiação, luz, concentração de CO₂, umidade e temperatura.

Em função da diversidade edafoclimática existente no país, o pequeno número de cultivares disponível tem sido um dos principais obstáculos ao desenvolvimento da cultura do morangueiro, tanto nas regiões não produtivas quanto naquelas em que já se produz. A busca constante pelo melhor sistema de cultivo e consequente aumento da produtividade, além de obter cultivares mais adaptadas a ambientes tropicais tem sido um dos principais objetivos de programas de melhoramento da cultura presente no Brasil e demais regiões tropicais. Assim, faz-se necessária a obtenção de informações sobre as diferenças genéticas entre as cultivares e suas respostas aos diversos ambientes.

2. OBJETIVOS

Os objetivos da presente pesquisa foram:

- a) Avaliar a estabilidade de quatro cultivares de morangueiro sob diferentes tipos de cultivo protegido e diferentes tipos de cobertura plástica;
- b) Avaliar, por meio de ferramentas fisiológicas, a influência do fenômeno da fotoinibição sobre a produtividade de cultivares de morangueiro, conduzidas sob os sistemas de manejo de túnel alto, baixo e a céu aberto.

3. CAPÍTULOS

3.1 ESTABILIDADE DE CULTIVARES DE MORANGUEIRO SOB DIFERENTES AMBIENTES DE CULTIVO NA REGIÃO SERRANA DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO

3.1.1. INTRODUÇÃO

O morangueiro (*Fragaria x ananassa* Duch.) é produzido e apreciado nas mais variadas regiões do mundo, sendo a espécie do grupo das pequenas frutas de maior expressão econômica (Oliveira et al., 2005). A seleção de cultivar possui importância relevante no sucesso do cultivo do morango, uma vez que chega a ser limitante devido a características como, por exemplo, exigência em fotoperíodo, número de horas de frio, dentre outras, que variam de acordo com o material genético. Assim, para seleção de uma cultivar, deve-se levar em consideração se os fatores ambientais do local onde se pretende instalar a cultura atendem às exigências da cultivar escolhida na região (Duarte Filho, 2007).

A interação genótipos por ambientes pode ser definida como a alteração no desempenho relativo dos genótipos, em função das diferenças de ambientes (Borém e Miranda, 2009). O procedimento mais indicado para contornar a

influência das interações genótipos por ambientes tem sido a utilização de cultivares com elevada estabilidade de desempenho em um número considerável de ambientes (Oliveira et al., 2006; Pereira et al., 2009).

Estudos de adaptabilidade e estabilidade em culturas hortícolas têm sido realizados nos últimos anos no Brasil, como abóbora (Santos, 2013), tomate (Gualberto, Braz e Banzatto, 2002), alface (Gualberto, Oliveira e Guimarães, 2009) e com morangueiro (Castro, 2002; Costa, 2009).

Atualmente, há dezenas de metodologias para determinação da estabilidade de cultivares a diferentes ambientes. Algumas metodologias são baseadas em análise de variância, outras em estatística não paramétrica, mas todas procuram dar subsídios de modo a facilitar a indicação de cultivares para o ambiente de interesse.

Segundo Cruz (2006), os métodos embasados na ANOVA fornecem estimativas do parâmetro de estabilidade expressas em componentes quadráticos (quadrados médios ou componentes de variância), sendo métodos de fácil interpretação e vantajosos, por serem aplicáveis quando o número de ambiente é reduzido, como, por exemplo, Plaisted e Peterson (1959) e Wricke (1965).

Já metodologias como a de Lin e Binns (1988), a performance das cultivares é quantificada pelo índice de estabilidade P_i , que corresponde ao quadrado médio da distância entre a média de uma cultivar para um dado ambiente e a resposta máxima para o mesmo ambiente, em todos os ambientes avaliados.

Desse modo, o objetivo do presente trabalho foi avaliar a estabilidade de cultivares de morangueiro sob diferentes ambientes de cultivo, a saber: túnel alto com *mulching* branco e preto e túnel baixo com *mulching* branco e preto, visando dar suporte para o progresso da cultura na região serrana do Espírito Santo.

3.1.2. REVISÃO DE LITERATURA

3.1.2.1. Origem e aspectos botânicos do morango cultivado

Os primeiros relatos sobre o morangueiro datam de 1300 na Europa, onde o morango conhecido era *Fragaria vesca*, denominada como 'Fraise de bois' (Darrow, 1966). Aproximadamente, na metade do século XVII, foi introduzido na Europa o morango oriundo da América do Norte, a espécie *F. virginiana* (Duchesne, 1766; Jones, 1986). Plantas de uma espécie proveniente do Chile, *F. chiloensis*, foram levadas para a Europa, porém apenas cinco plantas chegaram vivas e estas apresentavam apenas flores femininas, não sabendo que a planta era dioica (Darrow, 1966).

Fragaria x ananassa foi obtida do cruzamento casual de *F. chiloensis* e *F. virginiana*, identificado e descrito por Duchesne. Ao descrever o fruto ele cita que o odor (cheiro) e gosto do abacaxi estavam presentes nestes morangos, e os mesmos parecem se aproximar do abacaxi (Duchesne, 1766).

Apesar de o francês Antoine Nicolas Duchesne ter sido uma das autoridades mais antigas e conhecida sobre a história e classificação de morango, e a ele ser creditado o fato de ser o primeiro a identificar que o morango moderno era oriundo do cruzamento entre *F. chiloensis* x *F. virginiana*, foi o trabalho de melhoramento Inglês que originou as primeiras cultivares de morango da Europa (Darrow, 1966).

Após o sucesso do melhoramento da Inglaterra, também se iniciaram os trabalhos de melhoramento na França e na América. Entretanto, a base genética dos primeiros programas de melhoramento era estreita e, na tentativa de ampliar esta base genética, os melhoristas americanos utilizaram espécies nativas octaploides nos cruzamentos, em especial *F. virginiana*. Nos Estados Unidos a produção comercial começou por volta de 1800 e somente seleções de *F. virginiana* nativa foram usadas comercialmente até 1840, havendo mudanças após este período (Darrow, 1966).

O morangueiro pertence à Divisão Magnoliophyta (Angiospermae), Classe Magnoliopsida (Dicotiledoneae), Subclasse Rosidae, Ordem Rosales, Família Rosácea, Gênero *Fragaria* L. e Espécie *Fragaria x ananassa* Duch (Darrow, 1966). A planta do morangueiro é perene, herbácea, estolonífera, com folhas longo pecioladas e trifoliadas. Os folíolos são ovais, obtusos, dentilhados ou fortemente serrilhados. Das axilas das folhas, desenvolvem-se os estolões e as inflorescências. Os estolões são caules flexíveis e rastejantes, que emitem raízes e parte aérea a espaços regulares e constituem-se no principal método de

propagação. A inflorescência do morangueiro é uma série de ramos duplos produzindo uma flor na bifurcação de cada ramo. A flor individual geralmente é composta por cinco a dez sépalas verdes, cinco pétalas ovais brancas, os pistilos variam de 50 a 500, alguns autores informam ter 24 a 36 estames, enquanto outros citam de 25 a 30. Os pistilos dispõem-se em espiral no centro da flor, sobre o receptáculo amarelo. Os estigmas normalmente ficam receptivos antes da liberação de pólen da mesma flor (protoginia), favorecendo a polinização cruzada, apesar da mesma ser dioica (Darrow, 1966).

As principais fases do ciclo de desenvolvimento da planta se resumem em fase vegetativa, onde há a formação de estolões, a emissão de novas folhas e a formação de coroas secundárias. A fase reprodutiva abrange a indução floral, iniciação e surgimento das flores, bem como a formação, crescimento e maturação dos frutos (Darrow, 1966).

Os frutos são aquênios, encontrados em número variável (geralmente entre 150 e 200) na superfície dos morangos. Cada aquênio contém uma única semente. O morango, popularmente denominado fruto, é, na verdade, pseudofruto, formado pela hipertrofia do receptáculo floral (Gemtchújnicov, 1976; Branzanti, 1989; Padovani, 1991; Queiroz-Voltan *et al.*, 1996).

A classificação das espécies de *Fragaria* se dá de acordo com sua sensibilidade ao fotoperíodo, sendo então consideradas três classes distintas; plantas de dias curtos (DC), plantas de dias longos (DL) e plantas neutras (DN), ou seja, insensíveis ao fotoperíodo (Hancock *et al.*, 1990). A maioria das cultivares disponíveis no mercado são classificadas como DC e DN. Normalmente, fotoperíodos de 8 à 11h são necessários para indução floral nas cultivares de DC. Entretanto, alguns estudos demonstram que grande parte destas cultivares de DC exibe uma resposta facultativa, isto é, a indução das flores pode ocorrer independente do comprimento do dia, desde que a temperatura seja inferior a 15 °C (Guttridge, 1985; Sonstebly, 1997). As cultivares de DL florescem em condições de fotoperíodo maior que 14 horas de luz por dia (Darrow, 1966). Já as cultivares de DN são insensíveis ao fotoperíodo, que florescem continuamente independente do comprimento do dia. O desenvolvimento dessas cultivares proporcionou a expansão da produção em diferentes regiões do mundo (Hokanson e Maas, 2001).

3.1.2.2. Melhoramento genético do morangueiro

A escolha da estratégia a ser utilizada pelo melhorista depende da herdabilidade das características a serem melhoradas e baseia-se nas características fenotípicas de interesse (Meulenbroek et al., 1997). Sjulín e Dale, (1987) e Hancock et al. (2010) relatam que a base genética do morango é estreita, além disso, Hummer e Hancock (2009) afirmam que o morangueiro é uma cultura que ao ser cruzada é sensível à endogamia. Neste sentido, diferentes trabalhos têm sido realizados no âmbito de ampliar a variabilidade genética.

Doré e Varoquaux (2006) citam que as estratégias utilizadas na cultura do morango para induzir a variabilidade são: cruzamentos interespecíficos; elevação do nível de ploidia e a transgenia. Hokanson e Maas (2001) comentam também que apesar do lançamento de cerca de 1000 cultivares na história do melhoramento do morangueiro no mundo, a importância da variação do genótipo e do ambiente limita o desempenho das cultivares na utilização em outros locais.

Segundo Ichijima (1926), o número básico de cromossomos no gênero *Fragaria* é $x = 7$. Neste gênero, são encontradas espécies de níveis variáveis de ploidia, que vão desde diploides ($2n = 2x = 14$) até decaploides ($2n = 10x = 70$). Atualmente, são conhecidas 24 espécies do gênero *Fragaria*, incluindo 13 diploides, quatro tetraploides, um hexaploide, quatro octaploides e um decaploide (Davis, Denoyes-Rothan e Lerceteau-kohler, 2007 e Hummer, Nathewet e Yanagi, 2009). A maioria das espécies de importância econômica é de *F. x ananassa* nothosubsp. *Ananassa*, octaploide ($2n = 8x = 56$).

Como na cultura do morango as sucessivas seleções de clones superiores fizeram com que a base genética fosse estreitada, Hancock et al. (2010) se propuseram a reconstruir o genoma de *Fragaria x ananassa*, com o cruzamento de clones superiores de *F. virginiana* com de *F. chiloensis*, pré-selecionados para uma ampla gama de características agronômicas importantes. Os autores constataram que a reconstrução de *F. x ananassa* foi uma estratégia eficaz para o melhoramento do morangueiro. Foram identificados famílias e indivíduos superiores para várias características como, vigor, alta produtividade, entre outros. No entanto, nenhum dos frutos apresentou tamanho comercial.

De acordo com Faedi, Mourgues e Rosati, (2002), no início do novo milênio existiam programas de melhoramento genético de morangueiro em 40 países,

dentre os quais 35 lançaram novas cultivares desde 1980. Estas cultivares foram desenvolvidas em 79 instituições de pesquisas públicas e 32 empresas privadas, tendo estes programas lançado 463 cultivares nos últimos 20 anos.

No Brasil, segundo Oliveira e Bonow (2012), o melhoramento genético do morangueiro iniciou-se a partir da década de 1960, quando surgiram as primeiras cultivares brasileiras desenvolvidas pela Estação Experimental de Pelotas, em Pelotas - RS, ligada ao Ministério da Agricultura, e pelo Instituto Agrônomo de Campinas (IAC), em Campinas - SP. O programa de melhoramento da Embrapa Clima Temperado sofreu descontinuidade no final da década de 1990 e reiniciou em 2008. Já o programa de melhoramento de morangueiro do IAC foi mantido, mas sem novas cultivares. Atualmente, as cultivares mais utilizadas no Brasil provém de programas de outros países, o que leva a uma grande dependência e a uma enorme vulnerabilidade do setor.

Segundo Hummer (2009), mais de 12.000 acessos de morango são mantidos e cerca de metade destes representam linhas avançadas de cultivares híbridos de *F x ananassa*. O banco de germoplasma de morangueiro da USDA, o National Clonal Germplasm Repository (NCGR) em Corvallis, Oregon, é um dos mais completos do mundo, contendo mais de 1900 acessos de *Fragaria* com, aproximadamente, 24 espécies coletadas de 37 países (Njuguna, Hummer e Bassil, 2010). Já na Europa, a maior coleção de espécies de *Fragaria* encontra-se na Alemanha, no National German Strawberry Genebank, com, aproximadamente, 318 espécies silvestres (Hoefer e Reed, 2010). No Brasil, atualmente, não há bancos de germoplasma de morangueiro ativo.

3.1.2.3. Interação Genótipos x Ambientes

Em um determinado ambiente, a manifestação fenotípica é o resultado da ação do genótipo sob influência do meio. Entretanto, quando se considera uma série de ambientes, destaca-se, além dos efeitos genéticos e ambientais, um efeito adicional, proporcionado pela interação destes (Cruz, Regazzi e Carneiro, 2012).

A manifestação da interação genótipo por ambientes é uma realidade em programas de melhoramento de plantas para a maior parte das características de interesse. Avaliações para detecção desse fenômeno são importantes, pois, no caso de sua existência, há possibilidade de o melhor genótipo em um ambiente

não o ser em outro. Esse fato influencia o ganho de seleção e dificulta a recomendação de cultivares com ampla adaptabilidade (Cruz, Regazzi e Carneiro, 2012). Assim, a instalação de experimentos em mais de um local, ou sob diferentes condições ambientais, proporciona respostas diferenciadas dos genótipos em relação às variações impostas pelos ambientes (Maia et al., 2008).

Murakami e Cruz (2002) explicam que, ao se analisar a interação G X A, as seguintes situações podem ocorrer: a) ausência de interação, em que os genótipos respondem de forma similar a mudanças de ambientes ou, b) presença de interação, que então pode ser classificada como do tipo simples ou complexa. O primeiro, denominado simples, é proporcionado pela diferença de variabilidade entre genótipos nos ambientes, e o segundo, denominado complexo, é dado pela falta de correlação entre genótipos. Esta última indica a inconsistência da superioridade de genótipos com a variação ambiental, ou seja, haverá genótipos com desempenho superior em um ambiente, mas não em outro, proporcionando dificuldades no processo de seleção ou recomendação em programas de melhoramento (Cruz, Regazzi e Carneiro, 2012). A contabilização desses dois componentes pode ser feita pela metodologia de Cruz e Castoldi (1991), de modo que o predomínio da parte simples facilita o trabalho do melhorista, pois a classificação dos genótipos não é alterada, enquanto a maior expressividade da parte complexa significa a existência de genótipos adaptados a ambientes específicos.

Segundo Hoogerheide (2004), existem, pelo menos, três meios de amenizar o efeito da interação: a) identificar as cultivares específicas para cada ambiente; b) realizar o zoneamento ecológico; c) identificar cultivares com maior estabilidade fenotípica.

Cruz e Carneiro (2003) informam que normalmente são citados dois tipos de abordagens biométricas quando se deseja equacionar problemas da interação genótipo x ambiente. A primeira é sobre estudos de estratificação de ambientes por meio da análise de interação genótipo x ambiente. A segunda diz respeito aos estudos de estabilidade e adaptabilidade, que procura identificar genótipos de adaptabilidade ampla ou específica e, ainda, aqueles com comportamento previsível. Estes autores definem adaptabilidade como a capacidade de os genótipos aproveitarem vantajosamente o estímulo do ambiente, enquanto a

estabilidade se refere à capacidade de os genótipos mostrarem uma resposta altamente previsível em função do estímulo do ambiente.

Atualmente, há mais de uma dezena de metodologias de análise de adaptabilidade e estabilidade destinadas à avaliação de um grupo de genótipos testados em vários ambientes. Essas metodologias são fundamentadas na existência de interações e distinguem-se dos conceitos de estabilidade adotados e de certos princípios estatísticos empregados. A escolha do método depende dos dados experimentais, principalmente os relacionados com um número de ambientes disponível, da precisão requerida e do tipo de informação desejada (Cruz, Regazzi e Carneiro, 2012).

Segundo Cruz (2006), os métodos embasados na ANOVA (Método Tradicional ou de Yates e Cochran, 1938; Plaisted e Peterson, 1959; Wricke, 1965; Annicchiarico, 1992) fornecem estimativas do parâmetro de estabilidade expressas em componentes quadráticos (quadrados médios ou componentes de variância), sendo métodos de fácil interpretação e vantajosos, por serem aplicáveis quando o número de ambiente é reduzido, como, por exemplo, Plaisted e Peterson (1959) e Wricke (1965).

A estatística não paramétrica também pode ser aplicada, tendo como vantagens a não tendenciosidade causada por pontos fora da equação de regressão, além de fornecer informações de fácil uso e interpretação, como a metodologia de Lin e Binns (1988) (Cruz, 2006). Nesta metodologia, a performance das cultivares é quantificada pelo índice de estabilidade P_i , que corresponde ao quadrado médio da distância entre a média de uma cultivar para um dado ambiente e a resposta máxima para o mesmo ambiente, em todos os ambientes avaliados. Dessa forma, o quadrado médio menor indica uma superioridade geral da cultivar em questão, pois quanto menor o valor de P_i , menor será o desvio em torno da produtividade máxima; assim, maior estabilidade está relacionada, obrigatoriamente, com alta produtividade (Daros e Amaral Júnior, 2000).

Os demais métodos são baseados em:

- Regressão linear simples: (Finlay e Wilkinson, 1963; Eberhart e Russell, 1966).
- Regressão linear bissegmentada: (Verma et al., 1978; Silva e Barreto, 1985; Cruz, Torres e Venkovsky, 1989).

- Análise de fatores (Murakami e Cruz, 2002).
- Análise comum de variância (univariado) com a análise de componentes principais (multivariado) AMMI (Gauch e Zobel, 1996).

3.1.2.4. Caracterização das cultivares utilizadas nos experimentos

Todas as cultivares utilizadas nesse estudo e descritas a seguir foram desenvolvidas pelo programa de melhoramento da Universidade da Califórnia. Assim, as descrições a seguir estão relacionadas às potencialidades das cultivares, que podem ou não ser expressas, dependendo do local de cultivo.

- 1) **‘Camarosa’**: Lançada em 1993. É uma cultivar de dia curto, com ciclo precoce, vigorosa com frutos cônicos, de cor vermelho vivo (Sousa e Curado, 2005). Possui alta produtividade quando comparada com cultivares mais novas e, segundo Costa (2009), obtém produtividade média de 53,21 t.ha⁻¹ na Região Serrana do Espírito Santo.
- 2) **‘Aromas’**: Lançada em 1997. É uma cultivar de dia neutro, apresenta porte ereto, produzindo frutos de excelente qualidade. Seus frutos possuem coloração vermelho escuro, com peso médio entre 24 a 26g (Shaw, 2004). Segundo Costa (2009), possui uma produtividade média de 44,4 t.ha⁻¹ e no estudo de interação genótipo x ambiente constatou ser um genótipo de adaptabilidade geral ou ampla para a Região serrana do Espírito Santo.
- 3) **‘Camino Real’**: Lançada em 2001. É uma cultivar de dia curto, com frutos cônicos de cor vermelho vivo e aquênios destacados na superfície. Permite maiores densidades de plantio devido ao dossel compacto que possui (Shaw, 2004). Possui produtividade média de 33,52 t.ha⁻¹ nas condições climáticas da Região Serrana do Espírito Santo, segundo Costa (2009).
- 4) **‘Albion’**: Lançada em 2004. É uma cultivar de dia neutro, similar a ‘Diamante’ em muitos aspectos como tamanho e vigor. Possui dossel mais aberto, facilitando a colheita e frutos de cor vermelho intenso e excelente sabor (UC, 2010).

3.1.3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1.3.1 Localização e condições experimentais

O experimento foi instalado no Centro Regional de Desenvolvimento Rural – Centro Serrano do Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (Incaper), em Domingos Martins, no ano agrícola de 2011/2012. Sua localização é dada a 20°29' latitude Sul e 41°00' longitude Oeste e a uma altitude de 950 m do nível do mar. Devido à elevada altitude, o clima da região é considerado como clima tropical de montanhas, com temperatura média variando de 16 a 30°C no verão e de 8 a 22°C no inverno, segundo dados da estação meteorológica do Incaper. Foram utilizadas quatro cultivares de morangueiro, sendo duas de dia neutro, a saber: 'Albion' e 'Aromas', e duas de dia curto, 'Camarosa' e 'Camino Real'.

O delineamento experimental utilizado foi blocos casualizados, com três repetições e 15 plantas por parcela, em esquema fatorial com dois fatores, ambiente (sistema de manejo) e genótipo. O espaçamento entre plantas utilizado foi de 40 x 40 cm, conduzido em três linhas, sobre canteiros de 30 cm de altura, com 1,20 m de largura e 8 m de comprimento. A fertilização foi feita por gotejamento, de acordo com as análises de solo e recomendações de adubações para a cultura do morango preconizadas por Prezotti (2006).

Os quatro ambientes de estudo foram: túnel alto com *mulching* branco e preto e túnel baixo com *mulching* branco e preto. Os ambientes protegidos consistiam da cobertura das plantas com filme plástico de cor branca (leitosa). Para o sistema de túnel baixo o filme utilizado foi de 75 micras, suspenso sobre arcos de ferro galvanizado a uma altura de, aproximadamente, 1,0 metro de altura, enquanto para o sistema de túnel alto, o filme utilizado foi de 100 micras, suspenso a uma altura de 2,5 metros (Figura 1). Os túneis eram levantados durante o dia, para melhor ventilação dos canteiros e fechados durante a noite, para evitar molhamento foliar.



Figura 1: Experimento com quatro cultivares de morangueiro em quatro ambientes de cultivo. a) e b) visão total do experimento; c) Ambientes de túnel alto com *mulching* branco e preto; d) Ambientes de túnel baixo com *mulching* branco e preto. Domingos Martins.

Os canteiros foram cobertos com filme plástico (*mulching*) de cor preta e branca, sendo que o mesmo foi instalado como cobertura de solo 30 dias após o processo de transplântio (Figura 1).

A produtividade foi calculada levando em consideração que, para cada 10.000 m², a área plantada é de normalmente 7500 m². A produtividade foi expressa em t.ha⁻¹. A média de produção dos sistemas de manejo de túnel alto e túnel baixo em *mulching* branco e preto foram considerados os ambientes para análise em questão.

As características foram submetidas aos testes de normalidade de Lilliefors, homogeneidade de Bartlett (1937) a análises de variância individual e conjunta, seguidas das análises de estabilidade pelos métodos de Plaisted e Peterson (1959), Wricke (1965) e Lin e Binns (1988), utilizando, para tanto, o programa Genes (Cruz, 2006).

3.1.3.2. Análises estatísticas

3.1.3.2.1. Análise de variância individual

A análise de variância para cada ambiente, considerando o delineamento em blocos casualizados (DBC), seguiu o seguinte modelo genético-estatístico:

$$Y_{ij} = \mu + B_j + G_i + e_{ij} \text{ em que,}$$

Y_{ij} = Observação obtida na parcela com i-ésimo genótipo no j-ésimo bloco;

μ = Média geral;

B_j = Efeito do j-ésimo bloco, considerado aleatório;

G_i = Efeito do i-ésimo genótipo; e

e_{ij} = Efeito do erro aleatório.

Considera-se que os efeitos aleatórios são independentes entre si.

Encontra-se, na tabela 1, a análise de variância do modelo com as fontes de variação (FV) e os respectivos graus de liberdade (GL), quadrados médios (QM) e esperanças dos quadrados médios [E(QM)].

Tabela 1- Análise de variância.

FV	GL	QM	E(QM)
Blocos	b-1	QMB	$\sigma^2 + g\sigma_b^2$
Genótipos	g-1	QMG	$\sigma^2 + b\sigma_g^2$
Resíduo	(b-1)(g-1)	QMR	σ^2
Total	bg -1	QMT	

3.1.3.2.2. Interação genótipos x ambientes

A análise de variância conjunta (Tabela 2) foi feita segundo a descrição de Cruz, Regazzi e Carneiro (2012). Considerou-se um delineamento de blocos ao acaso envolvendo 'g' genótipos, 'a' ambientes e 'b' blocos, em que as observações

feitas nas parcelas são dadas pelo modelo matemático, ou seja, agrupando dois ou mais ambientes, num DBC, o modelo misto é:

$$Y_{ijk} = \mu + G_i + A_j + GA_{ij} + B / A_{jk} + e_{ijk} ; \text{ em que:}$$

y_{ijk} = Observação da característica no k-ésimo bloco, avaliada dentro do j-ésimo ambiente no i-ésimo genótipo;

μ = Média geral do ensaio;

G_i = Efeito do i-ésimo genótipo considerado fixo;

A_j = Efeito do j-ésimo ambiente considerado fixo;

GA_{ij} = Efeito da interação entre o i-ésimo genótipo e o j-ésimo ambiente;

B / A_{jk} = Efeito do k-ésimo bloco dentro do j-ésimo ambiente; e

e_{ijk} = Efeito do erro experimental associado à observação de ordem ijk.

Encontra-se, na tabela 2, a análise de variância do modelo com as fontes de variação (FV) e os respectivos graus de liberdade (GL), quadrados médios (QM) e esperanças dos quadrados médios [E(QM)].

Tabela 2 - Esquema da análise de variância com as respectivas fontes de variação (FV), graus de liberdade (GL), quadrados médio (QM), esperanças de quadrado médio (E(QM)).

FV	GL	QM	E (QM)
Blocos/Ambientes	$a(b - 1)$	QMB	$\sigma^2 + g\sigma_b^2$
Ambiente (A)	$a - 1$	QMA	$\sigma^2 + g\sigma_b^2 + gr\theta_a$
Genótipos (G)	$g - 1$	QMG	$\sigma^2 + ar\theta_g$
G x A	$(g - 1)(a - 1)$	QMGA	$\sigma^2 + r\theta_{ga}$
Resíduo	$a(g - 1)(b - 1)$	QMR	σ^2
Total	$bga - 1$		

$$\theta_g = \frac{\sum_k G_i^2}{g-1}; l = \frac{g}{g-1}$$

O grau de liberdade da interação não foi ajustado, pois a relação entre o maior e o menor quadrado médio residual não superou o valor 7, admitindo haver homogeneidade de variância residual entre os experimentos (Pimentel Gomes, 1990).

3.1.3.2.3. Decomposição da interação em parte simples e complexa

A decomposição da interação em parte simples e complexa foi estimada pela proposta de Cruz e Castoldi (1991), pelas seguintes expressões:

$$\% \text{ parte simples} = \frac{100S}{\text{QMGxA}_{ij'}} \text{ e}$$

$$\% \text{ parte complexa} = \frac{100C}{\text{QMGxA}_{ij'}}$$

em que:

$S = \text{QMGxA}_{ij'} - C$, sendo $C = \sqrt{(1-r)^3 Q_i Q_j}$, e $\text{QMGxA}_{ij'}$ = quadrado médio da interação entre o genótipo i e o ambiente j , ($j= 1, 2, \dots, ga$).

3.1.3.2.4. Estimadores de estabilidade fenotípica

3.1.3.2.4.1. Método de Plaisted e Peterson (1959)

O método proposto por Plaisted e Peterson (1959) quantificou a contribuição relativa de cada genótipo para a interação G x A e identificou aqueles de maior estabilidade.

A estimativa foi obtida pela expressão:

$$\hat{\theta}_i = \frac{1}{g-1} \left[\sum \hat{\sigma} g a_{ii'}^2 \right] (i \neq i')$$

em que:

$[\hat{\sigma} g a_{ii'}^2]$ é o componente da interação G x A, estimado pela análise de variância conjunta de todos os ambientes, para um par de genótipos. O genótipo de menor θ_i foi considerado o mais estável.

3.1.3.2.4.2. Método de Wricke (1965)

A estatística de estabilidade do método de Wricke é denominada “ecoalência” e foi estimada decompondo a soma de quadrados da interação G x A nas partes devidas a genótipos isolados. O parâmetro de estabilidade de Wricke (ω) determinou como estabilidade máxima genótipos com $\omega_i = 0$, e foi obtido por:

$$\hat{\omega} = r \sum_j (\bar{Y}_{ij} + \bar{Y}_i + \bar{Y}_j + \bar{Y}_{..})^2$$

em que:

\bar{Y}_{ij} : média do genótipo i no ambiente j;

\bar{Y}_i : média do genótipo i;

\bar{Y}_j : média do ambiente j;

$\bar{Y}_{..}$: média geral.

3.1.3.2.4.3. Método de Lin e Binns (1988)

A estimativa do parâmetro de estabilidade foi dada por:

$$P_i = \frac{\sum_{j=1}^n (X_{ij} - M_j)^2}{2n}$$

em que:

P_i : índice de superioridade da i-ésima cultivar;

X_{ij} : produtividade da i-ésima cultivar no j-ésimo ambiente;

M_j : resposta máxima obtida entre todas as cultivares no j-ésimo ambiente; e

n : número de ambientes.

A expressão pode ser desdobrada em:

$$P_i = \frac{[(\bar{X}_i - \bar{M})^2 + \sum_{j=1}^N (X_{ij} - \bar{X}_i - \bar{M}_j - \bar{M})^2]}{2n}$$

sendo:

$$\bar{X}_j = \sum_{j+1}^n \frac{X_{ij}}{n}, \bar{M} = \sum_{j+1}^n \frac{M_j}{n}$$

em que:

\bar{X}_j : refere-se à média das produtividades das cultivares objidas nos n ambientes; e

\bar{M} : refere-se à média das respostas máximas de todas as cultivares em todos os ambientes.

Em razão da estatística P_i ser o quadrado médio da distância em relação à resposta máxima de cada ambiente, e não a distância simples, ela tem propriedade de variância, ou seja, pondera pelos desvios da resposta das cultivares ao longo dos ambientes ou, ainda, considera a estabilidade da resposta. Assim, para estabilidade dos genótipos de morangueiro, foram considerados os menores valores de P_i e da interação $G \times A$ e os maiores valores da contribuição genética.

3.1.4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1.4.1. Análise de variância individual e conjunta

Com os resultados obtidos pelas análises de variância individuais (Tabela 3), avaliou-se a homogeneidade das variâncias entre os ambientes, por meio da análise da relação 7:1 dos quadrados médios residuais (QMR), tendo como maior relação entre o maior e o menor quadrado médio do resíduo o valor de 4,69 (Tabela 3). Segundo Banzato e Kronka (1992), uma razão menor que sete indica que há homogeneidade das variâncias residuais obtidas nas análises, o que faz com que seja possível a realização da análise conjunta sem qualquer restrição dos locais, sendo esta uma das pressuposições de uma análise de variância.

Para os quatro ambientes, na análise de variância individual foi detectada significância para as cultivares ($P < 0,05$ e $P < 0,01$) (Tabela 3), ou seja, há diferenças estatísticas significativas entre as cultivares.

As médias de produtividade das cultivares nos diferentes ambientes estão expostas na Tabela 3. Observa-se a existência de variabilidade para essa característica com uma amplitude de 56,84 t.ha⁻¹. Os valores extremos foram observados para ‘Camarosa’ no ambiente 4 (31,06 t.ha⁻¹) e para ‘Aromas’ no ambiente 3 (87,90 t.ha⁻¹).

A cultivar ‘Aromas’ destacou-se nos ambientes 1 e 3, com produtividade de aproximadamente 30 t.ha⁻¹ superior à média dos ambientes. A cultivar ‘Camino Real’ foi a menos produtiva em todos os ambientes, produzindo uma média de 15 t.ha⁻¹ a menos, em todos os ambientes. O ambiente 1 e 3 obtiveram as maiores médias em todas as cultivares, evidenciando a vantagem do uso do *mulching* branco em cultivos comerciais. Já o ambiente 4 obteve as menores médias.

Na Tabela 3, observa-se que os ambientes 2 e 4 tiveram médias inferiores à média geral, sendo, desse modo, considerados como desfavoráveis. Por outro lado, os ambientes 1 e 3 podem ser considerados como favoráveis, pois apresentaram produtividades superiores à média geral.

Tabela 3: Médias de produtividade (t.ha⁻¹), média geral de ambientes (Y_j) e de genótipos (Y_i), coeficiente de variação (CV), quadrados médios do bloco, genótipos e dos resíduos referentes à análise de variância individual de quatro cultivares em quatro ambientes. Domingos Martins, ES.

Cultivares	+Ambientes				Y _i
	1	2	3	4	
‘Albion’	55,67	46,76	48,68	44,75	48,96
‘Aromas’	86,39	65,74	87,90	65,08	76,28
‘Camarosa’	49,15	38,39	46,18	31,06	41,19
‘Camino Real’	38,03	31,52	39,44	31,14	35,03
Y _j	57,31	45,60	55,55	43,01	50,37
CV (%)	9,071	6,771	11,459	6,835	
QM (Bloco)	45,835	3,080	0,277	2,100	
QM (Genótipo)	1286531**	657340**	1441389**	773676**	
QM (Resíduo)	27,028	9,536	40,520	8,640	

⁺Os ambientes foram: (1) túnel alto com *mulching* branco, (2) túnel alto com *mulching* preto, (3) túnel baixo com *mulching* branco e (4) túnel baixo com *mulching* preto. Encontra-se, na Tabela 7; ** significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste F, teste feito considerando-se o quadrado médio do resíduo da análise conjunta.

Os coeficientes de variação (CV) dos ambientes variou entre 6,77% no ambiente 2 a 11,46% no ambiente 3. Gomes (1985) informa como sendo baixos coeficientes de variação quando inferiores a 10%, médios quando de 10% a 20%,

altos quando de 20% a 30% e muito altos quando superiores a 30%. Neste sentido, um ambiente teria o CV médio e os demais apresentaram CV's baixos.

A análise de variância conjunta mostrou significância ($P < 0,05$) para genótipos, ambientes e para a interação genótipo x ambiente (Tabela 4), o que evidencia a existência de diferenças entre as cultivares e inconsistência no comportamento das mesmas frente às oscilações ambientais, justificando-se, desta forma, o estudo da estabilidade.

Tabela 4 - Análise conjunta relativa à produtividade de quatro genótipos em quatro ambientes com quadrados médios, média ($t \cdot ha^{-1}$) e coeficiente de variação. Domingos Martins, ES.

Fonte de variação	GL	QM
Cultivar	3	3970,531**
Ambiente	3	607,752**
Cultivar x Ambiente	9	62,798*
Resíduo	24	21,431
Média	50,37	
Coeficiente de variação	9,19%	

**, *significativo ao nível de 1% e 5% de probabilidade pelo teste F, respectivamente.

3.1.4.2. Decomposição da interação G x A

Quando é detectada a existência de interação genótipo x ambiente, é de fundamental importância saber se esta interação é do tipo simples ou do tipo complexa. As interações simples implicam que os genótipos apresentam diferentes performances perante os diferentes ambientes, mas sem grandes alterações na classificação de produtividade, isto favoreceria a seleção ou recomendação que poderia ser feita com base em apenas um ambiente. As interações complexas implicam que há inconsistência da superioridade do genótipo com relação à variação ambiental, isto é, há genótipos com melhor desempenho em um local, mas não em outros, dificultando, assim, a seleção ou a recomendação (Cruz e Castoldi, 1991; Cruz, Regazzi e Carneiro, 2012).

A prevalência das mais altas porcentagens do componente simples da interação G x A (Tabela 5) indica que a seleção pode ser baseada na média dos

ambientes, facilitando, assim, o trabalho dos melhoristas. Entretanto, é de se enfatizar que apenas o conhecimento do tipo de interação não consegue informações pormenorizadas do desempenho de cada genótipo frente às variações ambientais, sendo, desta forma, de fundamental importância o procedimento de análises de estabilidade de cultivares.

Segundo Venkovsky e Barriga (1992), a quantificação dos fatores que compõem a interação G x A é importante porque informa ao melhorista o grau de dificuldade no momento da seleção ou recomendação de cultivares. O predomínio da parte simples indica seleção facilitada, pois a classificação genotípica nos diferentes ambientes não se altera e a seleção pode ser feita na média dos ambientes. Quando a parte complexa é mais expressiva, torna a decisão mais difícil, uma vez que neste caso existem genótipos que são bem adaptados a ambientes específicos.

Tabela 5: Estimativas, em porcentagem, da parte simples e complexa das interações dos contrastes entre ambientes.

⁺ Contrastes	% da parte simples	% da parte complexa
1 x 2	99,26	0,73
1 x 3	88,26	11,74
1 x 4	90,95	9,05
2 x 3	93,98	6,02
2 x 4	88,39	11,61
3 x 4	89,11	10,89

⁺Os ambientes foram: (1) túnel alto com *mulching* branco, (2) túnel alto com *mulching* preto, (3) túnel baixo com *mulching* branco e (4) túnel baixo com *mulching* preto.

3.1.4.3. Análises de estabilidade fenotípica

3.1.4.3.1 Metodologia de Plaisted e Peterson (1959)

Plaisted e Peterson (1959) verificaram que quando são testados genótipos em vários ambientes, uma proporção da variância é devido à interação genótipos x ambientes e que, dessa variância, cada genótipo contribui com uma determinada fração. Quanto menor for essa contribuição, mais estável será o genótipo. Assim, a estabilidade quantificada por θ_i é estimada pela média aritmética dos componentes de variância da interação entre os pares de G x A que envolvem determinado genótipo. Dessa forma, os genótipos que menos

contribuem para a interação G x A são os mais estáveis e são aqueles que apresentam menores valores de θ_i . Portanto, as estimativas do parâmetro de estabilidade, segundo o modelo proposto por Plaisted e Peterson (1959), indicaram a cultivar 'Camarosa' como sendo a mais estável para a região, com uma estimativa de θ_i de 11,11%, seguidas de 'Camino Real' (18,02%), 'Albion' (24,72 %) e 'Aromas' (46,16%) (Figura 2).

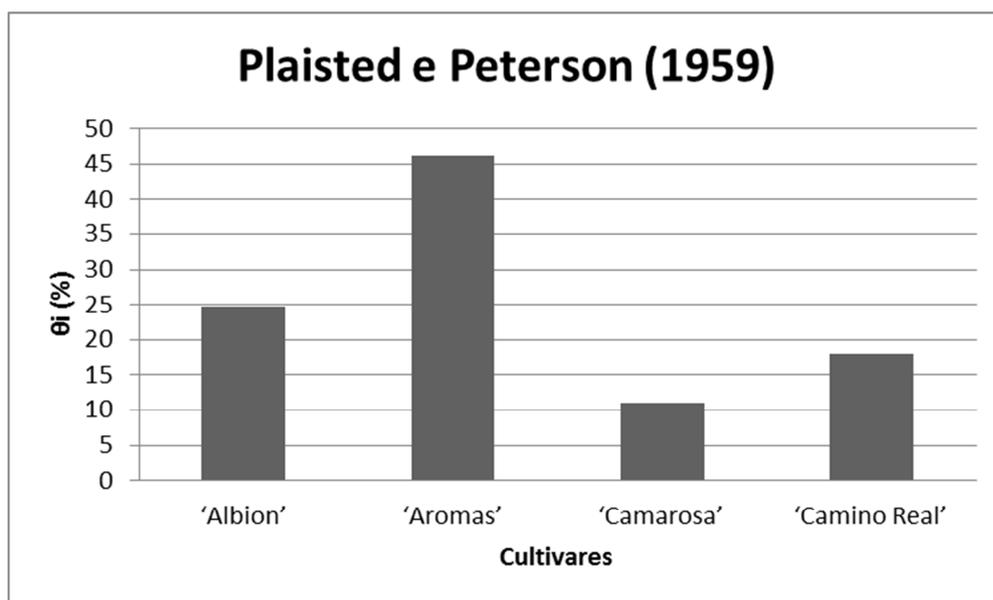


Figura 2: Estimativas do parâmetro de estabilidade (θ_i), em porcentagem, segundo modelo de Plaisted e Peterson (1959), considerando a produtividade de quatro cultivares de morangueiro em quatro ambientes. Domingos Martins, ES.

3.1.4.3.2. Metodologia de Wricke (1965)

A metodologia de Wricke (1962) também utiliza a variância da interação G x A, porém realiza o desdobramento em componentes atribuídos a cada genótipo. Esta análise estima um parâmetro denominado "Ecovalência", que em % ou eco % informa a porcentagem de contribuição de cada genótipo para a interação G x A. Somando-se as contribuições relativas de todos os genótipos que participam da análise, tem-se um total de 100% (Oliveira et al., 2006). Assim, quanto maior a equivalência, ou seja, quanto maior for a contribuição do genótipo para a interação, menos estável será o genótipo.

Assim sendo, como ilustrado na figura 3, a cultivar que obteve menor ω_i e conseqüentemente maior estabilidade foi 'Camarosa' (6,70%), seguidas de 'Camino Real' (15,80%), 'Albion' (24,63%) e 'Aromas' (52,87%).

A seqüência das cultivares em relação à estabilidade estimada pelos métodos de Wricke e Plaisted e Peterson foi semelhante, do mais estável para o menos estável, sendo, portanto, plenamente concordantes. Isso ocorre devido à inter-relação de suas metodologias, em que as estimativas de estabilidade de Plaisted e Peterson utilizam a decomposição do componente da σ^2_{ga} , enquanto que a de Wricke utiliza a decomposição da soma de quadrado da interação G x A.

Segundo Easton e Clements (1973) e Miranda (1993), citados por Castro (2002), o método de Wricke possui a desvantagem de considerar instável a cultivar que responde acentuadamente a melhoria do ambiente. Assim, a elevação na produtividade de 'Aromas' a ambientes em que foram utilizados o *mulching* branco, provavelmente foi o motivo de apontar esta cultivar como a mais instável. Cruz, Regazzi e Carneiro (2012) citam que os métodos de Plaisted e Peterson e Wricke possuem as mesmas vantagens e desvantagens e que a concordância desses métodos já foram encontradas em diversos trabalhos.

Castro (2002), em avaliação da estabilidade pelo método de Wricke (1962) de cultivares de morangueiro em Viçosa MG, no qual os ambientes eram as doses de nutrientes, encontrou maior instabilidade com a cv 'Camarosa' naquela situação.

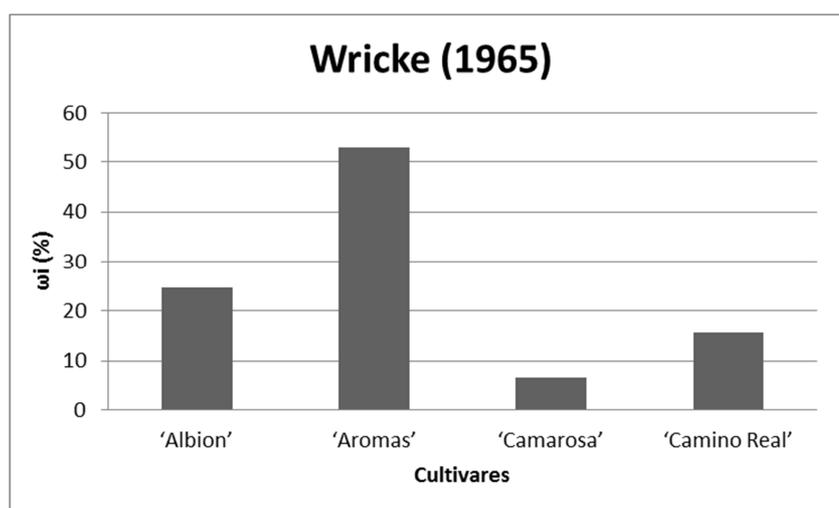


Figura 3: Estimativas do parâmetro de estabilidade (ω_i), em porcentagem, segundo modelo de Wricke (1965), considerando a produtividade de quatro cultivares de morangueiro em quatro ambientes. Domingos Martins, ES.

3.1.4.3.3. Metodologia de Lin e Binns (1988)

Lin e Binns (1988) definiram como medida para estimar a estabilidade o quadrado médio da distância entre a média da cultivar e a resposta média máxima para todos os ambientes, quantificando a performance das cultivares pelo índice de estabilidade P_i . Desde que a resposta máxima esteja no limite superior em cada ambiente, o quadrado médio menor indicará superioridade geral da cultivar em questão (Cruz, 2006). Desse modo, quanto menor o valor de P_i , menor será o desvio em torno da produtividade máxima. Assim, maior estabilidade está relacionada, obrigatoriamente, com alta produtividade (Daros e Amaral Júnior, 2000), coincidindo, portanto, com os anseios dos melhorista, que é a seleção de genótipos que apresentem os melhores desempenhos em todos os ambientes.

A grande vantagem dessa metodologia, segundo Paula et al. (2010) é conseguir identificar os genótipos mais estáveis entre os de maior desempenho, apresentando alta correlação entre a média da característica e o parâmetro de estabilidade.

A Tabela 6 apresenta as estimativas dos parâmetros de estabilidade da produtividade de cultivares de morango em quatro ambientes, pela metodologia de Lin e Binns.

Em relação às médias dos genótipos, observa-se que apenas a cultivar 'Aromas' possui produtividade acima da média dos demais genótipos (76,28 t.ha⁻¹). As demais cultivares possuíram médias abaixo da média geral (50,38 t.ha⁻¹).

Com o desdobramento da estimativa P_i , obteve-se o componente atribuído ao desvio genético em relação ao máximo (uma soma de quadrados de genótipos) e o componente devido à interação genótipo x ambiente. Na análise em questão, todas cultivares apresentaram desvio genético maior que o desvio da interação (Tabela 6). Como Lin e Binns (1988) preconizam que o valor do parâmetro P_i deve ser constituído, em sua maior proporção, de desvio genético e não de desvio decorrente da interação genótipo x ambiente, nesse estudo, todos os desvios foram de origem genética, sendo 91,65% em 'Albion', 91,65% em 'Aromas', 97,82% em 'Camarosa' e 97,07% em 'Camino Real'.

A cultivar 'Aromas' foi considerada a mais estável, com P_i geral nulo. As demais, da mais estável para a menos estável foram 'Albion' (406,95), 'Camarosa'

(629,13) e 'Camino Real' (876,29). 'Aromas' também apresentou o menor valor de P_i tanto em ambientes favoráveis como desfavoráveis.

Observou-se, também, que todas as cultivares obtiveram elevados percentuais genéticos (de 91,65% a 97,07%), tendo, portanto, grande parte do desempenho atribuído ao efeito genético das cultivares, garantindo maior reprodutibilidade e facilitando, assim, o trabalho dos melhoristas.

O método de Lin e Binns (1988) foi discordante dos métodos de Plaisted e Peterson (1959) e Wricke (1962), porém foi concordante com Costa (2009) em estudo de estabilidade, utilizando a metodologia de Lin e Binns, de sete cultivares de morangueiro em quatro ambientes, no qual constatou como mais estável também a cultivar 'Aromas'.

Segundo Carguelutti Filho et al. (2007), pode-se inferir que, de maneira geral, os métodos de Plaisted e Peterson (1959) e Wricke (1965) indicam cultivares estáveis e independem da produtividade média e da resposta às variações das condições ambientais. Dessa maneira, métodos embasados em análise de variância são pouco eficientes. Por outro lado, aquele com base em estatística não paramétrica (Lin e Binns, 1988) indicam cultivares com maior produtividade associadas à alta instabilidade e responsivas a ambientes favoráveis. O que parece ser uma vantagem em relação aos dois métodos anteriores, embasados em análise de variância.

Franceschi et al. (2010) afirma também que o método de Lin e Binns é o que melhor discrimina o conjunto de cultivares, em comparação com o método de Wricke (1962), indicando que as cultivares estáveis e responsivas, também são as mais produtivas.

Assim, conforme a análise, o material de destaque é a cultivar 'Aromas' pois é a mais estável para os ambientes em estudo. Também é uma boa opção para as condições de baixa tecnologia como também de alta tecnologia, pois é um genótipo estável e responsivo. Portanto, a cultivar pode ser indicada para plantios comerciais na região Serrana do Estado do Espírito Santo.

Tabela 6 – Estimativas dos parâmetros de estabilidade proposto por Lin e Binns (1988) para característica produtividade, em t.ha⁻¹ para quatro cultivares avaliadas em quatro ambientes. Domingos Martins, ES.

Cultivar	Média	Desvio genético	Desvio G x A	% Genética	P _i Geral	Pi ambientes favoráveis	Pi ambientes desfavoráveis
Albion'	48,96	372,99	33,96	91,65	406,95	620,55	193,35
Aromas'	76,28	0	0	91,65	0	0	0
Camarosa'	41,19	615,42	13,42	97,82	629,13	781,93	476,33
Camino Real'	35,03	850,61	25,68	97,07	876,29	1171,85	580,73
Média Geral	50,38						

3.1.5. CONCLUSÕES

O método de Lin e Binns (1988) foi discordante dos métodos de Plaisted e Peterson (1959) e Wricke (1962), porém foi concordante com Costa (2009) em estudo de estabilidade, utilizando a metodologia de Lin e Binns, de sete cultivares de morangueiro em quatro ambientes, no qual constatou como mais estável também a cultivar 'Aromas'. Não obstante a discordância dos métodos, a cultivar considerada mais estável foi 'Aromas', devido a sua alta produtividade em todos os ambientes. A escolha pelo método de Lin e Binns (1988) no presente estudo foi devido à relação direta com a produtividade da cultivar, sendo de maior interesse aos produtores locais, para plantios comerciais em condições de baixos e altos níveis tecnológicos, um material estável e produtivo.

A utilização de *mulching* branco também foi relevante, aumentando a produtividade tanto em túnel alto como em baixo. A utilização desta tecnologia elevou a produtividade de todas as cultivares em até 11,71 t.ha⁻¹ em ambientes de túnel alto e 12,54 t.ha⁻¹ em ambiente de túnel baixo.

Como contribuição para o avanço da cultura na Região Serrana do Estado do Espírito Santo, entende-se, pelos resultados, que a utilização de estruturas de proteção mais altas e a utilização de *mulching* branco têm melhor rendimento, porém não esgota o limite de produtividade que deve ser buscado com nova estrutura de material genético, como um híbrido local com total interação e incremento de produtividade. A estabilidade está presente com todos os resultados já obtidos ao longo do tempo, logo, a presente contribuição permite que se feche o tema para uma nova linha de trabalho a ser enfatizada junto aos organismos que atuam como suporte de incremento tecnológico, Universidades e Institutos de pesquisa. O trabalho oferece componentes importantes para que se avance para novos caminhos.

3.2. AVALIAÇÕES FISIOLÓGICAS E AGRONÔMICAS DE CULTIVARES DE MORANGUEIRO (*Fragaria x ananassa* Duch.) CONDUZIDOS EM TÚNEL ALTO, BAIXO E CAMPO ABERTO: UMA ABORDAGEM PARA SELEÇÃO DE CULTIVARES EM CLIMA TROPICAL

3.2.1. INTRODUÇÃO

A produção de hortaliças para consumo *in natura* é uma atividade intensa pautada por desafios técnicos e de mercado, sendo o morango uma das mais cultivadas em todo o mundo (Hummer, 2007). No Brasil, de maneira geral, se insere no mercado como alternativa de diversificação, especialmente para pequenas e médias propriedades rurais, auxiliando na viabilização da agricultura e no aumento da renda do produtor.

A utilização de cultivo em ambientes protegidos (CAP) na cultura do morangueiro, como túneis alto e baixo, visa prolongar o período de colheita, além de fornecer proteção contra fatores bióticos e abióticos, reduzindo o aparecimento de doenças e pragas e, conseqüentemente, a necessidade de aplicação de agrotóxicos. Nos Estados Unidos, o túnel alto é muito utilizado no cultivo de pequenas frutas, como o morango, com os objetivos de melhor conservação dos frutos e extensão do período de colheita (Demchak e Hanson, 2013).

No entanto, esta tecnologia pode promover mudanças no microclima sob o CAP, especialmente a temperatura e a umidade do ar, o déficit de pressão de vapor do ar (DPV_{ar}), a irradiação (intensidade e qualidade), a velocidade do vento

e o molhamento foliar (Rana et al., 2004, Cardoso et al., 2008 ; Chavarria e Santos, 2009; Novello e de Palma, 2008). Chavarria e Santos (2009) mostraram que a utilização de cobertura plástica pode reduzir até 43% do fluxo de fótons fotossintéticos (FFF). Essas mudanças no microclima sob CAP pode afetar significativamente a fotossíntese em morangueiros cultivados em regiões tropicais e, assim, ter fortes efeitos sobre a produtividade da planta. Nestas regiões, poucos estudos têm sido realizados sobre as implicações do CAP na fotossíntese e, conseqüentemente, na produção do morangueiro.

Embora a luz seja extremamente importante para a realização da fotossíntese, o excesso desse fator ambiental pode reduzir a assimilação fotossintética do carbono devido a danos no fotossistema II (PSII), em função do processo de fotoinibição (Gamon e Pearcy, 1990; Correia et al., 1990). A fotoinibição é denominada como a perda de atividade fotossintética induzida pela luz, consequência inevitável das reações luminosas na planta (Keren e Krieger-Liszkay, 2011). No caso de regiões tropicais, durante o meio-dia o excesso de radiação que atinge a folha pode causar aumento da temperatura da folha, reduzir a condutância estomática (Greer e Weston, 2010) e, portanto, pode predispor folhas à depressão da fotossíntese ao meio-dia.

As análises fisiológicas como a medição da fotossíntese e transpiração, bem como a concentração interna de CO₂ e fluorescência da clorofila "a" são medições básicas que explicam as respostas de produção das diferentes cultivares, além de indicar se há ou não fotoinibição. Novos genótipos são frequentemente caracterizados baseando-se em características relacionadas às trocas gasosas, como, por exemplo, a assimilação fotossintética, condutância estomática (g_s) e eficiência do uso da água (EUA) (Grant et al., 2010). Estudos com morangueiro submetido a diferentes tipos de estresse abióticos relacionados ao processo fotossintético também são encontrados na literatura (Keutgen, Chen e Lenz, 1997; Grant et al., 2010; Osório et al., 2014).

Nesse sentido, o objetivo do presente trabalho foi avaliar, por meio de mecanismos de trocas gasosas e eficiência fotoquímica, presença ou não do fenômeno da fotoinibição sobre a produtividade de cultivares de morangueiro, conduzidas em diferentes ambientes de cultivo.

3.2.4. REVISÃO DE LITERATURA

3.2.4.1. Componentes fisiológicos e fotossíntese no melhoramento

A produção de biomassa pelas culturas está relacionada com a quantidade de radiação fotossinteticamente ativa (RFA) interceptada e absorvida pelas folhas, bem como à eficiência com que estes órgãos convertem a energia solar em energia química (fotossíntese). Portanto, o melhoramento de plantas também busca cultivares com elevada taxa fotossintética líquida para o aumento da produtividade.

De acordo com Gliessman (2000), entre as condições ambientais que podem afetar a taxa fotossintética, estão: a temperatura do ar, a intensidade e qualidade da luz, a duração do recebimento da RFA pelas folhas, a disponibilidade de dióxido de carbono, a disponibilidade hídrica e a velocidade do vento. O cultivo protegido (CP) permite a criação de ambientes favoráveis de cultivo, o que pode controlar os fatores do ambiente supracitados em níveis ótimos. Este controle obtido pelo CP pode proporcionar melhor desempenho produtivo de genótipos, manter uma produção, principalmente durante a entressafra, e pode diminuir a incidência de doenças.

A cobertura plástica também é amplamente utilizada na cultura do morangueiro, devido ao fato de proporcionar a redução de plantas invasoras, reduzir as perdas de água no solo, além de evitar o contato do fruto com o solo. Diferentes tipos de plásticos são utilizados para cobertura dos solos, como filmes pretos, branco, cinza, verde, marrom, amarelo e prateado (dupla-face). No caso dos filmes de cor mais clara, supõe-se que estes refletem maior parte dos raios solares, transmitindo pouca energia aos solos, e aumentando a fotossíntese. Alguns trabalhos evidenciam o aumento do rendimento do morangueiro devido à utilização do *mulching* de diferentes cores (Wang et al., 1998; Kaspebauer, 2000 e Yuri et al., 2011).

Para haver incremento na produção de biomassa, elevadas taxas fotossintéticas são necessárias. Sendo assim, uma melhor compreensão, por meio de estudos avançados do processo fotossintético, de como o melhoramento de plantas pode aumentar o rendimento fotossintético das cultivares, pode ser de extrema importância na tentativa de maximizar a produtividade do morango.

A fotoinibição é um processo fisiológico que ocorre em todos os organismos fotossintetizantes. Inicialmente, foi definida como o efeito da debilitação da capacidade fotossintética de organismos verdes pela alta intensidade da RFA, por meio de um complexo conjunto de processos moleculares (Almenara, 1998). Outra definição considera a fotoinibição como a redução lentamente reversível da fotossíntese que pode levar a redução da fotossíntese máxima, sem que a exposição à luz seja prolongada (Long, Humphries e Falkowski, 1994). O grau de fotoinibição pode ser inferido pela diminuição da eficiência intrínseca (eficiência potencial máxima) do fotossistema 2 (PS2), e pode ser determinada pela relação F_v/F_M (Maxwell & Johnson, 2000). Valores inferiores a 0,75 mostram que houve efeito fotoinibitório no material vegetal utilizado.

Em diferentes ambientes de cultivo, as análises fisiológicas como a taxa fotossintética, transpiração e emissão da fluorescência da clorofila a podem explicar as possíveis respostas de produção de diferentes cultivares em estudo. Ainda, as avaliações da emissão da fluorescência da clorofila podem indicar se houve a fotoinibição em diferentes sistemas de manejo.

Liu et al. (2006) estudaram os efeitos do sombreamento sobre a fotossíntese e a fluorescência da clorofila na cultivar 'Toyonoka' e encontraram melhores resultados no comprimento do pecíolo, a área foliar, no teor de clorofila e carotenoides, além do aumento na eficiência quântica sob uso de túneis. Entretanto, o peso específico de folha, a eficiência de carboxilação e o ponto de compensação luminoso foram menores. Devido ao sombreamento, a maior intensidade de luz do sol ao meio-dia ($2000 \mu\text{mol.m}^{-2} \cdot \text{s}$) foi reduzido para $600 \mu\text{mol.m}^{-2} \cdot \text{s}$, e a variação diurna passou de um pico duplo da taxa de fotossíntese líquida para um pico único e o acúmulo de fotoassimilados diminuiu cerca de 38%. A utilização de túneis também diminuiu a fluorescência mínima (F_o), mas promoveu ao PS II eficiência fotoquímica máxima (F_v / F_m), sugerindo que o sombreamento poderia proteger a integração dos sistemas de membranas de fotossíntese e eficiência fotoquímica contra o estresse luminoso. Os resultados indicaram que o sombreamento foi benéfico para o crescimento de morango.

Os materiais silvestres e as variedades crioulas, que são mais adaptadas às condições ambientais semelhantes às do Brasil podem ser um recurso

genético de grande valor para o melhoramento, visando cultivares mais adaptadas a condições de elevada radiação solar.

Razavi, Labeke e Riek (2009) caracterizaram cultivares provenientes do Irã e *F. vesca* em sua resposta ao estresse hídrico utilizando duas características ecofisiológicas, a taxa de perda de água pela folha e o conteúdo relativo de água para determinar a diversidade genética dentro e entre esses grupos usando marcadores AFLP. Os resultados mostraram genótipos contrastantes quanto ao conteúdo relativo de água, mostrando uma resposta ao estresse hídrico e permitiu agrupar esses genótipos. O uso desse marcador molecular também pode mostrar alelos comuns ao controle genético dos dois caracteres avaliados.

3.2.4.2. Fotoinibição e suas consequências na produção

A fotoinibição é descrita como o declínio na viabilidade fotossintética em organismos fotossintéticos, devido ao excesso de iluminação. O fenômeno foi identificado a mais de 100 anos, por Ewart (1986), que analisou os efeitos de fatores externos no processo fotossintético. Recentemente, foi definida também como a perda de atividade fotossintética induzida pela luz, consequência inevitável das reações luminosas na planta (Keren e Krieger-Liszkay, 2011).

Segundo Long et al. (1994), sob baixa intensidade luminosa (menor que $100 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$), mais de 80% do quantum absorvido é usado na fotossíntese. Quando a intensidade luminosa aproxima-se de $1000 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ (cerca de metade do valor da luz solar), menos de 25% do quantum absorvido é usado e, sob luz solar plena, a utilização reduz para, aproximadamente, 10%.

O local principal do dano fotoinibitório é a proteína D1, que faz parte do centro de reação do PSII. Esta proteína é facilmente danificada através do excesso de luz e, então, deve ser removida da membrana e substituída por uma cópia recentemente sintetizada. As outras partes do centro de reação do PSII são projetadas para serem recicladas, assim, a proteína D1 é o único componente que precisa ser sintetizado (Aro et al., 1993).

Dependendo do tempo que uma planta leva para se recuperar do estresse fotoinibitório, a fotoinibição pode ser classificada como dinâmica ou crônica.

Na fotoinibição dinâmica, a planta se recupera do estresse luminoso à tarde, quando a irradiância diminui, ou durante a noite, quando a eficiência

quântica decresce, mas a taxa fotossintética máxima permanece inalterada. A fotoinibição dinâmica é causada pelo desvio da energia luminosa, absorvida em direção à dissipação de calor, ocorrendo o decréscimo em eficiência quântica. Tal decréscimo é temporário e a eficiência quântica pode retornar ao seu valor inicial mais alto, quando o fluxo fotônico decresce abaixo dos níveis de saturação (Taiz e Zeiger, 2004).

Já na fotoinibição crônica, a planta leva mais de 12 horas para se recuperar do estresse fotoinibitório em condições de baixa luminosidade ou no escuro. O sistema fotossintético é danificado e diminui a eficiência quântica e a taxa fotossintética máxima. A fotoinibição crônica está associada ao dano e substituição da proteína D1 do centro de reação do PSII. Ao contrário da fotoinibição dinâmica, tais efeitos têm duração relativamente longa, persistindo por semanas ou meses. As plantas adaptadas à baixa luminosidade experimentam fotoinibição crônica quando expostas à radiação solar intensa (Taiz e Zeiger, 2004).

Como a fotoinibição envolve inativação fotoquímica, principalmente do PSII, todos os organismos fotossintetizantes podem ser potencialmente susceptíveis à irradiância incidente. Assim, o grau de susceptibilidade está sob influência de vários fatores como: ambientais (luz, temperatura, água, CO₂, O₂ e fertilidade do solo), genotípicos (plantas de sol ou sombra), fenotípicos (inclinação da folha) e fisiológicos (metabolismo do carbono) (Araújo e Deminicius, 2009).

Segundo Meyer & Genty (1999), a fluorescência da clorofila permite verificar a atividade do transporte de elétrons da fotossíntese da folha, fornecendo uma análise detalhada da inibição da fotossíntese induzida pelo estresse. A medida da fluorescência da clorofila com a utilização de fluorímetro modulado é uma importante ferramenta para o estudo do funcionamento do maquinário fotossintético em resposta a vários estresses, incluído o hídrico. A fluorescência da clorofila dá informação sobre o estado do PSII. Esta medida pode mostrar a que ponto o PSII está utilizando a energia absorvida pela clorofila e a extensão que ele está sendo danificado pelo excesso de luz (Schreiber, 1986; Björkman & Powles, 1984).

A relação entre a fluorescência variável com a fluorescência máxima (F_v/F_m) é uma medida da eficiência intrínseca ou máxima do PSII, ou seja, existe eficiência quântica de todos os centros do PSII quando estão abertos. O valor da

relação F_v/F_m reflete a eficiência quântica potencial do PSII e é usado como indicador sensível da performance fotossintética da planta. A relação F_v/F_m pode variar numa faixa de 0,75 a 0,85 em plantas em condições ambientais ótimas. A diminuição da relação F_v/F_m é um excelente indicador de efeito fotoinibitório quando as plantas estão submetidas a qualquer tipo de estresse e pode representar tanto uma regulação fotoprotetora reversível ou uma inativação irreversível do PSII. O declínio da relação F_v/F_m é um bom indicador do dano fotoinibitório quando as plantas estão sujeitas a estresses do ambiente, incluindo frio e seca (Björkman & Powles, 1984).

3.2.4.3. Avaliação da fotoinibição como estratégia de seleção de cultivares no melhoramento genético do morangueiro

O ambiente físico é muitas vezes desfavorável ao crescimento e sobrevivência das plantas, bem como para a produtividade e qualidade das culturas. Fatores como déficit hídrico ou nutricional, variações de temperatura, salinidade, doenças e danos causados por insetos são capazes de restringir o crescimento da planta em algum momento (Costa, Grant e Chaves, 2013).

As mudanças climáticas globais previstas irão aumentar a incidência de eventos climáticos extremos (secas e ondas de calor) e estresse relacionado, levando a mudanças na biodiversidade vegetal e redução da produtividade das culturas (Fedoroff et al., 2010). Com isso, ocorrerão pressões para o uso de áreas marginais para cultivo e maior exigência de cultivares adaptados às condições de estresse. Provavelmente, o foco do melhoramento de plantas daqui a alguns anos não será o aumento de produtividade, mas sim o de tolerância ao estresse e o aumento de produtividade nessas condições.

Assim, uma melhor compreensão da regulação das trocas gasosas é necessária para prever e modelar fatores-chave que influenciam o crescimento e a produtividade das plantas, bem como a sustentabilidade do ecossistema sob crescente pressão ambiental (Costa, Grant e Chaves, 2013).

O sensoriamento remoto, mais precisamente as ferramentas de avaliação das trocas gasosas, são metodologias não destrutivas que monitoram características físicas e fisiológicas de plantas, estimando os efeitos do estresse ambiental sobre a produção das culturas (Jones e Vaughan, 2010). Além disso,

também pode ser aplicado na fenotipagem de genótipos, auxiliando na seleção de materiais resistentes a estresses abióticos em certos ambientes (Walter, Studer e Kölliker, 2012).

Novos genótipos são frequentemente caracterizados, baseando-se em características relacionadas às trocas gasosas, como, por exemplo, a assimilação fotossintética, condutância estomática (gs) e eficiência do uso da água (WUE) (Grant et al., 2010). Além disso, permite a fenotipagem de plantas de diferentes tamanhos, em condições controladas ou de campo (Jones et al., 2009; Walter et al., 2012).

3.2.4.4. Caracterização das cultivares utilizadas nos experimentos

Todas as cultivares utilizadas nesse estudo e descritas a seguir foram desenvolvidas pelo programa de melhoramento da Universidade da Califórnia. Assim, as descrições a seguir estão relacionadas às potencialidades das cultivares, que podem ou não ser expressas, dependendo do local de cultivo.

- 1) **'Camarosa'**: Lançada em 1993. É uma cultivar de dia curto, com ciclo precoce, vigorosa com frutos cônicos, de cor vermelho vivo (Sousa e Curado, 2005). Possui alta produtividade quando comparada com cultivares mais novas e, segundo Costa (2009), obtém produtividade média de 53,21 t.ha⁻¹ na Região Serrana do Espírito santo.
- 2) **'Diamante'**: Lançada em 1997. É uma cultivar de dia neutro que apresenta porte ereto e compacto, com produção de frutos grandes e de coloração clara (Shaw, 2004). Possui elevada produtividade e sua produção se estende até o final do verão. Costa (2009) relata uma produtividade média para a cultivar de 43,81 t.ha⁻¹ na Região Serrana do Espírito Santo.
- 3) **'Ventana'**: Lançada em 2001. É uma cultivar de dia curto, que possui plantas grandes e vigorosas, com frutos cônicos de cor vermelho intenso. Possui produtividade variável, podendo produzir muito em uma safra e pouco em outra, o que é uma desvantagem para o produtor rural devido à imprevisão de safra (Costa, 2009).

3.2.3. MATERIAL E MÉTODOS

3.2.3.1. Localização e condições experimentais

O experimento foi instalado no Centro Regional de Desenvolvimento Rural - Centro Serrano do Instituto Capixaba de Pesquisa Assistência Técnica e Extensão Rural (Incaper), em Domingos Martins, ES, no ano agrícola de 2007/2008. A localização é dada a 20°29' latitude Sul e 41°00' longitude Oeste e a uma altitude de 950 m do nível do mar. Devido à elevada altitude, o clima da região é considerado como clima tropical de montanhas, com temperatura mínima e máxima mensal ilustrada na figura 4, segundo dados da estação meteorológica do Incaper. Foram utilizadas três cultivares de morangueiro, 'Camarosa', 'Diamante' e 'Ventana'.

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados com três repetições e 15 plantas por parcela em esquema fatorial com dois fatores, ambiente (sistema de manejo) e genótipo. O espaçamento entre plantas utilizado foi de 40 x 40 cm, conduzido em três linhas, sobre canteiros de 30 cm de altura, com 1,20 m de largura e 6 m de comprimento, cobertos por "mulching" preto. A fertilização foi feita por gotejamento, de acordo com as análises de solo e recomendações de adubações para a cultura do morango preconizadas por Prezotti (2006).

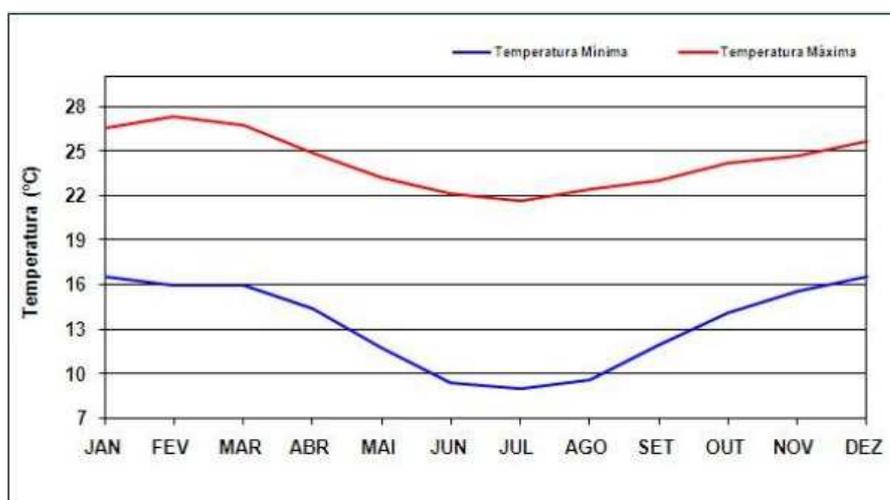


Figura 4: Histórico da média mensal da temperatura máxima e mínima no período de 1976 a 2011. Domingos Martins, ES.
Fonte: Incaper, 2014.

Os ambientes protegidos consistiam da cobertura das plantas com filme plástico de cor branca (leitosa). Para o sistema de túnel baixo, o filme foi de 75 micras, suspenso sobre arcos de ferro galvanizado a uma altura de, aproximadamente, 1,0 metros de altura, enquanto para o sistema de túnel alto, o filme utilizado foi de 100 micras e ficava suspenso a uma altura de 2,5 metros (Figura 6). Os túneis eram levantados durante o dia para melhor ventilação dos canteiros e fechados durante a noite para evitar molhamento foliar.

A densidade de Fluxo de Fótons Fotossintéticos foi monitorada com auxílio de um Quantum (Spectrum Technologies, Inc., Illinois, USA). As informações foram coletadas às 7:00 e 12:00 h, ilustradas na figura 5.

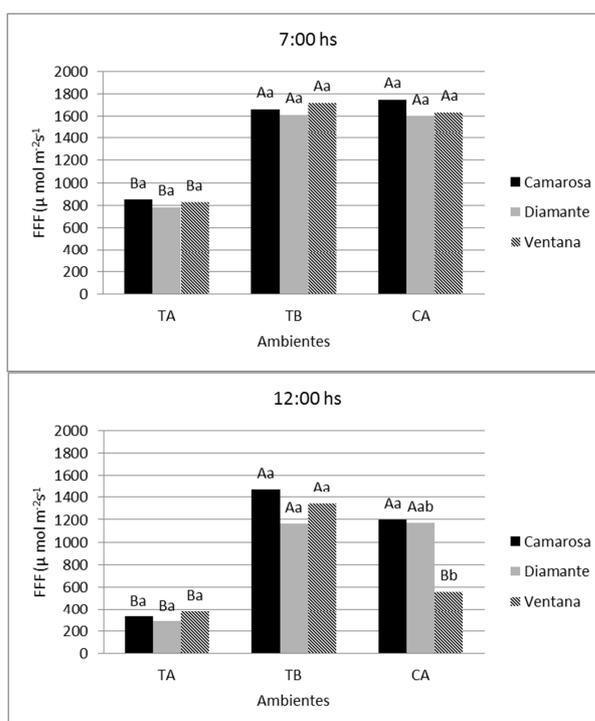


Figura 5: Intensidade de fluxo de fótons fotossintéticos dos três ambientes às 7 horas da manhã e ao meio dia.



Figura 6: Experimento localizado no Centro Regional de Desenvolvimento Rural - Centro Serrano do Instituto Capixaba de Pesquisa Assistência Técnica e Extensão Rural (Incaper), em Domingos Martins, ES.

3.2.3.2. Características avaliadas

3.2.3.2.1. Características agronômicas

O experimento foi implantado no final do mês de maio de 2007 e a colheita iniciou-se em agosto, realizada duas vezes por semana, até março de 2008. Por ocasião da colheita, classificava-se o fruto como comercial (peso $\geq 7g$), não comercial (peso $<7g$). Foram utilizadas as seguintes características:

- 1) Produtividade (P);
- 2) Produção comercial (PC);
- 3) Número total de frutos (NTF);
- 4) Número de frutos comerciais (NFC);
- 5) Peso médio de frutos comerciais (PMFC).

3.2.3.2.2. Características fisiológicas

As características fisiológicas foram avaliadas a fim de buscar possíveis relações entre o processo fotossintético com a produção dos genótipos estudados nos diferentes ambientes, além das possíveis consequências da fotoinibição.

Procedeu-se avaliação das características no mês de agosto de 2007 em um dia de céu parcialmente nublado. As seguintes características foram avaliadas:

a) Trocas gasosas e déficit de pressão de vapor entre a folha e o ar (DPV_{folha-ar})

A taxa fotossintética líquida (A), a condutância estomática (g_s), a transpiração (E) e o déficit de pressão de vapor entre a folha e o ar (DPV_{folha-ar}) foram determinadas às 7:00 e 12:00 horas, em folhas localizadas na parte mediana do dossel da planta. Para tanto, utilizou-se o sistema portátil de medição das trocas gasosas, modelo LI-6200, LI-COR, Lincoln, NE, USA.

b) Teor de clorofila

O teor de clorofila foi estimado por meio do medidor portátil de clorofila modelo SPAD-502 (Minolta, Japão). As medidas foram feitas no terço médio da folha, a 2 cm da margem da folha, excluindo-se suas nervuras, em folhas localizadas na parte mediana do dossel da planta.

c) Fluorescência da clorofila “a” e fotoinibição

A fluorescência da clorofila foi determinada logo após e no mesmo local da folha onde foram feitas as medições de trocas gasosas. Essa característica foi determinada utilizando o fluorímetro portátil de luz não-modulada, modelo PEA (Plant Efficiency Analyser – Hansatech Ltda. King's Lynn, Norfolk, UK). As medições foram feitas em duas plantas por parcela, no terço médio da folha, a 2 cm da margem da folha, excluindo-se suas nervuras. Para tanto, as folhas das plantas foram adaptadas ao escuro com o uso de pinças, por aproximadamente 30 minutos, para que todos os centros de reações adquirissem a condição de abertos (Q_a oxidada) (Bòlhar-Nordenkampf et al., 1989).

Por meio do fluorímetro não-modulado, foi possível obter as medidas de fluorescência inicial (F_0), fluorescência máxima (F_m) e fluorescência variável (F_v). A partir dos valores de F_v e F_m , obteve-se a relação F_v/F_m (rendimento quântico máximo do fotossistema II) (Bòlhar-Nordenkampf et al., 1989). A indução da fluorescência foi feita por meio de um pulso de luz vermelha (650 nm) com duração de 2 s, com intensidade de $600 \text{ W m}^{-2}\text{n}$ (100% de intensidade), obtido por meio de seis LEDs (Light Emitting Diodes), localizado na sonda do equipamento.

A estimativa da intensidade da fotoinibição foi calculada por meio da seguinte equação:

$$\% \text{ fotoinibição} = [1 - (Fv / Fm_{12:00}) / Fv / Fm_{7:00}] \times 100$$

3.2.3.3. Análises de variância individual e conjunta

A análise de variância para cada ambiente, considerando um delineamento em blocos casualizados (DBC), segue o seguinte modelo genético-estatístico:

$$Y_{ij} = \mu + B_j + G_i + e_{ij} \text{ em que,}$$

Y_{ij} = Observação obtida na parcela com i-ésimo genótipo no j-ésimo bloco;

μ = Média geral;

B_j = Efeito do j-ésimo bloco considerado aleatório;

G_i = Efeito do i-ésimo genótipo;

e_{ij} = Efeito do erro.

A análise de variância do modelo com as fontes de variação (FV) e os respectivos graus de liberdade (GL), quadrados médios (QM) e esperanças dos quadrados médios (E(QM)), encontram-se na tabela 7.

Tabela 7- Análise de variância.

FV	GL	QM	E(QM)
Blocos	b-1	QMB	$\sigma^2 + g\sigma_b^2$
Genótipos	g-1	QMG	$\sigma^2 + b\sigma_g^2$
Resíduo	(b-1)(g-1)	QMR	σ^2
Total	bg -1	QMT	

Para a análise conjunta (Tabela 8), ou seja, agrupando dois ou mais ambientes, num DBC, o modelo misto considerado foi:

$$Y_{ijk} = \mu + G_i + A_j + GA_{ij} + B / A_{jk} + e_{ijk}, \text{ onde}$$

y_{ijk} = observação da característica no k-ésimo bloco, avaliada dentro do j-ésimo ambiente no i-ésimo genótipo;

μ = média geral;

G_i = efeito do i-ésimo genótipo considerado fixo;

A_j = efeito do j-ésimo ambiente, considerado aleatório;

GA_{ij} = efeito da interação entre o i-ésimo genótipo e o j-ésimo ambiente, considerado aleatório;

B / A_{jk} = efeito do k-ésimo bloco dentro do j-ésimo ambiente; e

e_{ijk} = efeito do erro experimental associado à observação de ordem ijk .

Tabela 8 - Esquema da análise de variância com as respectivas fontes de variação (FV), graus de liberdade (GL), quadrados médio (QM), esperanças de quadrado médio (E(QM)).

FV	GL	QM	E (QM)
Blocos/Ambientes	$a(b - 1)$	QMB	$\sigma^2 + g \sigma^2_b$
Ambiente (A)	$a - 1$	QMA	$\sigma^2 + g \sigma^2_b + gr \sigma^2_a$
Genótipos (G)	$g - 1$	QMG	$\sigma^2 + rl \sigma^2_{ga} + ar \theta_g$
G x A	$(g - 1)(a - 1)$	QMGA	$\sigma^2 + rl \sigma^2_{ga}$
Resíduo	$a(g - 1)(b - 1)$	QMR	σ^2
Total	$bga - 1$		

$$\theta_g = \frac{\sum G_i^2}{g-1}; \quad e \quad l = \frac{g}{g-1}$$

3.2.4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.2.4.1. Características agronômicas

Observou-se, na análise de variância conjunta, que todos os caracteres agronômicos apresentaram as fontes de variação, cultivares e ambientes significativos estatisticamente, indicando que existem diferenças entre genótipos e ambientes. Todavia, a interação foi não significativa, o que nos permite concluir que as cultivares que demonstraram melhor desempenho em um ambiente também apresentou a mesma resposta nos outros ambientes.

A tabela 9, 10 e 11 mostram as médias das características agronômicas. Em relação à produtividade (Tabela 9), observa-se que em túnel alto as cultivares 'Camarosa' e 'Diamante' foram mais produtivas que nos demais ambientes, com 68,42 t.ha⁻¹ e 58,93 t.ha⁻¹, respectivamente, e foram mais produtivas que 'Ventana' no mesmo ambiente. Observa-se, também, que a produtividade média de todas as cultivares no túnel alto foi cerca de 30% superior que os demais ambientes.

A produtividade das cultivares no túnel baixo foi semelhante a do ambiente campo aberto, não revelando diferenças estatísticas significativas para as cultivares 'Camarosa' e 'Diamante'. O mesmo não ocorreu com 'Ventana', na qual a produtividade no túnel baixo foi semelhante à do túnel alto.

Em todos os ambientes, as cultivares 'Camarosa' e 'Diamante' foram as que obtiveram maiores produtividades. A produtividade média do morangueiro, obtida neste estudo, para todos os ambientes, foi de 39,04 t.ha⁻¹, superior ao rendimento médio brasileiro, que é 25 t.ha⁻¹ (Gimenez et al., 2008).

Tabela 9: Produtividade e produção comercial de 3 cultivares de morangueiro nos ambientes túnel alto (TA), túnel baixo (TB) e campo aberto (CA). Domingos Martins, ES.

Cultivares	Produtividade (t.ha ⁻¹)			Produção Comercial (kg.parcela ⁻¹)		
	TA	TB	CA	TA	TB	CA
Camarosa	68,42 Aa	46,46 Ba	44,76 Ba	13,88 Aa	8,76 Ba	8,70 Ba
Diamante	58,93 Aa	39,82 Ba	32,70 Ba	14,29 Aa	9,08 Ba	6,74 Ba
Ventana	29,17 Ab	17,65 Ab	13,48 Bb	5,96 Ab	3,55 Ab	2,74 Bb
Média Geral	52,17	34,64	30,31	11,38	7,13	6,06
CV%	12,14	20,60	26,27	10,53	21,40	23,99

*As médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas na linha e minúsculas na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey (P < 0,05).

O coeficiente de variação (CV%) foi característico nos ambientes, concordando com Gomes (1985), que explica que quanto maior o controle

ambiental, menor o CV. Assim, no túnel alto, onde há um maior controle ambiental, como pequena variação de temperatura e umidade, o CV foi de 12,14%, no túnel baixo 20,60% e a campo aberto 26,27%, onde houve maior influência ambiental.

Morales et al. (2012), avaliando a produtividade, a emissão de estolhos e teor de sólidos solúveis dos frutos de morangueiro, em função da adubação com esterco de bovino complementar à adubação química, em túnel baixo, na região Centro-Sul do Paraná, encontraram resultados semelhantes com a cultivar 'Camarosa', sendo esta superior as demais cultivares estudadas. Duarte Filho et al. (2007) relatam que essa superioridade está relacionada à boa adaptação dessa cultivar aos diversos ambientes de cultivo. Pagot e Hoffmann (2003) ainda ressaltam que, dependendo da tecnologia empregada, a produtividade do morangueiro pode chegar a 70 t.ha⁻¹, o que se aproximou da produtividade de 'Camarosa' em túnel alto.

Em relação à produção comercial (Tabela 9), observou-se o mesmo comportamento de produtividade. 'Camarosa' e 'Diamante' obtiveram produções comerciais maiores e semelhantes em todos os ambientes, diferindo estatisticamente de 'Ventana'. Os melhores resultados foram encontrados no túnel alto (TA), com 11,38 kg.parcela⁻¹ na média de todas as cultivares, sendo 37% maior que no túnel baixo (7,13 kg.parcela⁻¹) e 47% maior que no campo aberto (6,06 kg.parcela⁻¹). Duarte Filho et al. (2005) também observaram maiores produções comerciais no túnel alto, utilizando, nesse estudo, as cultivares 'Campinas' e 'Seascape'.

Quanto ao número total de frutos (Tabela 10), observam-se também melhores resultados no túnel alto, com média de 1360 frutos, comparados com túnel baixo (889,44) e campo aberto (717,78). A cultivar 'Camarosa' obteve o maior número de frutos em todos os ambientes. Oliveira et al. (2008), em trabalho sob túnel baixo, também avaliaram número de frutos entre cultivares de morangueiro e constataram que Camarosa demonstrou melhor desempenho produtivo que as demais estudadas.

A característica número de frutos comerciais (Tabela 10) segue o mesmo padrão de resposta da característica número total de frutos, com maior número de frutos comerciais no túnel alto. Os ambientes túnel baixo e campo aberto foram estatisticamente semelhantes, exceto para a cultivar 'Ventana'. As cultivares

'Camarosa' e 'Diamante' foram as que obtiveram maior número de frutos comerciais em todos os ambientes.

Para melhor compreensão dos resultados, fez-se a porcentagem de número de frutos comerciais sobre o número de frutos totais (Tabela 11), de modo a conhecer qual ambiente proporciona maior porcentagem de frutos comerciais, ou seja, os que são mais viáveis ao produtor. Nesse sentido, foi observado diferença significativa apenas para a cultivar 'Diamante', sendo esta maior no túnel alto (79,27%). Entre as cultivares, 'Diamante' também proporciona maior porcentagem de frutos comerciais em detrimento das demais.

Em relação ao peso médio de fruto comercial, não houve diferenças entre cultivares e nem entre ambientes, todos apresentaram uma média de 14 gramas por fruto (Tabela 11). Morales et al. (2012) encontraram valores semelhantes para a cultivar 'Camarosa' (12,84 g), no Estado do Paraná, o que confirma o potencial produtivo no Estado do Espírito Santo. Já em Pelotas, RS, Oliveira et al. (2008) obtiveram frutos de 'Camarosa' de até 24 gramas na 11^o semana de colheita.

Os resultados encontrados no presente trabalho evidenciam o potencial da cultivar 'Diamante' para a produção de frutos de tamanho extra (> 14 g), segundo a classificação proposta por Rebelo e Balardin (1997).

3.2.4.2. Características fisiológicas

Os resultados da análise de variância e os coeficientes de variação para as características fisiológicas avaliadas estão apresentados na tabela 12. Foram verificadas diferenças estatísticas entre ambientes para a maioria das características estudadas. Isso indica que existe variação de respostas dos genótipos nos diferentes ambientes.

Os mesmos resultados foram encontrados para interação genótipo por ambiente (Tabela 12), sugerindo, para essas características, a existência de resposta diferenciada entre os genótipos, quando estes foram submetidos a ambientes de cultivo diferentes

Tabela 10: Número total de frutos e número de frutos comerciais de 3 cultivares de morangueiro nos ambientes túnel alto (TA), túnel baixo (TB) e campo aberto (CA). Domingos Martins, ES.

Cultivares	Número Total de Frutos			Número de Frutos Comerciais		
	TA	TB	CA	TA	TB	CA
Camarosa	2030,33 Aa	1355,00 Ba	1180,33 Ba	1089,33 Aa	689,00 Ba	652,67 Ba
Diamante	1361,67 Ab	875,33 Bb	670,67 Bb	1086,33 Aa	623,33 Ba	437,33 Bab
Ventana	688,00 Ac	438,00 Ac	302,33 Ab	413,33 Ab	252,67 Ab	186,33 Ab
Média Geral	1360,00	889,44	717,78	863,00	521,67	425,44
CV%	15,62	20,11	26,68	18,59	17,90	27,17

*As médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas na linha e minúsculas na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

Tabela 11: Porcentagem do número de frutos comerciais sobre o número total de frutos e peso médio de fruto comercial de 3 cultivares de morangueiro nos ambientes túnel alto (TA), túnel baixo (TB) e campo aberto (CA). Domingos Martins, ES.

Cultivares	(%) frutos comerciais sobre o total			Peso Médio de Fruto Comercial		
	TA	TB	CA	TA	TB	CA
Camarosa	54,40	51,20	54,96	12,75 Aa	12,76 Aa	13,50 Aa
Diamante	79,27	70,99	64,62	13,70 Aa	14,44 Aa	15,65 Aa
Ventana	60,67	58,41	61,35	14,53 Aa	14,06 Aa	14,76 Aa
Média Geral	64,78	60,20	60,31	13,66	13,75	14,64
CV%				13,42	6,18	2,16

*As médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas na linha e minúsculas na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

Tabela 12: Resumo da análise de variância e os coeficientes de variação envolvendo três cultivares de morangueiro (G) e três ambientes de cultivo (A), túnel alto, túnel baixo e em campo aberto, às 7:00 horas da manhã e ao meio dia (12:00). Domingos Martins, ES.

Características ¹	Médias	CV(%)	Quadrado Médio					
			FV	Bloco/Amb	Genótipo (G)	Ambiente (A)	GxA	Resíduo
			GL	6	2	2	4	12
g _s (7:00 hs)	0,437	9,31		2683,81	1440,75 ^{ns}	39415,17*	6026,11*	1653,12
g _s (12:00 hs)	0,384	5,92		40,49	21898,81 ^{ns}	53643,94*	43067,72*	519,37
A (7:00hs)	14,62	13,97		2,37	9,12 ^{ns}	37,44*	11,23 ^{ns}	4,17
A (12:00hs)	11,60	15,01		3,44	25,85 ^{ns}	43,60*	11,59*	3,03
E (7:00hs)	1,14	5,59		0,02	0,015 ^{ns}	0,08 ^{ns}	0,06*	0,004
E (12:00hs)	1,04	14,67		0,02	0,022 ^{ns}	0,08 ^{ns}	0,23*	0,023
DPV (7:00hs)	3,43	11,46		1,82	0,17*	1,85 ^{ns}	0,02 ^{ns}	0,15
DPV (12:00hs)	3,51	11,38		0,24	0,64 ^{ns}	0,15 ^{ns}	1,00*	0,15
Fv/Fm (7:00 hs)	0,83	2,29		0,00054	0,0043 ^{ns}	0,0012 ^{ns}	0,0055*	0,00036
Fv/Fm (12:00 hs)	0,80	1,08		0,00016	0,00081 ^{ns}	0,0139*	0,0024*	0,00008
% Fotoinibição	23,76	7,15		2,32	1,59 ^{ns}	194,28*	49,32*	2,89
Leitura do MPC	42,78	2,98		0,73	4,00 ^{ns}	27,95*	18,05*	1,63

* = Significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F; ^{ns} = Não significativo. ¹Condutância estomática (g_s, em mol H₂O.m⁻².s⁻¹); Taxa fotossintética líquida (A, em μmol. CO₂. m⁻².s⁻¹); Transpiração foliar (E em mmol.H₂O.m⁻².s⁻¹); Déficit de pressão de vapor (DPV em kPa); Relação fotossíntese variável e fotossíntese máxima (Fv/Fm); Porcentagem de fotoinibição; Leitura do medidor portátil de clorofila (MPC)

A taxa fotossintética líquida foi maior às 7 horas em todos os ambientes, quando comparadas com as mesmas medições ao meio dia (Figura 7). A cultivar 'Ventana' obteve os menores valores em ambos os horários, podendo ser uma possível explicação para a baixa produtividade da cultivar.

Ao meio dia, a taxa fotossintética no ambiente sem cobertura (CA) foi menor para todas as cultivares, quando comparadas aos ambientes protegidos (TA e TB), podendo ser explicado pelo fenômeno chamado depressão da fotossíntese ao meio dia (DFMD), que ocorre nos horários mais quentes do dia, na maioria das plantas adaptadas a clima tropical. A DFMD pode reduzir drasticamente a assimilação de carbono, por meio da redução da condutância estomática (Raschke e Rosemann, 1986; Chaumontet al., 1997; Su e Liu, 2005; Reis, 2007).

Analisando a característica condutância estomática (Figura 7), nos horários de 7 horas e ao meio dia, observou-se uma uniformidade no primeiro horário em todos os ambientes, todavia no ambiente campo aberto houve uma suave, porém significativa, redução para as cultivares 'Diamante' e 'Ventana'. Nas medições realizadas ao meio dia os valores continuaram uniformes nos ambientes protegidos, contudo houve uma drástica redução de g_s na cultivar 'Ventana'. Estes valores podem indicar uma provável sensibilidade da cultivar em ambientes sem cobertura e uma possível tolerância das cultivares 'Diamante' e 'Camarosa', mantendo estáveis os valores de g_s em todos os ambientes. Os valores de g_s da cultivar 'Ventana' no ambiente sem cobertura (CA) foram considerados baixos em relação aos demais, porém elevados valores de $DPV_{folha-ar}$ foram observados para a mesma. Esse fato revela que maior quantidade de luz chegou até a folha e pode ter promovido maior ação do $DPV_{folha-ar}$ sobre a g_s , influenciando o fechamento estomático.

Em relação aos valores de $DPV_{folha-ar}$, observou-se um comportamento semelhante, contudo inversamente proporcional ao de g_s . Na literatura, vários trabalhos relatam os efeitos negativos do $DPV_{folha-ar}$ sobre g_s em várias culturas (El-Sharkawy e Cock, 1984; El-Sharkawy et al., 1985; Monteith, 1995).

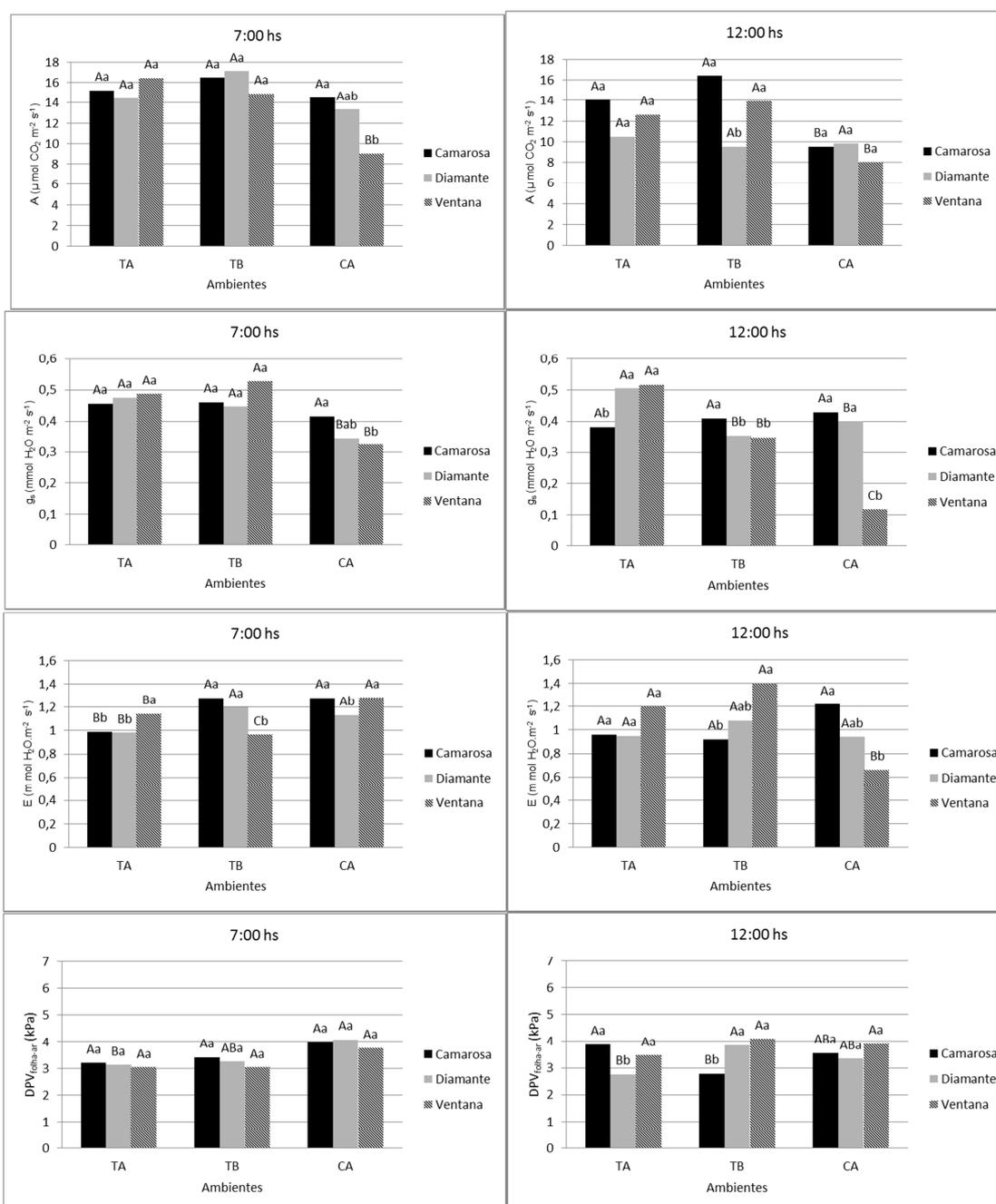


Figura 7: Taxa fotossintética líquida (A), condutância estomática (g_s), transpiração (E) e déficit de pressão de vapor $_{\text{folha-ar}}$ ($\text{DPV}_{\text{folha-ar}}$) às 7 horas e às 12 horas de três cultivares de morangueiro, em três ambientes de cultivo. As médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas (entre ambientes) e minúsculas (entre cultivares) não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

A transpiração foi relativamente uniforme às 7 horas entre as cultivares e os ambientes, exceto para 'Ventana' no túnel baixo (TB). Contudo, ao meio dia foi observada elevada taxa transpiratória para 'Ventana' nos ambientes com cobertura e considerável redução no ambiente sem cobertura (CA). Esses valores de E de 'Ventana' ao meio dia estão relacionados aos valores elevados de g_s . A transpiração foliar está relacionada à redução de temperatura da folha com

efeitos sobre a redução do $DPV_{\text{folha-ar}}$. Nos dois horários, as respostas de E foram bem semelhantes às respostas de g_s , evidenciando uma forte relação entre as duas variáveis (Figura 7).

Na literatura, tem-se relatado que a DFMD é causada por fatores estomáticos e não estomáticos (Xu e Shen, 1997; Huang, 2006). Fatores não estomáticos podem ter sido o causador da queda de A nas cultivares ‘Camarosa e ‘Diamante’, visto que a condutância estomática das cultivares permaneceu elevada.

Na figura 8, verifica-se a eficiência fotoquímica máxima do fotossistema II (PSII), avaliada pela relação F_v/F_m , às 7 horas e ao meio dia. Pela manhã, os valores permaneceram constantes, variando de 0,76 para a cv ‘Ventana’ em TA a 0,86 para a cv ‘Diamante’ no TB. Porém, ao meio dia, os valores foram menores para todas as cultivares, principalmente no campo aberto, variando de 0,72 para ‘Ventana’ no CA a 0,84 para ‘Camarosa’ no TA.

Segundo Critchley (1998), em folhas de sol os valores típicos dessa relação são de aproximadamente 0,8. Em folhas de sombra, estes valores estão sempre entre 0,83 e 0,85, com uma diferença em torno de 4%. O autor relata que, em valores abaixo de 0,725, as folhas certamente foram submetidas ao dano fotoinibitório. Assim, nota-se que a cultivar ‘Ventana’ teve sua fotossíntese reduzida (Figura 8), principalmente em ambiente sem cobertura, devido a efeitos estomáticos e não estomáticos, afetando negativamente sua produtividade. Keutgen et al. (1997) e Osório et al. (2014) encontraram valores semelhantes para o morangueiro.

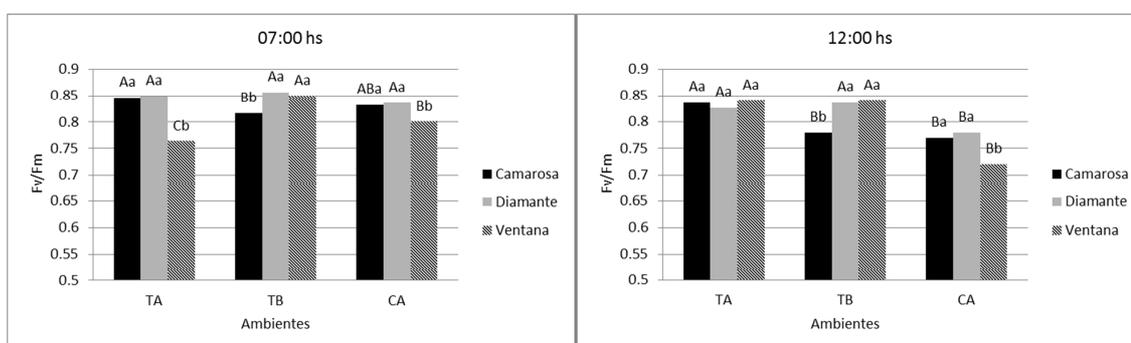


Figura 8: Relação F_v/F_m às 7 horas e às 12 horas de três cultivares de morangueiro, em três ambientes de cultivo. As médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas (entre ambientes) e minúsculas (entre cultivares) não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

Quanto ao conteúdo de pigmentos fotossintéticos, mensurados pelo Medidor Portátil de Clorofila (MPC) ilustrado na figura 9, os valores variaram entre 41,3 para a cv 'Ventana' no TB e 45,2 para 'Camarosa' no CA. Não houve diferenças entre cultivares nos ambientes protegidos (TA e TB), mantendo conteúdos de clorofila semelhantes. No ambiente campo aberto houve diferenças entre cultivares, sendo 'Camarosa' com maior teor de clorofila em relação à 'Diamante' e 'Ventana'.

Os menores valores encontrados pelo MCP na cultivar 'Ventana' podem sugerir uma diminuição da longevidade foliar, pois antecipa os processos de senescência da folha. Torres Neto et al. (2002) e Castro (2005) sugerem que valores de MPC próximos a 32 mostram comprometimentos no funcionamento do Fotossistema II, consequência da fotoinibição.

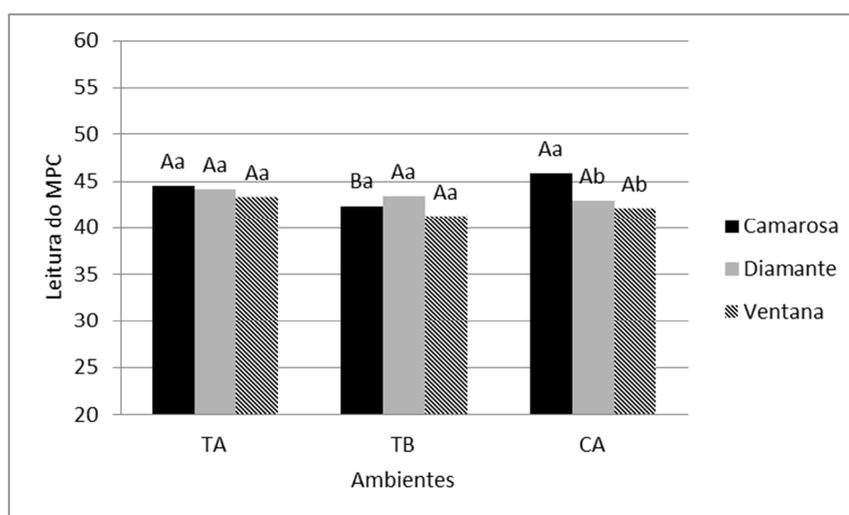


Figura 9: Leitura do Medidor Portátil de Clorofila (MPC) de três cultivares de morangueiro, em três ambientes de cultivo. Domingos Martins, ES. As médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas (entre ambientes) e minúsculas (entre cultivares) não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

O conteúdo de pigmentos fotossintéticos, principalmente as clorofilas, podem ser afetados devido à ação de fatores abióticos, como temperatura sub ou supra ótima, o que está de acordo com os resultados do presente trabalho (Figura 9). Este fato mostra que a determinação dos pigmentos fotossintéticos pode ser uma importante ferramenta no auxílio do diagnóstico de estresse em plantas (Hendry e Price, 1993) e também uma ferramenta de seleção de genótipos

tolerantes a elevadas temperaturas. Assim, o decréscimo da concentração de pigmentos fotossintéticos em resposta a elevadas temperaturas, por exemplo, pode também ter uma função adaptativa, diminuindo a captação de luz nessas plantas (Chaves, Maroco e Pereira, 2003), potencializando, assim, o uso do Medidor Portátil de Clorofila (MPC).

Em relação à porcentagem de fotoinibição (Figura 10), observaram-se menores valores no ambiente túnel alto em todas as cultivares e para 'Diamante' e 'Ventana' no túnel baixo. Os maiores valores foram encontrados no ambiente campo aberto para todas as cultivares. Estes resultados comprovam a possível fotoinibição da cv 'Ventana' em ambientes sem cobertura, podendo ser indicativo da menor produtividade da cultivar.

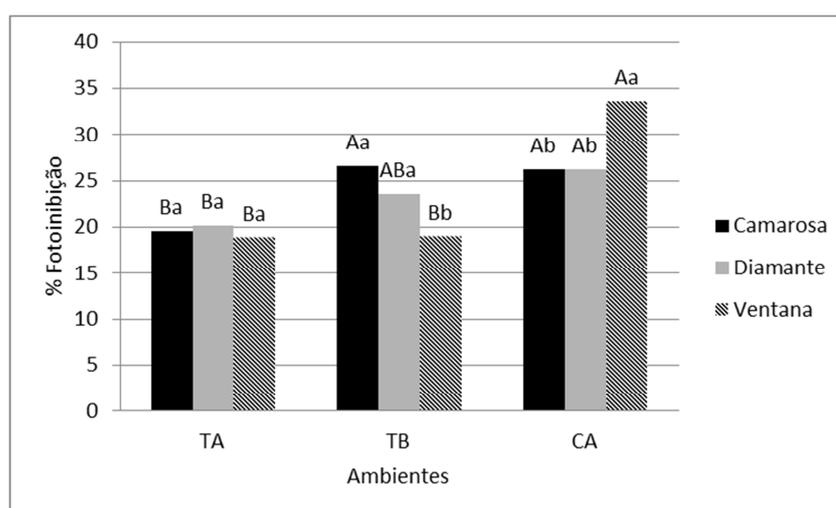


Figura 10: Leitura do Medidor Portátil de Clorofila (MPC) de três cultivares de morango, em três ambientes de cultivo. Domingos Martins, ES. As médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas (entre ambientes) e minúsculas (entre cultivares) não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

3.2.4. CONCLUSÕES

Apesar da importância econômica da cultura do morango nas regiões produtoras, existe uma carência de informações referentes à seleção de cultivares de morango em regiões tropicais, pois a grande maioria das cultivares utilizadas são provenientes de programas de melhoramento internacionais,

principalmente de regiões temperadas, onde as condições climáticas são diferentes das do Brasil. Além disso, estudos de caracterização genotípica associados a componentes fisiológicos ainda são restritos devido à complexidade das respostas das plantas frequentemente submetidas a estresses ambientais. Essas influências podem mascarar o potencial máximo do genótipo.

Entretanto, tentar compreender como os fatores do ambiente controlam o processo fotossintético em diferentes genótipos de morangueiro pode ser importante para encontrar possíveis diferenças genotípicas e, assim, utilizá-las em programas de melhoramento.

Ao longo do crescimento e produção da planta os fatores genéticos podem ser alterados pelas variações ambientais. Este fato pode ser observado pelo declínio das taxas relacionadas às trocas gasosas durante o meio dia. Essas baixas podem ser atribuídas à depressão da fotossíntese ao meio dia e, conseqüentemente, da fotoinibição. Os genótipos que são capazes de manter a fotossíntese durante este período podem fornecer mais fotoassimilados para crescimento e desenvolvimento, como é o caso de 'Camarosa' e 'Diamante'.

A cultivar 'Camarosa' obteve, numericamente, o melhor desempenho agrônômico em todos os ambientes estudados, porém não diferiu estatisticamente de 'Diamante'. As maiores produtividades foram encontradas no ambiente túnel alto.

Não houve diferença significativa nas taxas fotossintéticas entre as cultivares 'Camarosa' e 'Diamante', e nem entre as suas respectivas produtividades, o que sugere uma provável adaptação a climas tropicais, quando comparadas com a cultivar 'Ventana'.

A contribuição para a região, a partir do presente trabalho, é que para superar os limites já avaliados, há necessidade de novo material genético, como uma nova combinação híbrida, porém ficou a base para um incremento de produtividade x sistema de cultivo com boa atividade fotossintética, já alcançada, para o desenvolvimento regional. O acúmulo de dados na região, associados aos agora obtidos, gera a oportunidade de uma nova combinação híbrida para a continuidade dos trabalhos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Almenara, M. R. Definição e ocorrência da fotoinibição. LEAF, 1998. Disponível em: <http://server2.iq.ufrj.br/~almenara/fotoinibicao.htm>. Acesso em: 15/maio/2012.
- Annicchiarico, P. (1992) Cultivar adaptations and recommendation from alfalfa trials in Northern Italy. *Journal of genetics & breeding*, Rome, v.46, n.1, p.269-278.
- Araújo, S. A. do C. e Deminicius, B. B. (2009). Fotoinibição da Fotossíntese. Revisão. *Revista Brasileira de Biociências*. v.7, n.4, p. 463-472.
- Aro, E., McCaffery, S. & Anderson, J. M. (1993). Photoinhibition and D1 protein degradation in peas acclimated to different growth irradiances. *Plant Physiology*, 103: 835-843.
- Balbino, J. M. S, Marin, A. J. (2006) Importância socioeconômica da cultura do morango para o Estado do Espírito Santo e o planejamento da produção comercial. In: Balbino, J. M. S (ed.).2. *Tecnologias para produção, colheita e pós-colheita de Morangueiro*. Vitória: Incaper, p.11-14.(Documentos,124).

- Banzato, D. A., Kronka, S. N. (1992) *Experimentação Agrícola*. Jaboticabal: Funep, 247p.
- Bartlett, M. S. (1937) *Properties of sufficiency and statistical tests*. Proceedings of the Royal Society of London, serie A, London, 160:268-282.
- Björkman, O. e Powles, S. B. (1984). Inhibition of photosynthetic reactions under water stress: interaction with light level. *Planta*, 161: 490-504.
- Bòlhar-Nordenkampf, H. R.; Long S. P.; Baker, N. R.; Öquist G.; Schreiber U.; Lechner E.G. (1989) Chlorophyll fluorescence as a probe of the photosynthetic competence of leaves in the field: A review of current instrumentation. *Func. Ecol.*, v.3, p.497-514.
- Borém, A. e Miranda, G. V. (2009) *Melhoramento de Plantas*. 5 ed. rev. e ampl. – Viçosa, MG. Ed. UFV. 529p.
- Branzanti, E. C. (1989) *La fresa*. Madrid: Mundi-Prensa, 386p.
- Cardoso, L. S.; Bergamaschi, H.; Comiran, F.; Chavarria, G.; Marodin, G. A. B.; Dalmago, G. A.; dos Santos, H. P.; Mandelli, F. (2008). Alterações micrometeorológicas em vinhedos pelo uso de coberturas de plástico. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 43, p.441-447.
- Cargnelutti Filho, A.; perecin, D., Malheiros, E. B.; Guadagnin, J. P. (2007) Comparação de métodos de adaptabilidade e estabilidade relacionados à produtividade de grãos de cultivares de milho. *Bragantia*, v. 66, p.571-578.
- Castro, F. A. (2005). Relações do valor do medidor portátil de clorofila (SPAD-502) com o processo fotossintético e com o teor de nitrogênio orgânico em genótipos de *Carica papaya* L . Tese (Mestrado em Produção Vegetal) – Campos – RJ, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, 47p.

- Castro, R. L. (2002) Diversidade Genética, adaptabilidade e estabilidade do morangueiro (*Fragaria x ananassa* Duch.) em cultivo orgânico. UFV: Viçosa, Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento), 145p.
- Chaumont, M.; Osório, M. L.; Chaves, M. M.; Vanacker, H.; Morot-Gaudry, J.-F.; Foyer, C. H. (1997) The absence of photoinhibition during the mid-morning depression of photosynthesis in *Vitis vinifera* grown in semi-arid and temperate climates. *Journal of Plant Physiology*, Stuttgart, v.150, p.743-751.
- Chavarría, G. e dos Santos, H. P. (2009). Manejo de videiras sob cultivo protegido. *Ciência Rural*, v. 39, p.1917-1924.
- Chaves, M. M., Maroco, J., Pereira, J. S. (2003) Understanding plant responses to drought – from genes to the whole plant. *Functional plant Biology*, v. 30, p. 239-264.
- Correia, M. J.; Chaves, M. M. C. e Pereira, J. S. (1990). Afternoon depression in photosynthesis in grapevine leaves- Evidence for a high light stress effect. *Journal of Experimental Botany*, v. 41, p.417-426.
- Costa, A. F. (2009) Adaptabilidade, estabilidade e comportamento de cultivares de morangueiro em diferentes sistemas de manejo na Região Serrana do Espírito Santo. UENF: Campos dos Goytacazes, tese (Doutorado em Produção Vegetal), 99 p.
- Costa, J. M.; Grant, O. M. e Chaves M. M. (2013). Thermography to explore plant-environment interactions. Review paper. *Journal of Experimental Botany*. v.64, n.13, p.3937-3949.
- Critchley, C. (1998) Photoinhibition. In: Raghavendra, A.S.(Ed.). *Photosynthesis: A comprehensive treatise*. Cambridge: Cambridge University Press, 1998. p.264-272.

- Cruz, C. D. (2006) Programa Genes (Versão Windows), Aplicativo computacional em genética e estatística. Viçosa: UFV.
- Cruz, C. D. (2006) Programa GENES: biometria. Viçosa, MG. Ed. UFV. 382p.
- Cruz, C. D., Carneiro, P. C. S. (2003) *Modelos Biométricos Aplicados ao Melhoramento Genético.2*. Viçosa ,UFV, 585p.
- Cruz, C. D., Castoldi, F. L. (1991) Decomposição da interação genótipos x ambientes em partes simples e complexas. *Ceres*. V 38, p.422-430,
- Cruz, C. D., Torres, R. A., Vencovsky, R. (1989) An alternative approach to the stability analyses proposed by Silva and Barreto. *Revista Brasileira de Genética*. v. 12, p.567- 580.
- Cruz, C. D.; Regazzi, A. J.; Carneiro, P. C. S. (2012) Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético. v.1. 4.ed. Viçosa, MG. Ed. UFV. 514 p.
- Daros, M., Amaral Júnior, A. T. (2000) Adaptabilidade e estabilidade de produção de *Ipomoea batatas*. *Acta Scientiarum*. n.22, p.911-917.
- Darrow, G. M. (1966) The Strawberry. *History, Breeding and Physiology*. Holt, Rinehart and Wilson, New York, USA.
- Davis, T. M.; Denoyes-Rothan, B.; Lerceteau-Köhler, E. (2007) Strawberry In: Kole C, (Ed.) *Genome Mapping and Molecular Breeding in plants: Fruits and Nuts*. v.4. Springer-Verlag Berlin Heidelberg. p. 189-205.
- Demchak, K.; Hanson, E. J. (2013) Small fruit production in high tunnels in the US. In: International Symposium on High Tunnel Horticultural Crop production. *ISHS Acta Horticulturae 987*.
- Doré, C. , Varoquaux, F. (2006) *Historique et amélioration de cinquante plantes cultivées*(coord.) Inra.840p.

- Duarte filho, J. et al. Cultivares (2007) *Informe Agropecuário*. Belo Horizonte, n.236, p.20-23.
- Duarte Filho, J.; Antunes, L.E.C.; Pádua, J.G. (2007) Morango: conquistando novas
- Duarte Filho, J.; Bueno, S. C. S.; Pádua, J. G. de; Antunes, L. E. C. (2005) Produtividade e eficiência de uso da radiação fotossinteticamente ativa pelo morangueiro em diferentes ambientes de cultivo. In: 45 Congresso Brasileiro de Olericultura, 2005, Fortaleza, CE. Horticultura Brasileira. Associação Brasileira de Horticultura, v.23.
- Duchesne, N. A. (1766) *Histoire Naturelle des Fraisiers*. Paris.
- Easton, H. S. e Clements, R. J. (1973). The interaction of the wheat genotypes with a specific factor of the environment. *Journal Agricultural science*, v.80, p. 43-52.
- Eberhart, S. A., Russel, W. A. (1966) Stability parameters for comparing varieties. *Crop Science*. v.6, p.36-40.
- El-Sharkawy, M. A. and Cock, M. J. H. (1984) Water use efficiency of cassava. I. Effects of air humidity and water stress on stomatal conductance and gas exchange. *Crop Science*, Madison, v.24, p.497-502.
- El-Sharkawy, M. A.; Cock, M. J. H.; Hernandez, A. D. P. (1985) Stomatal response to air humidity and its relation to stomatal density in a wide range of warm climate species. *Photosynthesis Research*, New York, v. 7, p.137-149.
- Ewart, A. J. (1896). On assimilatory inhibition in plants. *Journal of the Linnean Society of Botany*, 31: 364-461.
- Faedi W., Mourgues F. e Rosati C. (2002) Strawberry breeding and Varieties: Situation and Perspectives. *Acta Horticulturae* 567 p. 51-59.

- Fedoroff, N. V.; Battisti, D. S.; Beachy, R. N. (2010). Radically rethinking agriculture for the 21st century. *Science* 327, 833–834.
- Finlay, K. W., Wilkinson, G. N. (1963) The analysis of adaptation in a plant breeding programme. *Australian Journal of Agricultural Research*, Melbourne, v.14, p.742-754.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). Statistical Databases: Agricultural Production. Disponível on-line em: <http://www.fao.org> consultado em 26/01/2014.
- Franceschi, L. de; Benin, G.; Marchioro, V. S. Martin, T. N.; Silva, R. R.; Silva, C. L. (2010) Métodos para análise de adaptabilidade e estabilidade em cultivares de trigo no Estado do Paraná. *Bragantia*, v.69, n.4, p.797-805.
- Fronteiras. *Informe Agropecuário*, Belo Horizonte, v.26, n.236, p.20-23.
- Gamon, J. A. and Pearcy, R. W. (1990). Photoinhibition in *Vitis californica*. The role of temperature during high-light treatment. *Plant Physiology*. v.92, p.487-494.
- Gauch, H. G., Zobel, R. W. (1996) AMMI analysis of yield trials. In: Kang, M. S., Gauch, H. G. eds. *Genotype-by-environment interaction*. Boca Raton, FL, CRC Press, p. 85-122.
- Gemtchújnicov, I. D. (1976) *Manual de Taxonomia Vegetal*. São Paulo: Ceres, 368p.
- Gimenez, G.; Andriolo, J.; Godoi, R. (2008) Cultivo sem solo do morango. *Ciência*
- Gliessman, R. S. (2000) *Agroecologia: processos ecológicos em agricultura sustentável*. Porto Alegre: Ed. Universidade Rio Grande do Sul. 182 p.
- Gomes, F. P. (1985) *Curso de estatística experimental*. São Paulo: ESALQ, 467 p.

- Grant, O. M.; Johnson, A. W.; Davies, M. J.; James, C. M.; Simpson, D. W. (2010). Physiological and morphological diversity of cultivated strawberry (*Fragaria x ananassa*) in response to water deficit. *Environmental and Experimental Botany*. v. 68, p.264-272.
- Greer, D. H. and Weston, C. (2010). Effects of fruting on vegetative growth and development dynamics of grapevines (*Vitis vinifera* cv. Semillon) can be traced back to events at or before budbreak. *Functional Plant Biology*. v. 37, p. 756-766.
- Gualberto, R.; Braz, L.T.; Banzatto, D. A. (2002) Produtividade, adaptabilidade e estabilidade fenotípica de tomateiro sob diferentes condições de ambiente. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.37, n.1, p.81-88.
- Gualberto, R.; Oliveira P. S. R.; Guimarães, A. M. (2009). Adaptabilidade e estabilidade fenotípica de cultivares de alface do grupo crespa em cultivo hidropônico. *Horticultura Brasileira*. v. 27, p. 007-011.
- Guttridge, C. G. (1985) *Fragaria x ananassa*. In: CRC handbook of Flowering. V.III. AH Haley (ed.). CRC Press, Boca raton, Florida. p. 16-33.
- Hancock, J. F.; Finn, C. E.; Luby, J. J.; Dale, A.; Callow, P. W.; Serçe, S. (2010) Reconstruction of the strawberry, *Fragaria x ananassa*, using genotypes of *F. virginiana* and *F.chiloensis*. *HortScience* 45(7); 1006-1013.
- Hancock, J. F.; Maas, J. L.; Shanks, C. H.; Breen, P. J.; Luby, J. J. (1990) Strawberries (*Fragaria*). In: Moore, JN, Ballington, JR (Eds) *Genetic Resources of Temperate Fruit and Nut Crops*. International Society for Horticultural Science. Wageningen. p. 489-546.
- Hendry, G. A. F. and Price, H. (1993) Stress indicators: chlorophylls and carotenoids. In: Hendry, G. A. F. e grime, J. P. (eds). *Methods in comparative plant ecology*. London: Chapman & Hall, p.148-152.

Hoefer, M. and Reed, B. (2010) Conservation Strategy of Genetic Resources in Strawberry. *In* Book of abstracts for the XXVIII International Horticultural Congress, August 2010, International Society for Horticultural Science, Lisboa, Portugal.

Hoogerheide, E. S. S. (2004) *Estabilidade fenotípica de cultivares de algodoeiro herbáceo em diferentes sistemas de produção no Estado do Mato Grosso*. 2004. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Piracicaba – SP, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz – USP, 80p.

<http://www.boletimpecuario.com.br/artigos/showartigo.php?arquivo=artigo1773.txt>.
Acesso em: 10/02/2014.

Huang, L. F.; Zheng, J. H.; Zhang, Y. Y.; Hu, W. H.; Mao, W. H.; Zhou, Y. H.; Yu, J. Q. (2006) Diurnal variations in gas exchange, chlorophyll fluorescence quenching and light allocation in soybean leaves: The cause for midday depression in CO₂ assimilation. *Scientia Horticulturae*, Alexandria, v. 110, p.214- 218.

Hummer, K. E. (2007) A global conservation strategy for strawberries. *Acta Horticulturae* 760. p. 49-54.

Hummer, K. E. (2009) A global conservation strategy for strawberries: a strategy is formed. *Acta Horticulturae* 842. p. 577-580.

Hummer, K. E., Hancock, J. F. (2009) Strawberry Genomics: Botanical History, Cultivation, Traditional Breeding, and New Technologies. In: Folta KM, Gardiner SE (2009) Genetics and Genomics of Rosaceae. Springer Science Business Media LLC, p.413-435.

Hummer, K. E.; Nathewet, P. and Yanagi, T. (2009) Decaploidy in *Fragaria iturupensis* (Rosaceae). *American Journal of Botany* 96(3) p. 713-716.

Ichijima, K. (1926) Cytological and genetic studies on *Fragaria*. *Genetics* 11 p.590-603.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Censo Agropecuário: Disponível on-line em <http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/tabela/protabl1.asp?c=819&z=p&o=2&i=P> consultado em 26/01/2014.

Jones, H. G.; Serraj, R.; Loveys, B. R.; Xiong, L.; Wheaton, A.; Price, A.H. (2009). Thermal infrared imaging of crop canopies for the remote diagnosis and quantification of plant responses to water stress in the field. *Functional Plant Biology* 36, 978–979.

Jones, H. G.; Vaughan, R. A. (2010). Remote sensing of vegetation: principles, techniques and applications. Oxford, UK: Oxford University Press.

Jones, J. K. (1986) *Strawberry*. In: Simmonds, NW (ed.) *Evolution of crop plants*. Edinburg. School of Agriculture Edinburg, p. 237-242.

Kasperbauer, J. M. (2000) Strawberry Yield over Red versus Black Plastic Mulch. *Crop Science*, Vol. 40, January–February.

Keren, N., Krieger-Liszkay, A., 2011. Photoinhibition: molecular mechanisms and physiological significance. *Physiol. Plant.* 142, 1–5.

Keutgen, R.; Chen, K. e Lenz, F. (1997) Responses of strawberry leaf photosynthesis, chlorophyll fluorescence and macronutrient contents to elevated CO₂. *Journal Plant Physiology*, v.150, p.395-400.

Lin, C. S., Binns, M. R. (1988) A superiority measure of cultivar performance for cultivar x location data. *Canadian Journal of Plant Science*. Ottawa, v. 68, p. 193-198, 1988.

- Liu W., Wang L., Liu H., Zhuang M., Li, Z. (2006) Effects of shading on photosynthesis and chlorophyll fluorescence characteristics of 'Toyonoka' strawberry cultivar. *Journal of Fruit Science*. v. 02.
- Long, S. P.; Humphries, S. and Falkowski, P. G. (1994). Photoinhibition of photosynthesis in nature. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*, 45: 633-662.
- Maia, M. C. C., Assis, G. M. L., Silva Filho, J. L. (2008) A estatística experimental e o melhoramento de plantas. Boletim Agropecuário, Rio Branco: Agrosoft Brasil. Disponível em:
- Maxwell, K. & Johnson, G. N. 2000. Chlorophyll fluorescence: a practical guide. *Journal of Experimental Botany*, 51: 659-668.
- Meulenbroek, E. J.; Hessel, E. A. J.; Van de Lideloof, C. P. J. (1997) Parent selection in strawberry. *Acta Horticulturae* .439, p. 107-113.
- Meyer, S. e Genty, B. (1999). Heterogeneous inhibition of photosynthesis over the leaf surface of *Rosa rubiginosa* L. during water stress and abscisic acid treatment: induction of a metabolic component by limitation of CO₂ diffusion. *Planta*, 210: 126-131.
- Miranda, G. V. Comparação de métodos de avaliação de adaptabilidade e estabilidade de comportamento de cultivares: exemplo com a cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). Viçosa: UFV. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) 120p.
- Monteith, J. L. (1995) A reinterpretation of stomatal responses to humidity. *Plant, Cell and Environment*, Oxford, v. 18, p.357- 364.
- Morales, R. G. F.; Faria, M. V.; Resende, J. T. V.; Rissini, A. L. L.; Carminatti, R.; Faria, C. M. D. R. (2012) Produtividade de morangueiro em função da

adubação orgânica complementar em cultivo protegido. *Ambiência*, v.8, n.1, p.23-33.

Murakami, D. M., Cruz, C. D. (2002) Proposal of methodology to assess the representativeness of environments for genotypic discrimination. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, v.2, p.325-330.

Njuguna, W.; Hummer, K. E.; Bassil, N. V. (2010) DNA Barcoding: Unsuccessful for Species Identification in *Fragaria* L. In Book of abstracts for the XXVIII International Horticultural Congress, August 2010, International Society for Horticultural Science, Lisboa, Portugal.

Novello, V. and de Palma, L. (2008). Growing grapes under cover. *Acta Horticulturae*. v.785, p.353-362.

Oliveira, A. C. B. de e Bonow, S. (2012) Novos desafios para o melhoramento genético da cultura do morangueiro no Brasil. *Informe Agropecuário*. Pequenas frutas: tecnologias de produção. Belo Horizonte. v.33. n. 268. p.21-26. mai/jun.

Oliveira, R. P.; Nino, A. F. P.; Scivittaro W. B. (2005) Mudanças certificadas de morangueiro: maior produção e melhor qualidade da fruta. *A lavoura*, v.108, p.35-38.

Oliveira, R. P.; Scivittaro, W.B.; Finkenauer, D. (2008) Produção de morangueiro da cv. Camino Real em sistema de túnel. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v.30, n.3, p.681-684.

Oliveira, V. O., Carneiro, P. C. S., Carneiro, J. E. S., Cruz, C. D. (2006) Adaptabilidade e estabilidade de linhagens de feijão comum em Minas Gerais. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, 41(2): 257-265.

Osório, J.; Osório, M. L.; Correia, P. J.; Varennes, A. de; Pestana, M. (2014) Chlorophyll fluorescence imaging as a tool to understand the impact of iron

deficiency and resupply on photosynthetic performance of strawberry plants. *Scientia Horticulturae*, v.165, p.148-155.

Padovani, M. I. (1991) *Morango: o delicado e saboroso fruto da integração dos povos*. São Paulo: Icone,. 68p.

Pagot, E. e Hoffmann, A. (2003) Produção de pequenas frutas no Brasil. In: *Seminário Brasileiro sobre Pequenas Frutas*.I. Anais. Embrapa-CNPUV. Bento Gonçalves, p.7-15. (documentos 37)

Paula, T. O. M., Amaral Júnior, A. T., Gonçalves, L. S. A., Scapim, C. A., Peternelli, L. A., da Silva, V. Q. R. (2010) P_i statistics underlying the evaluation of stability, adaptability and relation between the genetic structure and homeostasis in popcorn. *Acta Scientiarum*, v.32, n.2, p.269-277.

Pereira, H. S., Melo, L. C., Faria, L. C., Peloso, M. J. D., Costa, J. G. C., Rava, C. A., Wendland, A. (2009) Adaptabilidade e estabilidade de genótipos de feijoeiro-comum com grãos tipo carioca na Região Central do Brasil. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, 44(1): 29-37.

Pimentel Gomes, F. (1990) *Curso de estatística experimental*.12. ed. São Paulo: Nobel, 467p.

Plaisted, R. L. e Peterson, L. C. (1959). A technique for evaluating the ability of selections to yield consistently in different locations or seasons. *American Potato Journal*, Orono, v. 36, p. 381-385.

Prezzoti, L. C. (2006) Nutrição mineral do morangueiro. In: Balbino, J. M. (ed.) *Tecnologias para produção, colheita e pós-colheita de morangueiro*. 2.Vitória, ES: Incaper, p.37-40 (Incaper. Documento,124).

Queiroz-Voltan, R. B.; Jung-Mendaçolli, S. L.; Passos, A. S. (1996) Caracterização botânica de cultivares de Morango. *Bragantia*, 55(1), p.29-44.

- Rana, G.; Katerji, N.; Introna, M.; Hammami, A. (2004). Microclimate and plant water relationship of the “overhead” table grape vineyard managed with three different covering techniques. *Scientia Horticulturae*, v.102, p.105-120.
- Raschke, K.; Resemann, A. The midday depression of CO₂ assimilation in leaves of *Arbutus unedo* L.: diurnal changes in photosynthetic capacity related to changes in temperature and humidity. *Planta*, Heidelberg, v. 168, p.546-558.
- Razavi, F.; Labeke, M. C. van; Riek, J. de (2009) Functional diversity for response to water deficit among different strawberry genotypes compared to their genetic structure as assessed by AFLP markers. 1st IS on Biotechnology of Fruit Species. *Acta Horticulturae* v. 839. p. 491-498.
- Rebelo, J. A.; Balardin, R. S. (1997) A cultura do morangueiro. 3 ed. Florianópolis: EPAGRI, 44p. (Boletim Técnico, 46).
- Reichert, L. J., Madail, J. C. M. (2003) Aspectos socioeconômicos. In: Santos, A. M., Medeiros, A. R. M (eds.). *Morango: Produção*. Pelotas, EMBRAPA Clima temperado, p.12-15.(Frutas do Brasil, 42)
- Reis, F. O. (2007) Microaspersão sobrecopa em mamoeiro ‘Golden’: um estudo relacionado às trocas gasosas, à eficiência fotoquímica e ao fluxo de seiva xilemática. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) – Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF), Campos dos Goytacazes. *Rural*, Santa Maria, v.38, n.1, p.273-279.
- Santos, J. O. (2013) Adaptabilidade e estabilidade de pré-cultivares de abóbora (*Cucurbita moschata* D.) nas condições do Norte e do Noroeste Fluminense. UENF: Campos dos Goytacazes, Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas), 130 p.

- Schreiber, U. (1986). Detection of rapid induction kinetics with a new type of high-frequency modulated chlorophyll fluorometer. In: AMESZ, J., HOFF, A.J., VAN GORKUM, H.J. (Eds.) *Current Topics in Photosynthesis*. p.261-272.
- Shaw, D. V. (2004) Strawberry production systems, breeding in California *In: Simpósio Nacional do Morango, 2.*; Encontro de pequenas frutas nativas,1. Palestras. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, p.15.20.(Documentos, 124)
- Silva, J. G. C., Barreto, J. N. (1985) Aplicação da regressão linear segmentada em estudos da interação genótipo x ambiente. In: *Simpósio de Experimentação Agrícola, 1*, Piracicaba, 1985. Resumos. Campinas, Fundação Cargill, p.49-50.
- Sjulin, T. and Dale, A. (1987) Genetic diversity of North American strawberry cultivars. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 112 p.375-386.
- Sonsteby, A. (1997) A short-day period and temperature interactions on growth and flowering of strawberry. *Acta Horticulturae* n. 439. p. 609-616.
- Sousa, M. B. S.; Curado, T. F. (2005) Colheita, Pós-colheita, conservação e qualidade. In: Palha, M.P(coord). *Manual do Morangueiro*. Portugal: INIAP/EAN, p. 107-120.
- Su, P.; Liu, X. (2005) Photosynthetic characteristics of linze jujube in conditions of high temperature and irradiation. *Scientia Horticulturae*, Alexandria, v. 104, n.3, p.339-350.
- Taiz, L. e Zeiger, E. (2004). *Fisiologia Vegetal*. 3ª ed. Porto Alegre: Artmed. 719p.
- Torres Netto, A., Campostrini, E., Oliveira, J. G. de, Yamanishi, O. K. (2002). Portable chlorophyll meter for the quantification of photosynthetic pigments, nitrogen and the possible use for assessment of the photochemical process in *Carica papaya*. *Brazilian Journal of Plant Physiology*, v. 14, n.3, p. 203 -210.

- University California. (2010). Disponível on-line:
<http://innovationaccess.ucdavis.edu/strawberry/cultivars.htm>. Acesso em 03/08/2010.
- Vencovsky, R., Barriga, P. (1992) *Genética biométrica no fitomelhoramento*. Ribeirão Preto, 486 p.
- Verma, M. M., Chahal, G. S., Murty, B. R. (1978) Limitations of conventional regression analysis: a proposed modification. *Theoretical and Applied Genetics*, Berlin, v. 53, p. 89-91.
- Walter, A.; Studer, B. e Kölliker, R. (2012). Advanced phenotyping offers opportunities for improved breeding of forage and turf species. Review: Part of a highlight on breeding strategies for forage and grass improvement. *Annals of Botany*. v. 110, p.1271-1279.
- Wang, S. Y; Galletta, G. J.; Camp, M. J.; Kasperbauer, M. J. (1998) Mulch types affect fruit quality and composition of two strawberry genotypes. *HortScience* 33(4): 636-640.
- Wricke, G. (1965) Zur berechnung der oovalenz bei sommerweizen und hafer. *Z. Pflanzenzucht*. Berlin, v.52, p.127-138.
- Xu, D.; Shen Y. (1997) Midday depression of photosynthesis. In: Pessaraki, M. (Ed.). *Handbook of photosynthesis*. NewYork: Marcel Dekker, Inc. 1997. p.451-459.
- Yates, F., Cochran, W. G. (1938) The analysis of group of experiments. *J. Agric. Sci.*, London, 28: p.556-580.
- Yuri, J. E.; Resende G. M.de; Costa, N. D. (2011). Uso de *mulching* como cobertura de solo no cultivo de morangueiro. *Horticultura Brasileira* 29: S1799-S1806.