

ROMEU DE CARVALHO ANDRADE NETO

**INTERAÇÃO GENÓTIPOS POR AMBIENTES EM MELOEIRO:  
ALOCAÇÃO DE RECURSOS E INFLUÊNCIA DE VARIÁVEIS  
AMBIENTAIS**

Mossoró – RN  
2009

ROMEU DE CARVALHO ANDRADE NETO

**INTERAÇÃO GENÓTIPOS POR AMBIENTES EM MELOEIRO:  
ALOCAÇÃO DE RECURSOS E INFLUÊNCIA DE VARIÁVEIS  
AMBIENTAIS**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia da Universidade Federal Rural do Semi-Árido, como parte dos requisitos para obtenção do Grau de Doutor em Fitotecnia.

Orientador: Prof.º D.Sc. Glauber Henrique de Sousa Nunes

MOSSORÓ - RN  
2009

Ficha catalográfica preparada pelo setor de classificação  
e catalogação da Biblioteca “Orlando Teixeira” da  
UFERSA

**A553i Andrade Neto, Romeu de Carvalho.**

Interação genótipos por ambientes em meloeiro: alocação  
de recursos e influência de variáveis ambientais / Romeu de  
Carvalho Andrade Neto. -- Mossoró: 2009.

**77f. : il.**

**Tese (Doutorado em Fitotecnia - Área de  
Concentração Práticas Culturais e Melhoramento  
Genético) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido.  
Pró-Reitoria de Pós-Graduação.**

**Orientador: Prof. D.Sc. Glauber Henrique de Sousa  
Nunes**

**1. *Cucumis melo*. 2. Componentes de variância.  
3. Precisão experimental. 4. Regressão fatorial. I. Título.**

**CDD: 635.611**

Bibliotecária: Keina Cristina Santos Sousa  
CRB/4 1254

ROMEU DE CARVALHO ANDRADE NETO

**INTERAÇÃO GENÓTIPOS POR AMBIENTES EM MELOEIRO:  
ALOCÇÃO DE RECURSOS E INFLUÊNCIA DE VARIÁVEIS  
AMBIENTAIS**

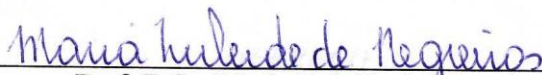
Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia da Universidade Federal Rural do Semi-Árido, como parte dos requisitos para obtenção do Grau de Doutor em Fitotecnia.

APROVADA EM: 03 de julho de 2009



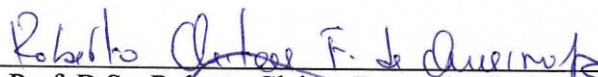
---

Prof. D.Sc. Glauber Henrique de Sousa Nunes  
Orientador



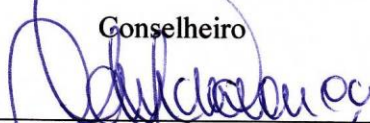
---

Prof. D.Sc. Maria Zuleide de Negreiros  
Conselheiro



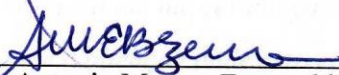
---

Prof. D.Sc. Roberto Cleiton Fernandes de Queiroga  
Conselheiro



---

Prof. D.Sc. Vander Mendonça  
Conselheiro



---

Prof. D.Sc. Antonio Marcos Esmeraldo Bezerra  
Conselheiro

*A minha família que sempre me deu enorme apoio para estudar, especialmente minha mãe que todos os dias pede a Deus para iluminar meus caminhos e minha vida.*

**DEDICO**

*Ao meu filho Rômulo, amor da minha vida, por ter feito eu entender o que é ser pai e por saber o que é o verdadeiro amor.*

*A minha esposa Ionara, minha querida companheira e grande amor da minha vida.*

**OFEREÇO**

*Ao meu pai que tanto sonhava em me ver chegar aqui. Que Deus o ilumine e o abençoe onde estiver.*

**IN MEMORIAN**

## **AGRADECIMENTOS**

- A Deus, aquele que tudo provê e a quem tudo devo, por sua fidelidade inabalável;
- À Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA) por me dá mais uma grande oportunidade de qualificação profissional e pessoal;
- Ao programa de Pós-Graduação em Fitotecnia da UFERSA;
- Eternamente ao Professor Glauber Henrique de Sousa Nunes, Grande Doutor, ilustríssimo amigo, pessoas das mais inteligentes, capacitadas, responsáveis e compromissadas que conheci em toda minha vida, pelo enorme apoio, paciência e por uma amizade que transcende a de Orientador;
- Aos Professores Antonio Marcos, Roberto Cleiton, Maria Zuleide, e Vander Mendonça, membros conselheiros, pelas sugestões e grande colaboração no trabalho;
- Ao Professor Vander Mendonça pela amizade e incentivo;
- A Socorro Amorim, Secretária dos cursos de Mestrado e Doutorado em Fitotecnia, pela grande ajuda, apoio, incentivo e grande amizade;
- Ao Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA) no Acre por ter me dado oportunidade para concluir o curso;
- Aos colegas do INCRA, Márcio Alécio, Joaquim Santos, Charles Freire, Aristotáles Barros, Graças Oliveira e Daniel Coelho;
- Aos colegas do Curso de Pós-Graduação, José Robson, Antonio Madalena, Reinaldo Alencar e Renato Alencar;
- Ao colega e grande amigo Django Jesus Dantas pelo incentivo, pela agradável amizade, convivência e descontração;
- A Ricardo Alencar Silva, um dos grandes amigos e incentivadores que tenho e umas das pessoas que mais me incentivou a continuar e concluir o curso;
- Aos meus queridos irmãos Rodrigo, Renata, Renato, Reginaldo e Danilo;
- Enfim, a todos aqueles que contribuíram de forma direta e indireta para que esse momento chegasse.

Muitíssimo Obrigado!

## RESUMO

ANDRADE NETO, Romeu de Carvalho. **Interação genótipos por ambientes em meloeiro: alocação de recursos e influencia de variáveis ambientais.** 2009. 77f. Tese (Doutorado em Agronomia/Fitotecnia) – Universidade Federal Rural do Semi-árido, Mossoró, 2009.

Os objetivos do trabalho foram determinar a melhor combinação de repetições, anos e locais, visando garantir maior precisão experimental e quantificar a influência de algumas variáveis ambientais sobre a interação genótipos por ambientes em meloeiro. Para o primeiro propósito, foram utilizados dados de produtividade e sólidos solúveis de dois grupos de híbridos de melão avaliados em ambientes do Estado do Rio Grande do Norte. O primeiro grupo foi constituído por nove híbridos de melão tipo Gália avaliados nos municípios de Mossoró, Assú, Baraúna e Alto do Rodrigues, nos anos de 2000, 2001 e 2002, totalizando doze ambientes de avaliação. O segundo grupo foi constituído por oito híbridos de melão tipo Cantaloupe avaliados nos Municípios de Mossoró, Baraúna e Assú nos anos de 2004, 2005 e 2006, totalizando de nove ambientes. Foram utilizados para estimar os componentes de variância e simular a variância da média em diferentes combinações de repetição, locais e anos. As avaliações de cultivares de melão no Agropolo Mossoró-Assú devem ser realizadas com pelo menos duas repetições, mínimo de três locais e no máximo três anos. Para o segundo propósito, foram utilizados dados de produtividade e sólidos solúveis de oito híbridos de melão Cantaloupe testados em nove ambientes no Estado do Rio Grande do Norte. Para identificação das variáveis ambientais relacionadas à interação G x A, sensibilidade dos híbridos, estimou modelos de regressão fatorial, coeficiente de correlação de Spearman entre os escores dos componentes principais da análise AMMI e as médias das variáveis ambientais. As variáveis ambientais temperatura média, temperatura máxima e temperatura mínima são as aquelas que mais influenciam a interação genótipos por ambientes em meloeiro para a produtividade. As variáveis ambientais umidade relativa do ar, precipitação e insolação são as aquelas que mais influenciam a interação genótipos por ambientes em meloeiro para sólidos solúveis.

Palavras-chave: *Cucumis melo*, componentes de variância, precisão experimental, regressão fatorial, análise AMMI.

## ABSTRACT

ANDRADE NETO, Romeu de Carvalho. **Genotype by environment interaction: allocation of resources and influence of environment variables.** 2009. 77p. Thesis (Doctor in Agronomy/Crop Science) – Universidade Federal Rural do Semi-árido, Mossoró, 2009.

The objectives of present work were to determine the best combination to replication, years and sites, aiming to guarantee bigger experimental precision and quantify the influence of some environmental variables on genotypic by environment interaction in melon. To first intention, were utilized data of yield and soluble solids of two groups of hybrids evaluated in environments of Rio Grande do Norte State, Brazil. The first group consisted of nine Galia melon hybrids evaluated in the sites of Mossoro, Assú, Alto do Rodrigues and Barauna in 2000, 2001 and 2002, totaling twelve environments. The second group consisted of eight Cantaloupe melon hybrids evaluated in the Mossoro, Assú and Barauna in the years 2004, 2005 and 2006, totaling nine environments. The variance components were estimated and values of variance of average were obtained in different combination of replications, sites and years. The evaluations of melon cultivars in the Agriculture pole Mossoró-Assú must at minimum at three replications, three sites and maximum three years. To second intention, were utilized data of yield and soluble solids of eight hybrids of cantaloupe melon evaluated in nine environments of Rio Grande do Norte State, Brazil. To aiming identify environment variables related with genotypic by environment interaction and quantify genotypic sensitive of hybrids were estimated factorial regression models and correlation coefficient of Spearman between scores of principal components of analysis AMMI and average of environment variables. The medium temperature, maximum temperature and minimum temperature were the variables that most influence on genotypic by environment interaction in melon to yield. The relative humidity, rainfall and insolation were the variables that most influence on genotypic by environment interaction in melon to soluble solids.

Key words: *Cucumis melo*, variance components, experimental precision, cultivar evaluation, factorial regression, analysis AMMI.



## LISTA DE TABELAS

Tabela 01 Estimativas médias da temperatura máxima (Tmax), temperatura mínima (Tmin), temperatura média (Tmed), umidade relativa (UR), insolação (INS) e precipitação pluviométrica (PREC) ao longo do período de realização dos experimentos em cada ambiente de avaliação. Mossoró, RN, 2000 a 2002.....	34
Tabela 02 Estimativas médias da temperatura máxima (Tmax), temperatura mínima (Tmin), temperatura média (Tmed), umidade relativa (UR), insolação (INS) e precipitação pluviométrica (PREC) ao longo do período de realização dos experimentos em cada ambiente de avaliação. Mossoró, RN, 2004 a 2006.....	35
Tabela 03 Locais de avaliação (ambiente), práticas de cultivo e ciclo de híbridos de meloeiro, tipo Gália, nos municípios de Mossoró, Baraúnas, Assú e Alto do Rodrigues, RN, entre os anos de 2000 e 2002.....	37
Tabela 04 Locais de avaliação (ambiente), práticas de cultivo e ciclo de híbridos de meloeiro, tipo Cantaloupe, nos municípios de Mossoró, Baraúnas e Assú, RN, entre os anos de 2004 e 2006.....	38
Tabela 05 Esboço da ANAVA para cada ambiente, considerado de forma isolada...	40
Tabela 06 Esboço da análise de variância conjunta, considerando todos os ambientes em que os genótipos foram estudados.....	41
Tabela 07 Estimadores dos componentes de variância da análise de variância conjunta envolvendo ano, local e híbrido.....	42
Tabela 08 Resumo da análise de variância conjunta e estimativa de componente de variância das características produtividade (PROD) e sólidos solúveis (SS) avaliadas em híbridos de melão Galia avaliados no Agropolo Mossoró-Assú. Mossoró, RN, 2000 a 2002....	45
Tabela 09 Contribuição das partes simples e complexa da interação genótipos com locais e anos das características produtividade (PROD) e sólidos solúveis (SS) avaliadas em híbridos de melão Gália avaliados no Agropolo Mossoró-Assú. Mossoró, RN, 2000 a 2002.....	46
Tabela 10 Variância da média da produtividade (PROD) e sólidos solúveis (SS) em função de diferentes combinações de repetições, anos e locais de avaliação de híbridos de melão Gália no Agropolo Mossoró-Assú. Mossoró, RN, 2000 a 2002.....	47

Tabela 11	Resumo da análise de variância conjunta e estimativas de componentes de variância das características produtividade (PROD) e sólidos solúveis (SS) avaliadas em híbridos de melão Cantaloupe avaliados no Agropolo Mossoró-Assú. Mossoró, RN, 2004 a 2006.....	49
Tabela 12	Contribuição das partes simples e complexa da interação genótipos com locais e anos das características produtividade (PROD) e sólidos solúveis (SS) avaliadas em híbridos de melão Cantaloupe avaliados no Agropolo Mossoró-Assú. Mossoró, RN, 2004 a 2006.....	50
Tabela 13	Variância da média ( $V_m$ ) da produtividade (PROD) e sólidos solúveis (SS) em função de diferentes combinações de repetições, anos e locais de avaliação de híbridos de melão Cantaloupe no Agropolo Mossoró-Assú. Mossoró, RN, 2004 a 2006.....	51
Tabela 14	Estimativas dos coeficientes de sensibilidade genotípica para produtividade (PROD) e sólidos solúveis (SS) em relação a seis co-variáveis ambientais de acordo com o modelo de regressão fatorial analisado em híbridos de melão Cantaloupe. Mossoró, RN, 2004 a 2006.....	68
Tabela 15	Contribuição de seis co-variáveis ambientais para a interação genótipos por ambientes capturada pela análise multivariada AMMI em duas características avaliadas em híbridos de melão Cantaloupe. Mossoró,RN, 2004 a 2006.....	70
Tabela 16	Estimativas do coeficiente de correlação de Spearman entre os escores do primeiro componente principal da análise AMMI e seis co-variáveis ambientais para duas características avaliadas em híbridos de melão Cantaloupe. Mossoró, RN, 2004 a 2006.....	71

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 01 Contribuição de seis co-variáveis quantitativas ambientais para a interação genótipos por ambientes para a produtividade ( $t\ ha^{-1}$ ) de híbridos de melão Cantaloupe. Mossoró-RN, 2009. Temperatura máxima (Tmax), temperatura mínima (Tmin), temperatura média (Tmed), umidade relativa (UR), insolação (INS) e precipitação pluviométrica (PREC). Mossoró, RN, 2004 a 2006..... 66
- Figura 02 Contribuição de seis co-variáveis quantitativas ambientais para a interação genótipos por ambientes para os sólidos solúveis (%) de frutos de híbridos de melão Cantaloupe. Mossoró-RN, 2009. Temperatura máxima (Tmax), temperaturamínima (Tmin), Temperatura média (Tmed), umidade relativa (UR), insolação (INS) e precipitação pluviométrica (PREC). Mossoró, RN, 2004 a 2006..... 67

## SUMÁRIO

<b>CAPITULO 1 - INTRODUÇÃO GERAL</b> .....	14
<b>2 REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	16
2.1 INTERAÇÃO GENÓTIPOS COM AMBIENTES (G x A) .....	16
2.2 ALOCAÇÃO DE RECURSOS EM EXPERIMENTOS DE AVALIAÇÃO DE CULTIVARES.....	18
2.3 EFEITOS DOS FATORES AMBIENTAIS NA CULTURA MELOEIRO.....	20
2.4 INFLUÊNCIA DE VARIÁVEIS AMBIENTAIS SOBRE A INTERAÇÃO GENÓTIPOS X AMBIENTES .....	23
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	25
<b>CAPITULO 2 – ALOCAÇÃO DE RECURSOS NA INTERAÇÃO GENÓTIPOS POR AMBIENTES EM MELOEIRO</b> .....	30
<b>RESUMO</b> .....	30
<b>ABSTRACT</b> .....	31
<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	32
<b>2 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	33
2.1 LOCAIS.....	33
2.2 MATERIAL GENÉTICO .....	36
2.3 CONDUÇÃO EXPERIMENTAL.....	36
2.4 CARACTERÍSTICAS AVALIADAS.....	39
2.5 ANÁLISES ESTATÍSTICAS .....	39
2.5.1 ANÁLISE DE VARIÂNCIA .....	39
2.5.2 ESTIMAÇÃO DE COMPONENTES DE VARIÂNCIA.....	42
2.5.3 COMPONENTES DA INTERAÇÃO .....	43
2.5.4 SIMULAÇÃO DA VARIÂNCIA DA MÉDIA.....	43
<b>3 RESULTADOS</b> .....	44
3.1 MELÃO GALIA .....	44
3.2 MELÃO CANTALOUPE .....	47
<b>4 DISCUSSÃO</b> .....	52
<b>4 CONCLUSÕES</b> .....	57
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	58
<b>CAPITULO 3 – INFLUÊNCIA DAS VARIÁVEIS AMBIENTAIS SOBRE A INTERAÇÃO GENÓTIPOS POR AMBIENTES EM MELOEIRO</b> .....	60
<b>RESUMO</b> .....	60
<b>ABSTRACT</b> .....	61
<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	62
<b>2 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	63
2.1 LOCAL, MATERIAL VEGETAL E CONDUÇÃO EXPERIMENTAL .....	63
2.2 ANÁLISES ESTATÍSTICAS .....	63
2.2.1 REGRESSÃO FATORIAL.....	63

2.2.2	MODELO DE EFEITOS PRINCIPAIS ADITIVOS E INTERAÇÃO MULTIPLICATIVA – MÉTODO AMMI.....	64
2.2.3	CORRELAÇÃO DE SPEARMAN .....	65
<b>3</b>	<b>RESULTADOS</b> .....	66
<b>4</b>	<b>DISCUSSÃO</b> .....	72
<b>5</b>	<b>CONCLUSÕES</b> .....	75
	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	76

## CAPÍTULO 1

### 1 INTRODUÇÃO GERAL

O meloeiro tem expressão econômica e social relevante no Brasil. Em 2007, o nordeste brasileiro foi responsável por aproximadamente 88% da produção nacional, tendo como destaque os estados do Rio Grande do Norte (RN) e do Ceará (CE), responsáveis por aproximadamente 39% e 31%, respectivamente, da produção brasileira. As principais áreas produtoras nesses estados se localizam na região semi-árida e se concentram nos Agropólos Mossoró/Assú (RN) e Baixo Jaguaribe (CE) (IBGE, 2009).

As condições de cultivo do meloeiro são diferentes, tanto no que se refere a fatores climáticos, como temperatura e precipitação, em diferentes anos, como às condições edáficas e, principalmente, de manejo cultural. Assim, espera-se a presença da interação genótipos e ambientes, fato comprovado em outros trabalhos (GURGEL et al., 2006; NUNES et al., 2006; SILVA, 2006; FREITAS et al., 2007).

A interação genótipos por ambientes pode ser entendida como a manifestação fenotípica de determinada cultivar frente a diversas condições de avaliação (RAMALHO et al., 1993), estas consideradas como ambiente, seja devido a fatores previsíveis, como imprevisíveis, estes definidos por Allard e Bradshaw (1964). A interação genótipos por ambientes tem implicações nos programas de melhoramento, pois reduz a correlação entre valores genotípicos e fenotípicos, dificultando o processo de seleção de famílias e linhagens, assim como recomendação de cultivares/híbridos (NUNES et al., 2002).

Considerando que nas condições de cultivo do meloeiro no RN há variação entre anos e locais, faz-se necessário realizar experimentos em várias situações, visando melhor representatividade das condições ambientais do Agropolo Mossoró-Assú. A realização desses estudos permite verificar com qual desses fatores ambientais a interação é mais expressiva com os genótipos para orientar os futuros trabalhos de avaliação de cultivares e famílias e seleção para o Estado.

Todavia, os experimentos de avaliação de cultivares são extremamente

onerosos e requerem recursos que na maioria das vezes são escassos. Diante dessa situação, o desafio do melhorista é executar experimentos com a máxima precisão possível, pois as diferenças entre os materiais testados são cada vez menores, otimizando todos os recursos disponíveis. Uma maneira de fazê-lo é determinando a melhor combinação de repetições, locais e anos que reduzam os gastos e aumente a precisão experimental.

Outro aspecto importante e que merece atenção por parte dos pesquisadores é o entendimento da interação genótipos por ambientes e a quantificação da influencia de variáveis genótípicas e, ou ambientais sobre a interação. Nesse sentido, a adoção de variáveis ambientais em estudos de regressão fatorial pode auxiliar na compreensão dos fatores responsáveis pelo comportamento diferencial genotípico. Não foram realizados trabalhos com a cultura do meloeiro sobre o tema referido.

Diante do exposto, o trabalho teve como objetivos:

- a) obter a melhor combinação de repetições, locais e anos, visando otimizar os recursos e garantir maior precisão experimental;
- b) quantificar a influencia de seis variáveis ambientais sobre a interação genótipos por ambientes.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 INTERAÇÃO DE GENÓTIPOS COM AMBIENTES (G x A)

A resposta diferenciada de diferentes cultivares ou genótipos (G) de acordo com a mudança do ambiente (A) se dá devido à interação entre G x A a qual deve ser analisada por meio de procedimentos estatísticos, devendo-se avaliar, no mínimo, dois genótipos em, no mínimo, dois ambientes (KANG, 1998). Portanto, quando o comportamento de diferentes genótipos não é semelhante em diferentes ambientes, ocorre interação do genótipo com o ambiente (RAMALHO et al., 1993) o que pode significar que o melhor genótipo em determinado local pode não ser em outro (LYNCH e WALSH, 1998; FALCONER e MACKAY, 1996), ou seja, uma cultivar pode apresentar maior produtividade em alguns ambientes e uma segunda cultivar pode ser superior em outros (FEHR, 1991). Como o objetivo do melhorista é identificar e selecionar genótipos superiores, a G x A tem uma importância muito grande, pois ela diminui a correlação entre os valores fenotípicos e genotípicos (COMSTOCK e MOLL, 1963; FALCONER e MACKAY, 1996; CARGNIN et al., 2006).

Ambiente é um termo genérico que abrange inúmeras condições sob as quais as plantas crescem, podendo ser local de cultivo, ano, práticas de manejo ou a combinações entre esses fatores (ROMAGOSA e FOX, 1993). Assim, diferentes ambientes refletem no desenvolvimento, crescimento, produção e qualidade de grãos ou de frutos de um mesmo genótipo. Portanto, conforme Santos Júnior (2007), genótipos submetidos a condições de ambiente variadas podem apresentar respostas distintas.

O desempenho de uma planta pode se diferenciar em função dos fatores que fazem parte do seu ambiente (FEHR, 1991) os quais podem ser previsíveis e imprevisíveis, conforme Allard e Bradshaw (1964). Estes pesquisadores destacam que a primeira categoria inclui todos os fatores permanentes do ambiente, como os climáticos, tipo de solo, bem como aquelas características do meio ambiente que flutuam de forma sistemática, como a duração dos dias, além dos aspectos do meio ambiente que podem ser manipulados pelo homem, como data de plantio, densidade de semeadura, métodos de colheita entre outros tratamentos culturais. Citam,



ainda, que os fatores imprevisíveis estão relacionados ao clima, como precipitação e temperatura, por exemplo.

Os fatores previsíveis podem ser avaliados de forma isolada e em conjunto com os genótipos, através, por exemplo, da interação genótipo x tipo de solo, genótipo x data de plantio, genótipo x densidade de plantio; e os imprevisíveis contribuem para as interações de genótipos com locais e anos (FEHR, 1991).

A ocorrência da interação entre genótipos e ambientes se deve a um primeiro fator, denominado parte simples, em razão da presença da variabilidade entre os genótipos nos diferentes ambientes, bem como a um segundo fator, denominado parte complexa, que implica na ausência de correlação entre os genótipos que resulta, neste último caso, em dificuldade para o melhoramento genético, pois indica que genótipos superiores em determinado ambiente podem não ser em outros, dificultando a seleção e recomendação (CRUZ e CASTOLDI, 1991).

A interação genótipo x ambiente está, possivelmente, em todo o material genético que o melhorista venha a pesquisar, e a magnitude relativa dessa interação é que subsidiará o melhorista a selecionar genótipos para ambientes mais específicos ou mais abrangentes (VENCOVSKY e BARRIGA, 1992).

Três situações distintas podem ocorrer quando o melhorista promove ensaios de cultivares, conforme Ramalho et al., 1993: 1ª) Os genótipos podem apresentar o mesmo comportamento em ambientes distintos, fato que leva a inferir que não há interação deles com o ambiente; 2ª) há melhoria na performance de uma cultivar em relação a outra quando testadas em ambientes diferentes, mantendo a classificação inalterada e; 3ª) o desempenho de uma cultivar é superior num ambiente, porém, noutro local, é inferior à cultivar concorrente. A segunda situação se deve à natureza simples da interação em virtude da variabilidade existente entre os materiais genéticos e, a terceira, à natureza do tipo complexa em função da negativa ou baixa correlação entre os materiais genéticos, fato que leva o melhorista a ter que selecionar genótipos para ambientes específicos (VENCOVSKY e BARRIGA, 1992).

## 2.2 ALOCAÇÃO DE RECURSOS EM EXPERIMENTOS DE AVALIAÇÃO DE CULTIVARES

Um programa de melhoramento genético tem três fases: escolha de genitores, seleção, avaliação e, por fim, recomendação de cultivares. Dentre estas, a mais onerosa é a penúltima, pois o objetivo da maioria dos programas é lançar uma cultivar que possa ser utilizada em diversos locais e condições de ambientes, pois, Conforme Borém e Miranda (2005), a avaliação de cultivares é um processo oneroso e que impõe como desafio ao melhorista buscar otimizar os recursos. De acordo com estes autores, para a otimização dos recursos, devem-se estimar os valores relacionados à variância ambiental, genótipo e suas interações por meio da avaliação de um grupo de genótipos representativos de seu germoplasma em quatro ou mais localidades, por dois ou mais anos, utilizando o delineamento estatístico normalmente usado em avaliações, com três ou mais repetições.

Segundo Borém e Miranda (2005), com base em dados coletados, o melhorista deve procurar a melhor combinação de repetições ( $r$ ), localidades ( $l$ ), e anos ( $a$ ) para a obtenção do mínimo valor da diferença mínima significativa (DMS) para certo nível de probabilidade, e prosseguem afirmando que, se a interação de primeira ordem de genótipos ( $G$ ) e ambiente ( $A$ ) for de pequena importância, talvez seja mais prudente utilizar apenas uma ou duas localidades. Estes autores afirmam ainda que, durante a otimização dos recursos, os custos operacionais devem ser considerados e citam como exemplo: o aumento do número de repetições ( $r$ ) é menos oneroso do que o do número de anos de avaliação ( $a$ ) e que, algumas vezes, localidades podem ser usadas, em parte, para substituir anos de avaliação.

A otimização da alocação de recursos é função da variável que se estuda e da espécie e até mesmo entre cultivares ou híbridos de uma mesma espécie. Num estudo com a cultura do pepino, Swallow e Wehner (1989) encontraram uma alocação eficiente de recurso usando mais anos ou épocas de plantio, com poucos locais e repetições. Reiteram que, quando se avalia genótipos quanto ao rendimento, é recomendado utilizar maior número de anos combinado com poucos locais e/ou repetições e, quando tanto o rendimento e a qualidade são variáveis de interesse, recomenda-se utilizar menos locais e ou menos repetições e maior número de épocas de plantio. Eles concluíram que são recomendadas duas

repetições, cinco anos e dois locais para se avaliar esta cultura.

Dixon e Nukenine (2000) encontraram 3-5 locais, 2-3 anos e 3-4 repetições por local como melhor combinação para ensaios de rendimento com a cultura da mandioca.

Helms (2002) verificou que a melhor alocação de recursos para maximizar a resposta à seleção para o primeiro ano de produção da soja é de uma repetição em um único lugar. Ele conclui que aumentar o número de repetições atribuído a cada linha experimental vai aumentar o número total de parcelas necessárias para avaliar um número fixo de linhas. A similaridade de condições ambientais entre blocos e entre locais dentro de um único ano explica a razão pela qual a seleção realizada foi a mesma, independentemente de uma, duas, ou quatro parcelas serem utilizadas para avaliar cada linha.

Outros estudos sobre a otimização da alocação de recursos puderam ser observados na literatura para diferentes culturas. Rasmussom e Lambert (1961) verificaram que para avaliação de cevada são necessárias três repetições, seis locais e três anos. Sprague e Federer (1951) concluíram que são necessárias duas repetições, um ano e dois locais para se avaliar a cultura do milho. Jones et. al. (1960) observaram que são necessárias três repetições, dois anos e cinco locais para a cultura do tabaco. Para se avaliar a cultura do feijoeiro são necessárias quatro repetições, um ano e um local (SHELLIE e HOSFIELD, 1991).

### 2.3 EFEITOS DOS FATORES AMBIENTAIS NA CULTURA MELOEIRO

As condições ambientais, como temperatura, tipo de solo, qualidade da água, bem como práticas culturais, a exemplo da data de plantio, adubação e irrigação, influenciam a cultura do meloeiro, sendo necessário avaliar os genótipos da cultura quanto aos aspectos de produção, à qualidade e a estresses bióticos e abióticos, na área de interesse, para fins de produção (McCREIGHT et al., 1993).

Segundo Ramalho et al. (2004), indivíduos geneticamente diferentes desenvolvem-se de modo diferente no mesmo ambiente, mas também indivíduos geneticamente idênticos desenvolvem-se desigualmente em ambientes diferentes, ocorrendo, assim, na expressão do caráter, uma ação conjunta do genótipo e do ambiente.

A cultura do melão, assim como as demais espécies cultivadas, tem a expressão de seus caracteres influenciada pelos fatores ambientais. Para o cultivo da espécie, as condições de clima ideal são baixa umidade relativa do ar, seja durante o dia, seja à noite, luz solar intensa, fotoperíodo longo e calor abundante, o que confere maior rendimento de cultivo e qualidade de frutos (consistência da polpa, sabor e aroma aos frutos (SOUSA et al., 1999).

Silva et. al. (2002) afirmam que entre os fatores climáticos que afetam diretamente a cultura do meloeiro, o principal é a temperatura, tanto a do ar quanto a do solo, por influenciar desde a germinação de sementes até a qualidade final do fruto e sua conservação pós-colheita, apresentando faixas ótimas nos diferentes estádios fenológicos.

Entre 25°C e 35°C a espécie encontra condições para germinar, se desenvolver, crescer e produzir (SILVA et al., 2002). Conforme Sousa et al., 1999, temperatura abaixo de 25° leva a planta a ter crescimento retardado e, portanto, um maior ciclo de produção.

Sob temperatura próxima a 43°C as sementes podem não germinarem, a depender da cultivar (EDELSTEIN e KIGEL, 1990), e em baixa temperatura têm velocidade de germinação reduzida (BRANDÃO FILHO e VASCONCELLOS 1998). Para Maroto (1983), a temperatura mínima para germinação da semente é

em torno de 15,5°C, com intervalo ótimo entre 24 e 32 °C; para crescimento vegetativo situa-se entre 18 e 24°C, sendo à nível de sistema radicular em torno de 18 e 20°C; para que ocorra uma satisfatória polinização a temperatura deve ser superior a 18°C, sendo 20 e 21°C o ideal e; finalmente, para a maturação a temperatura deve se situar entre 25 e 30°C.

A floração também é uma característica que sofre influencia da temperatura, já que altos valores, ou seja, acima de 35°C, estimula a formação de flores masculinas. Outros fatores condições ambientais, como água, luz e nutrientes, sobretudo N, refletem no sexo das flores (PEDROSA, 1999).

No momento da escolha da área de cultivo do meloeiro, é de extrema importancia considerar a luminosidade, tanto em termos de duração, quanto intensidade, pois, neste último caso, sua redução afeta negativamente o crescimento (SILVA et al., 2002) e a área foliar (COSTA et al., 2000).

Conforme Pedrosa e Faria (1995), os fatores que afetam a fotossíntese refletem na qualidade do fruto e, portanto, uma região que deseje produzir melão de qualidade deve possuir condições de luz e temperatura propícias ao cultivo do meloeiro. Silva et al., 2002, complementam que, além da fotossíntese, a transpiração (perda de água da planta) também afeta qualidade do fruto.

De acordo com Silva et al., 2002, é recomendável o plantio do meloeiro em regiões que apresentem exposição solar na faixa de 2.000 a 3.000 horas/ano para a obtenção de sucesso no agronegócio desta hortaliça.

A umidade relativa para a cultura do melão é de extrema importância por que influencia no aparecimento de doenças foliares e na qualidade de frutos (ELMSTROM e MAYNARD, 1992), devendo este fator situar entre 60-70%, conforme Maroto (1983). Neste sentido, conforme Silva et al., (2002), a maior parte da região semi-árida do Nordeste se apresenta nessa faixa o que favorece a produção e qualidade dos frutos.

Dependendo dos fatores climáticos, da cultivar e do sistema de irrigação, a necessidade hídrica da cultura do melão varia de 300 a 550 mm por ciclo (MAROUELLI et al., 2002). Por outro lado, a restrição hídrica no final do ciclo de produção pode contribuir com a qualidade de frutos (PINHEIRO NETO et al., 2007). Segundo Sousa et al. (1999), excesso de água, tanto no período de formação, quanto de maturação dos frutos, podem levá-los a apresentar má

qualidade.

As condições do Nordeste possibilitam que o plantio do meloeiro seja realizado em qualquer época (COSTA et al., 2000), porém, é preferível que o plantio seja realizado em períodos em que a colheita se dê em épocas de melhores preços.

## 2.4 INFLUÊNCIA DE VARIÁVEIS AMBIENTAIS SOBRE A INTERAÇÃO GENOTIPOS X AMBIENTES

Ainda são raros os estudos da contribuição das variáveis ambientais sobre a interação genótipos por ambientes. A sua importância reside no fato de que as informações podem ser utilizadas para entendimento biológico da interação para determinada cultura e planejamento de rede de experimentos.

Ressalta-se que na maioria dos estudos, o efeito de cada variável sobre a interação é pequeno ou mínimo. A razão desse fato é a multiplicidade de fatores envolvidos na caracterização ambiental. Mesmo assim, a quantificação desses efeitos pode representar uma importante contribuição para o entendimento da natureza da interação G x A.

Um dos primeiros trabalhos foi realizado por Saeed e Francis (1984) na cultura do sorgo. Os autores observaram que a precipitação pluviométrica foi a variável que mais contribuiu para a interação genótipos por ambientes para produtividade. Também em sorgo, Gorman et al. (1989) verificaram que a precipitação foi a variável mais importante para a interação.

Kang et al. (1989) avaliando os efeitos das variáveis temperatura máxima, temperatura mínima, precipitação pluviométrica e umidade relativa do ar, verificaram que a precipitação explicou 14% da interação G x A na cultura da soja, enquanto as demais explicaram quantidades reduzidas da interação.

A umidade relativa do ar e a precipitação pluviométrica foram as variáveis que mais contribuíram para interação G x A em milho (RAMASAMY et al., 1996).

Voltas et al. (2003) estudaram a influência de três variáveis ambientais em trigo de inverno e trigo de primavera. Os autores observaram que a temperatura foi a variável que mais influenciou a interação.

No Brasil, Oliveira et al. (2006) estudou o efeito de nove variáveis ambientais sobre a interação genótipos por ambientes em soja. Concluíram que a altitude, com 57%, foi a variável que mais influenciou a interação G x A.



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLARD, R.W.; BRADSAW, A.D. Implications of genotype-environmental interactions in applied plant breeding. **Crop Science**, Madison, v. 4, n.5 , p. 503-508, Sept./Oct. 1964.

BOREM, A.; MIRANDA, G. V. **Melhoramento de plantas**. 4. ed. Viçosa: UFV, 2005. 525 p.

BOS, I.; GALIGARI, P. **Selection methods in plant breeding**. London: Chapman e Hall. 1997. 347 p.

BRANDÃO FILHO, J. U. T. B.; VASCONCELLOS, M. A. S. **Produção de Hortaliças em Ambiente Protegido: condições subtropicais** / organizadores Rummy Goto, Sebastião Wilson Tivelli. – São Paulo: Fundação Editora da UNESP, 1998, p.161-193.

CARGNIN, A.; SOUZA, M.A. de; CARNEIRO, P.C.S.; SOFIATTI, V. 2006. Interação entre genótipos e ambientes e implicações em ganhos com seleção em trigo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.41, p.987-993.

COMSTOCK, R. E.; MOLL, R. H. Genotype-environment interactions. In: HANSON, W. O.; ROBSON, H. F. (eds.) **Statistical Genetics and Plant Breeding**. Washington: National Academy of Sciences / National Research Council, 1963. p. 164-96. (Publication, 982).

CRUZ, C.D.; CASTOLDI, F.L. Decomposição da interação genótipos x ambientes em partes simples e complexa. **Revista Ceres**, v. 38, n. 219, p. 422-430, maio/jun. 1991.

COSTA, N.D.; DIAS, R.C.S.; FARIA, C.M.B.; TAVARES, S.C.H.; TERAPO, D. Cultivo do melão Embrapa Semi-Árido, Circular Técnica 59, Petrolina-PE. 2000.

DIXON, A.G.O.; NUKENINE, E.N. Genotype x environment interaction and optimum resource allocation for yield and yield components of cassava. **African Crop Science Journal**. vol. n. 1, 2000, p.1-10.

EDELSTEIN, M.; KIGEL, J. Seed germination of melon (*Cucumis melo*) at sub- and supra-optimal temperatures. **Scientia Horticulturae**, Alexandria, n.45, p.55-63, 1990.

ELMSTROM, G.W.; MAYNARD, D.N. Exotic melons for commercial production in humid regions. **Acta Horticulturae**, Wageningen, n.318, p.117-123, 1992.

FALCONER, D.S.; MACKAY, T.F.C. **Introduction to quantitative genetics**. 4.nd. Longman Edit. Malasya, 1996. 464p.

FEHR, W.R. **Principles of cultivar development**. New York: Macmillan Publishing Company, 1987. 487p.

FREITAS, J. G.; CRISÓSTOMO, J. R.; SILVA, F. P.; PITOMBEIRO, J. B.TÁVORA, F. J. A. F. Interação entre genótipo e ambiente em híbridos de melão Amarelo no Nordeste do Brasil. **Revista Ciência Agronômica**, v.38, n.2, p.176-181, 2007. Fortaleza-CE.

GORMAN, D. P.; KANG, M. S.; MILAM, M. R. Contribution of Weather to genotype and environment interaction in grain in sorghum. **Plant Breeding Journal**, Amsterdam, v. 103, n.04, p. 299-303, 1989.

GURGEL, F.L.; KRAUSE, W.; SCHMILDT, E.R.; SENA, L.C.N. Indicação de híbridos de melão para o Rio Grande do Norte. **Revista Ceres**, v. 52, v. 299, p. 115-123, 2006.

HELMS, T. C.; ORF, J. H.; TERPSTRA, J. T. Resource Allocation to Select for Yield in Soybean. **Crop Science**, Madison, v. 42, p. 1493–1497, 2002.

IBGE. 2009. Produção Agrícola Municipal. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/tabela/listabl.asp?c=1612&z=t&o=11>>. Acesso em 06 jul. 2009.

JONES, G. L.; MATZINGER, D. F.; COLLINS, W. K. A comparison of flue-cured tobacco varieties repeated over locations and years with implications on optimum plot allocation. **Agronomy journal**, Madison. 52, n.1, p. 195-199, 1960.

KANG, M. S.; HARVILLE, B. G.; GORMAN, D. P. Contribution of weather variables to genotype x environment interaction in soybean. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 21, n.1, p. 297-300, 1989.

LYNCH, M.C.; WALSH, B. **Genetics and analysis of quantitative traits**. Sunderland: Sinauer Associates Inc., 1998. 980p.

MAROUELLI, W. A.; PINTO, J. M.; SILVA, H. R. da; MEDEIROS, J. F. Irrigação. In: SILVA, H. R. da; COSTA, N. D. (Ed.). **Melão: produção, aspectos técnicos**. Brasília: EMBRAPA, 2002. cap. 9, p. 51-69. (Frutas do Brasil, 33).

MAROTO, J. V. **Horticultura: herbácea especial**. Madrid:Pensa, 1983. 533p.

NUNES, G. H. S.; RESENDE, G. D. S. P.; RAMALHO, M. A. P.; SANTOS, J. B. Implicações da interação genótipo x ambientes na seleção de clones de eucalipto. **Cerne**, Lavras, v.8, n.1, p.49-58, 2002.

NUNES, G.H.S.; MADEIROS, A.E.S.; GRANGEIRO, L.C.; SANTOS, G.M.; SALES JUNIOR, R. Estabilidade fenotípica de híbridos de melão amarelo avaliados no Pólo Agroindustrial Mossoró-Assú. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 9, p. 57-67, 2006.

OLIVEIRA, A. B.; DUARTE, J. B.; CHAVES, L. J.; COUTO, M. A. Environmental and genotypic factors associated with genotype by environment interactions in soybean. **Crop breeding and applied biotechnology**, Viçosa, v. 6, p. 79-86, 2006.

PEDROSA, J. F. Fitotecnia da cultura do melão. Petrolina: Embrapa Semi-Árido, 1999. 15 p. Apostila distribuída no V Curso de Hortaliças Irrigadas no Nordeste Brasileiro, 1999, Petrolina, PE.

PEDROSA, J. F.; FARIA, C. M. B. de. Cultura do melão. Petrolina: EMBRAPA-CPATSA, 1995. 30 p. Apostila do Curso de Atualização Técnica para Engenheiros Agrônomos do Banco do Brasil, Petrolina, 1995. Não publicado.

PINHEIRO NETO, L. G.; VIANA, T. V. de A.; AZEVEDO, B. M. de; FREITAS, J. de A. D.; SOUZA, V. F. de. Produção e qualidade dos frutos do meloeiro submetido à redução hídrica na fase final do ciclo. **Irriga**, Botucatu, v. 12, n. 1, p. 54-62, 2007.

RAMALHO, M.A P.; SANTOS, J.B. dos; ZIMMERMANN, M.J. **Genética Quantitativa em plantas autógamas**. Goiânia: UFG, 1993. 272p. 1993.

RAMALHO, M. A. P.; SANTOS, J. B.; PINTO, C. A. B. **Genética na agropecuária**. 3. ed. Lavras: UFLA, 2004. 472 p.

RAMASAMY, P.; SUBBARAMAN, N.; VENKATACHALAM, R.; SOUNDRAPADIAN, G. Contribution of weather variables to G x E interaction in finger millet genotypes. **International Sorghum and Millets Newsletter**, New Delhi, v. 37, n.1, 79-81, 1996.

RASMUSSEN, D.C.; LAMBERT, J.W. Variety x environment interactions in barley variety tests. **Crop Science**, Madison, v. 1., n.1., p. 261-262, 1961.

REZENDE, M.D.V. **Genética biométrica e estatística no melhoramento de plantas perenes**. Brasília: Embrapa Informação tecnológica, 2002. 975p.

ROMAGOSA, I.; FOX, P.N. Genotype x environment interactions and adaptation. In: HAYWARD, M.D.; BOSEMARK, N.O. ; ROMAGOSA, I (eds.). **Plant breeding: principles and prospects**. London: Chapman & Hall, 1993. chapter 20, p. 375-390.

SAEED, M.; FRANCIS, C. A. Association of weather variables with genotype x environment interactions in grain sorghum. **Crop science**, Madison, v. 24, p. 13-16, 1984.

SANTOS JÚNIOR, H. **Interação genótipos x ambientes e adaptabilidade e estabilidade de híbridos de melão Galia**. 2007. 44p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal Rural do Semi-árido, Mossoró-RN.

SHELLIE, K, C.; HOSFIELD, G. L. Genotype and environmental effects on food quality of common bean: resource-efficient testing procedures. **Hortscience**, Alexandria, v. 04, p. 732-736, 1991.

SILVA, H. R.; COSTA, N. D.; CARRIJO, O. A. **Exigências de clima e solo e épocas de plantio**. In: SILVA H. R.; COSTA N. D. Melão: Produção e aspectos técnicos. Embrapa Informação Tecnológica Brasília, DF, 2002.

SILVA, J.M. **Interação genótipos x ambientes na avaliação de famílias de melão Galia no Agropolo Mossoró-Assú**. 2006. 53p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal Rural do Semi-árido, Mossoró-RN.

SOUSA, V.F. de; RODRIGUES; B.H.N; ATHAYDE SOBRINHO, C.; COELHO, E.F.; VIANA, F.M.P.; SILVA, P.H.S. **Cultivo do meloeiro sob fertirrigação por gotejamento no meio-norte do Brasil**. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 1999. 68p. (Embrapa Meio-Norte. Circular Técnica, 21).

SPRAGUE, G.F.; FEDERER, W.T. A comparison of variance components in corn yield trials; II. Error, year x variety, location x variety, and variety components. **Agronomy Journal**, Madison, v. 43, p. 535-541, p. 1951.

SWALLOW, W. H.; WEHNER, T. C. Optimum allocation of plots to years, seasons, locations, and replications, and its application to once-over-harvest cucumber trials. **Euphytica**, Wagning, v. 43, n.1., p. 59-68, 1989.

VENCOVSKY, R.; BARRIGA, P. **Genética biométrica no fitomelhoramento**. Ribeirão Preto-SP: Sociedade Brasileira de Genética, 1992. 486p.

VOLTAS, J.; LÓPEZ-CÓRCOLES, H.; BORRÁS, G. Use of biplot analysis and factorial regression for the investigation of superior genotypes in mult-environment trials. **European Journal of Agronomy**, Madrid, v.22, p. 309-324, 2005.

ZAPATA, N. M.; CABRERA, F. P.; BAÑÓN, A. S.; ROTH, P. M. **El melon**. Madrid: Mundi-Prensa, 1989, 174p.

## CAPÍTULO 2

### ALOCAÇÃO DE RECURSOS EM EXPERIMENTOS DE AVALIAÇÃO DE HÍBRIDOS DE MELOEIRO

#### RESUMO

ANDRADE NETO, Romeu de Carvalho. **Alocação de recursos em experimentos de avaliação de híbridos de meloeiro.** 2009. 77f. Tese (Doutorado em Agronomia/Fitotecnia) – Universidade Federal Rural do Semi-árido, Mossoró, 2009.

Experimentos de avaliação de cultivares são realizados em diferentes locais e anos. Estes experimentos exigem tempo e são onerosos. O objetivo do trabalho foi determinar a melhor combinação de repetições, anos e locais, visando otimizar os recursos e garantir maior precisão experimental. Foram utilizados dados de produtividade e sólidos solúveis de dois grupos de híbridos de melão. O primeiro grupo foi constituído por nove híbridos de melão tipo Gália avaliados nos municípios de Mossoró, Baraúna, Assú e Alto do Rodrigues nos anos de 2000, 2001 e 2002, totalizando doze ambientes. O segundo grupo foi constituído por oito híbridos de melão tipo Cantaloupe avaliados nos Municípios de Mossoró, Baraúna e Assú nos anos de 2004, 2005 e 2006, totalizando nove ambientes. Foram utilizados para estimar os componentes de variância e simular a variância da média diferentes combinações de repetição, locais e anos. As avaliações de cultivares de melão no Agropolo Mossoró-Assú devem ser realizadas com pelo menos duas repetições, mínimo de três locais e no máximo três anos.

Palavras-chave: *Cucumis melo*, componentes de variância, precisão experimental, avaliação de cultivares.

## ABSTRACT

ANDRADE NETO, Romeu de Carvalho. **Allocation of resources in experiments of evaluation of melon hybrids.** 2009. 77p. Thesis (Doctor in Agronomy/Crop Science) – Universidade Federal Rural do Semi-árido, Mossoró, 2009.

The experiments of evaluation of cultivars are carried out in different sites and years. These experiments are expensive and required time. The objective of present work was to determine the best combination to replication, years and sites, aiming to guarantee bigger experimental precision. Were utilized data of yield and soluble solids of two groups of hybrids. The first group consisted of nine Galia melon hybrids evaluated in the sites of Mossoro, Assú, Alto do Rodrigues and Barauna in 2000, 2001 and 2002, totaling twelve environments. The second group consisted of eight Cantaloupe melon hybrids evaluated in the Mossoro, Assú and Baraúna in the years 2004, 2005 and 2006, totaling nine environments. The variance components were estimated and values of variance of average were obtained in different combination of replications, sites and years. The evaluations of melon cultivars in the Agriculture pole Mossoró-Assú must at minimum at three replications, three sites and maximum three years.

Key words: *Cucumis melo*, variance components, experimental precision, evaluation of cultivars.

## 1 INTRODUÇÃO

As empresas produtoras de sementes produzem anualmente uma grande quantidade de híbridos de melão que precisam ser rigorosamente avaliados para recomendação aos produtores que esperam genótipos que possam ser produtivos em diversas condições ambientais. Os genótipos devem ter boa produtividade e qualidade de frutos em diversos locais de avaliação ao longo dos anos.

Em razão disso, os melhoristas devem conduzir experimentos de avaliação de cultivares em diversos locais representativos da região na qual serão cultivados os genótipos por alguns anos de cultivo, visando submeter os genótipos testados a diversas condições ambientais. A avaliação dos genótipos em vários ambientes permite estimar o efeito da interação genótipos por ambientes sobre a manifestação fenotípica (NUNES et al., 2002). Além disso, permite a estimação da interação dos genótipos com anos e com locais, bem como a interação tripla desses três fatores.

O grande inconveniente é que os ensaios de avaliação de cultivares são onerosos e exigem tempo, mão-de-obra e recursos, que geralmente são escassos. Em razão disso, surge a busca de otimizar os recursos sem comprometer a qualidade dos experimentos. Uma das formas de determinar uma combinação de repetições, locais e anos apropriada é por meio das estimativas geradas em ensaios multi-ambientes, as quais permitem determinar a variância ambiental que proporcione maior precisão experimental. Uma boa precisão experimental permite que diferenças entre média de tratamentos, geralmente pequenas para materiais melhorados, possam ser detectadas com maior facilidade, evitando o erro tipo II.

Alguns estudos nesse sentido foram realizados em milho (SPRAGUE e FEDERER, 1951), algodão (MILLER et al., 1959), tabaco (JONES et al., 1960) e pepino (SWALLOW e WEHNER, 1989). No entanto, para o caso do meloeiro, não há informações sobre o tema abordado, sendo, importante obtê-las.

O objetivo do trabalho foi obter a melhor combinação de repetições, locais e anos, visando otimizar os recursos e garantir maior precisão experimental.



## **2 MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1 LOCAIS**

Foram considerados dados de ensaios de avaliação de dois grupos de híbridos de melão.

No primeiro grupo, foram avaliados híbridos do tipo Galia em quatro municípios do Agropolo Mossoró-Assú entre os meses de agosto a novembro, durante os anos de 2000, 2001 e 2002, totalizando doze ambientes por grupo (Tabela 1).

No segundo grupo, foram avaliados híbridos de melão Cantaloupe em três municípios do Agropolo Mossoró-Assú entre os meses de setembro a novembro durante os anos de 2004, 2005 e 2006, totalizando nove ambientes (Tabela 2).

Tabela 1. Estimativas médias da temperatura máxima (Tmax), temperatura mínima (Tmin), temperatura média (Tmed), umidade relativa (UR), insolação (INS) e precipitação pluviométrica (PREC) ao longo do período de realização dos experimentos em cada ambiente de avaliação. Mossoró, RN, 2000 a 2002.

Local	Ano	Tmed (°C)	Tmax (°C)	Tmin (°C)	UR (%)	INS (h)	PREC (mm)
Mossoró	2000	27,66	34,28	21,65	68,89	9,30	11,53
	2001	28,37	35,00	22,90	62,44	9,67	0,55
	2002	28,27	34,89	23,14	63,65	9,76	1,40
Baraúna	2000	27,66	34,28	21,65	68,89	9,30	10,34
	2001	28,37	35,00	22,90	62,44	9,67	1,55
	2002	28,27	34,89	23,14	63,65	9,76	1,43
Assú	2000	27,66	34,28	21,65	68,89	9,30	12,23
	2001	28,37	35,00	22,90	62,44	9,67	3,32
	2002	28,27	34,89	23,14	63,65	9,76	1,10
A.Rodrigues	2000	27,66	34,28	21,65	68,89	9,30	8,23
	2001	28,37	35,00	22,90	62,44	9,67	1,35
	2002	28,27	34,89	23,14	63,65	9,76	1,87

Fonte: Dados provenientes da Estação Meteorológica da UFERSA-RN no período de condução do experimento.

\*Os quatro locais formam uma área climatologicamente homogênea, por essa razão há repetição dos dados de temperatura máxima, temperatura mínima, temperatura média, umidade relativa e insolação.

Tabela 2. Estimativas médias da temperatura máxima (Tmax), temperatura mínima (Tmin), temperatura média (Tmed), umidade relativa (UR), insolação (INS) e precipitação pluviométrica (PREC) ao longo do período de realização dos experimentos em cada ambiente de avaliação. Mossoró, RN, 2004 a 2006.

Local	Ano	Tmed (°C)	Tmax (°C)	Tmin (°C)	UR (%)	INS (h)	PREC (mm)
Mossoró	2004	28,57	35,34	23,14	61,88	10,45	0,00
	2005	28,71	35,34	23,26	63,54	10,67	0,00
	2006	28,57	35,00	23,58	63,81	10,14	3,23
Baraúna	2004	28,57	35,34	23,14	61,88	10,45	0,00
	2005	28,71	35,34	23,26	63,54	10,67	1,40
	2006	28,57	35,00	23,58	63,81	10,14	2,13
Assú	2004	28,57	35,34	23,14	61,88	10,45	0,60
	2005	28,71	35,34	23,26	63,54	10,67	0,00
	2006	28,57	35,00	23,58	63,81	10,14	3,23

Fonte: Dados provenientes da Estação Meteorológica da UFERSA-RN no período de condução do experimento.

\*Os três locais formam uma área climatologicamente homogênea, e por essa razão há repetição dos dados de temperatura máxima, temperatura mínima, temperatura média, umidade relativa e insolação.

## 2.2 MATERIAL GENÉTICO

No primeiro grupo, foram avaliados os seguintes híbridos: Arava, DRG 1531, DRG 1537, Galileu, GPS 400, Num 1502, Solar King, Solarbel e Supra. Todos são de expressão sexual andromônica, polpa branco-esverdeada e casca de coloração amarela em frutos maduros (Estádio V), conforme MENEZES (1996) e rendimento suave.

No segundo grupo foram avaliados os seguintes híbridos: Hy Mark, Torreon, HC-02, HC-12, HC-18, HC-45, HC-48 e HC-87. Todos são de expressão sexual andromônica, polpa salmão e casca de coloração verde em frutos maduros (Estádio IV) conforme MENEZES (1996) e rendimento intenso.

## 2.3 CONDUÇÃO EXPERIMENTAL

Todos os experimentos foram conduzidos em delineamento em blocos casualizados, completos, com três repetições, sendo a parcela constituída por duas linhas de cinco metros com o espaçamento da cultura de 2,0 x 0,5 m, respectivamente, entre fileiras e entre plantas. Na condução dos experimentos foram adotadas todas as práticas de manejo e tratos culturais usuais para a cultura no Estado do Rio grande do Norte (Tabelas 3 e 4).

Tabela 3<sup>1</sup>. Locais de avaliação (ambiente), práticas de cultivo e ciclo de híbridos de meloeiro, tipo Gália, nos municípios de Mossoró, Baraúna, Assú e Alto do Rodrigues, RN, entre os anos de 2000 e 2002.

Locais	Plantio	Adubação aplicada/ha	Nº de Capinas	Uso de Defensivos	Ciclo (dias)
MO-00	PM	12 t de esterco bovino, 400 kg de KCl, 120 kg de uréia, 500 kg de super simples	2	Sim	62
MO-01	PM	12 t de esterco bovino, 450 kg de KCl, 120 kg de uréia, 500 kg de super simples	2	Sim	68
MO-02	PM	12 t de esterco bovino	2	Sim	70
BA-00	PSD	8 t de esterco bovino, 500 kg de KCl, 90 kg de uréia, 670 kg de super simples	3	Sim	68
BA-01	PM	6 t de esterco bovino, 560 kg de KCl, 90 kg de uréia, 670 kg de super simples	2	Sim	61
BA-02	PSD	ND	2	Sim	63
AS-00	PSD	10 t de esterco bovino, 450 kg de KCl, 120 kg de uréia, 670 kg de super simples	3	Sim	66
AS-01	PSD	ND	2	Sim	68
AS-02	PSD	8 t de esterco bovino, 450 kg de KCl, 120 kg de uréia, 670 kg de super simples	2	Sim	64
AR-00	PSD	12 t de esterco bovino	2	Sim	63
AR-01	PSD	8 t de esterco bovino	2	Não	65
AR-02	PSD	ND	3	Sim	61

<sup>1</sup> Adaptada de Santos Júnior, 2007.

PM: plantio por mudas produzidas em bandejas; PSD: plantio através de semeadura direta. ND: informação não disponível. MO-00: Mossoró, ano de 2000. MO-01: Mossoró, ano de 2001. MO-02: Mossoró, ano de 2002. BA-00: Baraúna, ano de 2000. BA-01: Baraúna, ano de 2001. BA-02: Baraúna, ano de 2002. AS-00: Assú, ano de 2000; AS-01: Assú, ano de 2001. AS-02: Assú, ano de 2002. AR-00: Alto do Rodrigues, ano de 2000. AR-01: Alto do Rodrigues, ano de 2001. AR-02: Alto do Rodrigues, ano de 2002.

Tabela 4<sup>1</sup>. Locais de avaliação (ambiente), práticas de cultivo e ciclo de híbridos de meloeiro, tipo Cantaloupe, nos municípios de Mossoró, Baraúnas e Assú, RN, entre os anos de 2004 e 2006.

Locais	Forma de Plantio	Adubação aplicada/ha	Nº de Capinas	Uso de Defensivos	Ciclo (dias)
MO-04	PM	12 t de esterco bovino, 600 kg de KCl, 180 kg de uréia, 560 kg de super simples	2	Sim	62
MO-05	PM	10 t de esterco bovino, 450 kg de KCl, 120 kg de uréia, 500 kg de super simples	2	Sim	68
MO-06	PM	10 t de esterco bovino, 450 kg de KCl, 120 kg de uréia, 500 kg de super simples	2	Sim	70
BA-04	PM	12 t de esterco bovino, 500 kg de KCl, 90 kg de uréia, 500 kg de super simples	3	Sim	68
BA-05	PM	12 t de esterco bovino, 600 kg de KCl, 120 kg de uréia, 670 kg de super simples	2	Sim	61
BA-06	PM	12 t de esterco bovino, 600 kg de KCl, 120 kg de uréia, 670 kg de super simples	2	Sim	63
AS-04	PSD	10 t de esterco bovino, 450 kg de KCl, 120 kg de uréia, 670 kg de super simples	2	Sim	66
AS-05	PSD	12 t de esterco bovino, 400 kg de KCl, 120 kg de uréia, 560 kg de super simples	2	Sim	68
AS-06	PSD	14 t de esterco bovino, 450 kg de KCl, 120 kg de uréia, 670 kg de super simples	2	Sim	64

<sup>1</sup> Adaptada de Santos Júnior, 2007.

PM: plantio por mudas produzidas em bandejas. PSD: plantio através de semeadura direta. ND: informação não disponível. MO-04: Mossoró, ano de 2004. MO-05: Mossoró, ano de 2005. MO-06: Mossoró, ano de 2006. BA-04: Baraúna, ano de 2004. BA-05: Baraúna, ano de 2005. BA-06: Baraúna, ano de 2006. AS-04: Assú, ano de 2004. AS-05: Assú, ano de 2005. AS-06: Assú, ano de 2006.

## 2.4 CARACTERÍSTICAS AVALIADAS

Foram avaliadas a produtividade ( $t\ ha^{-1}$ ) e teor de sólidos solúveis (%). Essas duas características têm sido apontadas como as mais importantes pelos produtores do Agropolo Mossoró-Assú.

A produtividade foi obtida pela soma da massa de todos os frutos colhidos na parcela. Os frutos foram pesados individualmente em balança eletrônica até 25 kg. Os resultados foram expressos em  $t\ ha^{-1}$ .

O teor de sólidos solúveis foi determinado com aparelho refratômetro digital (escala de 0 - 32%). Inicialmente, foram retiradas três fatias de cada fruto para que, em seguida, suas extremidades foram pressionadas até que algumas gotas atingissem o sensor do refratômetro, método bastante utilizado para determinação de sólidos solúveis pelos produtores da região (Nunes et al., 2006).

## 2.5 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

### 2.5.1 ANÁLISE DE VARIÂNCIA (ANAVA)

A princípio, para cada ambiente, foram realizadas as análises de variância - ANAVA - (Tabela 5), levando em consideração o modelo estatístico (CRUZ e REGAZI, 2001):

$$Y_{ij} = \mu + G_i + B_j + E_{ij}$$

Em que:

$Y_{ij}$ : observação da parcela que recebeu o híbrido  $i$  no bloco  $j$ ;

$\mu$ : efeito fixo da média geral do experimento, sendo  $E[\mu]=\mu$  e  $Var[\mu]=0$ ;

$G_i$ : efeito fixo do híbrido  $i$ , sendo  $i=1, 2, \dots, G$  ;

$B_j$ : efeito aleatório do bloco  $j$ , sendo  $j=1, 2, \dots, b$  e  $B_j \cap NID(0, \sigma_B^2)$ ;

$E_{ij}$ : efeito aleatório do erro experimental associado à observação  $Y_{ij}$ , sendo  $E_{ij} \cap \text{NID} ( 0, \sigma^2)$ ;

Tabela 5<sup>1</sup>. Esboço da ANAVA para cada ambiente, considerado de forma isolada.

FV	GL	QM	F
Blocos	B-1	$Q_1$	
Híbridos	G-1	$Q_2$	$Q_2/Q_3$
Erro	(B-1) (G-1)	$Q_3$	

<sup>1</sup> Adaptada de Santos Júnior, 2007.

A tabela 6 mostra o esboço da análise conjunta, realizada com base no seguinte modelo (CRUZ e REGAZI, 2001):

$$Y_{ijkm} = \mu + (B/A)/L_{jkm} + A_j + L_k + (LA)_{jk} + G_i + (GA)_{ij} + (GL)_{ik} + (GAL)_{ijk} + E_{ijkm}$$

Em que:

$Y_{ijkm}$ : observação da parcela que recebeu o híbrido i no bloco m, no ano j, local k;

$\mu$ : efeito fixo da média geral do experimento, sendo  $E[\mu]=\mu$  e  $\text{Var}[\mu]=0$ ;

$(B/A)/L_{jkm}$ : efeito aleatório do bloco m dentro do ano j, dentro do local k, sendo  $m=1,2, \dots, r$  com  $(B/A)/L_{jkm} \cap \text{NID} ( 0, \sigma^2_{B/AL})$ ;

$A_j$ : efeito aleatório do ano j; sendo  $j=1,2, \dots, a$  com  $A_j \cap \text{NID} ( 0, \sigma^2_A)$ ;

$L_k$ : efeito aleatório do local k; sendo  $k=1,2, \dots, l$  com  $L_k \cap \text{NID} ( 0, \sigma^2_L)$ ;

$(LA)_{jk}$ : efeito aleatório da interação do ano j com o local k, sendo  $(LA)_{jk} \cap \text{NID} ( 0, \sigma^2_{LA})$ ;

$G_i$ : efeito fixo do híbrido i, sendo  $i=1, 2, \dots, g$  com  $G_i \cap \text{NID} ( 0, \Phi_G)$ ;

$(GA)_{ij}$ : efeito aleatório da interação do ano j com o híbrido i, sendo  $(GA)_{ij} \cap \text{NID} ( 0, \sigma^2_{GA})$ ;

$(GL)_{ik}$ : efeito aleatório da interação do local k com o híbrido i, sendo  $(GL)_{ik} \cap \text{NID} ( 0, \sigma^2_{GL})$ ;

$(GAL)_{ijk}$ : efeito aleatório da interação entre ano j, local k e híbrido i, sendo

$(GAL)_{ijk} \cap \text{NID} ( 0, \sigma^2_{GAL})$ ;



$E_{ijkm}$ : efeito aleatório do erro experimental médio associado à observação  $Y_{ijkm}$ ,  
sendo  $E_{ijkm} \cap NID(0, \sigma_e^2)$ ;

Tabela 6. Esboço da análise de variância conjunta, considerando todos os ambientes em que os genótipos foram estudados.

FV	GL	QM	E(QM)
Blocos/Locais	J (K-1)	Q <sub>4</sub>	-
Ano (A)	(J-1)	Q <sub>5</sub>	-
Local (L)	(I-1)	Q <sub>6</sub>	-
L x A	(J-1)(I-1)	Q <sub>7</sub>	-
Híbrido (G)	(H-1)	Q <sub>8</sub>	-
G x L	(H-1) (J-1)	Q <sub>9</sub>	$\hat{\sigma}_e^2 + r\alpha\hat{\sigma}^2 + r\alpha\hat{\sigma}^2$
G x A	(H-1) (J-1)	Q <sub>10</sub>	$\hat{\sigma}_e^2 + r\alpha\hat{\sigma}_{GAL}^2 + r\alpha\hat{\sigma}_{GA}^2$
G x A x L	(H-1) (J-1)(I-1)	Q <sub>11</sub>	$\hat{\sigma}_e^2 + r\alpha\hat{\sigma}_{GAL}^2$
Erro médio	J(K-1)(I-1)	Q <sub>12</sub>	$\hat{\sigma}_e^2$

$$\alpha = g / (g-1)$$

Em que:

$\hat{\sigma}_e^2$ : componente de variância do erro médio experimental;

$\hat{\sigma}_{GAL}^2$ : componente de variância da interação entre ano, local e híbrido;

$\hat{\sigma}_{GA}^2$ : componente de variância da interação ano com híbrido;

$\hat{\sigma}_{GL}^2$ : componente de variância da interação local com híbrido;

r: número de repetições;

a: número de anos;

l: número de locais;

g: número de híbridos

## 2.5.2 ESTIMAÇÃO DE COMPONENTES DE VARIÂNCIA

Na Tabela 7 estão as equações para estimação dos componentes de variância.

Tabela 7. Estimadores dos componentes de variância da análise de variância conjunta envolvendo ano, local e híbrido.

Componente de variância	Estimador
$\hat{\sigma}_e^2$	$Q_{12}$
$\hat{\sigma}_{GAL}^2$	$(Q_{11} - Q_{12}) / r\alpha$
$\hat{\sigma}_{GA}^2$	$(Q_{10} - Q_{11}) / rl\alpha$
$\hat{\sigma}_{GL}^2$	$(Q_9 - Q_{11}) / r\alpha$

Em que:

$\hat{\sigma}_e^2, \hat{\sigma}_{GAL}^2, \hat{\sigma}_{GA}^2, \hat{\sigma}_{GL}^2, r, l, g$  e  $\alpha$ : definidos anteriormente.

### 2.5.3 COMPONENTES DA INTERAÇÃO

A interação genótipos e ambientes foi decomposta em parte simples e complexa ao considerar a combinação dos ambientes dois a dois e proceder à ANAVA. A parte simples e complexa foi decomposta levando em conta a expressão abaixo, conforme Cruz e Castoldi (1991), e aplicada por Silva (2006).

$$QM_{GA} = [(\sqrt{Q_j} - \sqrt{Q_{j'}})^2 / 2 + k \cdot \sqrt{Q_j Q_{j'}}] + [(\sqrt{(1-r)^3} \sqrt{Q_j Q_{j'}})]$$

**Parte Simples** **Parte Complexa**

em que:

$QM_{GA}$  : Quadrado médio da interação híbridos por ambientes;

$Q_j$  e  $Q_{j'}$  : Quadrados médios do efeito de híbridos por ambientes  $j$  e  $j'$ ;

$r$  : Coeficiente de correlação genética entre os híbridos e ambientes  $j$  e  $j'$ ;

$$k = 1 - r - \sqrt{(1-r)^3}$$

As análises estatísticas foram efetuadas através do software GENES (CRUZ, 1997).

### 2.5.4 SIMULAÇÃO DA VARIÂNCIA DA MÉDIA

A variância da média, conforme Bos e Caligari (1997), é determinada pela seguinte fórmula:

$$(Vm = \frac{\hat{\sigma}_{GA}^2}{a} + \frac{\hat{\sigma}_{GL}^2}{1} + \frac{\hat{\sigma}_{GAL}^2}{la} + \frac{\hat{\sigma}_{\epsilon}^2}{ral}).$$

Foram simuladas estimativas da variância da média para diversas combinações de repetição, local e anos (Tabelas 10 e 13).

### 3 RESULTADOS

#### 3.1 MELÃO GALIA

Observou-se efeito significativo em todas as fontes de variação da análise de variância conjunta nas duas características avaliadas (Tabela 8).

Para a produtividade, a maior parte da interação genótipos por ambientes é devida a interação híbridos x locais (40,39%), seguida da interação híbridos x anos, que explica 33,74% da interação genótipos por ambientes.

Concernente ainda à produtividade, o componente de variância de maior estimativa foi aquele associado ao erro experimental. A referida estimativa superou às demais, sendo maior em quase 20 vezes o componente de variância da interação tripla, o menor valor observado  $0,74 \text{ t ha}^{-1}$ . Os componentes da interação híbridos x anos ( $\hat{\sigma}_{GA}^2$ ) e da interação híbridos x locais ( $\hat{\sigma}_{GL}^2$ ) foram aproximados, com respectivamente 1,38 e  $1,00 \text{ t ha}^{-1}$ .

Diferentemente da produtividade, para o teor de sólidos solúveis, a interação de segunda ordem (tripla) foi a fonte de variação que mais explicou a interação genótipos x ambientes com 43,80%. A interação híbridos x locais e a interação híbridos x anos foram equivalentes, explicando 29,01 e 27,19%, respectivamente (Tabela 8).

Os componentes de variância da interação tripla e do erro experimental foram próximos e superiores àqueles das interações híbridos x locais e híbridos x anos.

Tabela 8. Resumo da análise de variância conjunta e estimativas de componentes de variância das características produtividade (PROD) e sólidos solúveis (SS) avaliadas em híbridos de melão Gália avaliados no Agropolo Mossoró-Assú. Mossoró, RN, 2000 a 2002.

FV	gl	QM	
		PROD	SS
Bloco(Amb)	24	35,23**	5,14**
Local	3	385,13**	35,85**
Ano	2	35,44*	59,23**
L x A	6	83,55**	63,57**
Híbrido (G)	8	879,24**	33,92**
G x L	24	93,02** (40,39%)	5,10** (29,01%)
G x A	16	116,54** (33,74%)	7,17** (27,19%)
G x L x A	48	29,79** (25,87%)	3,85** (43,80%)
Erro médio	192	14,28	0,10
Média		25,75	9,30
CV(%)		14,67	3,34
$\hat{\sigma}_{GL}^2$		1,00	0,02
$\hat{\sigma}_{GA}^2$		1,38	0,05
$\hat{\sigma}_{GAL}^2$		0,74	0,18
$\hat{\sigma}_e^2$		14,28	0,10

\*\*, \*: significativo a 1 e 5% de probabilidade pelo teste F de Snedecor, ns: não significativo, <sup>1</sup>: valores entre parênteses referem-se à contribuição, em porcentagem, de cada fonte de variação para a soma de quadrados da interação híbridos x ambientes (Valores de R<sup>2</sup>).

Com relação às estimativas dos componentes da interação genótipos por ambientes em cada fonte de variação relacionada às interações de primeira ordem (híbridos x locais e híbridos x anos) e a interação de segunda ordem (híbridos x locais x anos), constatou-se para produtividade prevalência do componente simples, principalmente na interação híbridos x anos (Tabela 9).

Por outro lado, para sólidos solúveis, verificou-se pequena prevalência do componente complexo, principalmente na interação híbridos x anos (Tabela 9).

Tabela 9. Contribuição das partes simples e complexa da interação genótipos com locais e anos das características produtividade (PROD) e sólidos solúveis (SS) avaliadas em híbridos de melão Gália avaliados no Agropolo Mossoró-Assú. Mossoró-RN, 2000-2002.

Interação	Características			
	PROD		SS	
	Simple	Complexa	Simple	Complexa
G x L	77,3	22,7	39,3	60,4
G x A	86,7	13,3	48,6	51,4
G x L x A	64,71	35,29	44,31	55,69

Na alocação de recursos, com base na estimativa da variância da média, para a produtividade, a melhor combinação de repetições (r), locais (l) e anos foi 2, 4 e 3, respectivamente. Seguida das combinações, r = 2, l = 3 e a = 4 e r = 2, l = 6 e a = 2 (Tabela 10).

Para sólidos solúveis, as melhores combinações foram r = 2, l = 6 e a = 2 e r = 2, l = 4 e a = 3, além da combinação r = 2, l = 3 e a = 4 (Tabela 10).

Tabela 10. Variância da média da produtividade (PROD) e sólidos solúveis (SS) em função de diferentes combinações de repetições, anos e locais de avaliação de híbridos de melão Gália no Agropolo Mossoró-Assú. Mossoró, RN, 2000-2002.

R	Alocação		PROD	$V_m$	
	l	a		PROD	SS
2	2	6	1,51	0,16	
2	6	2	1,39	0,12	
2	3	4	1,37	0,13	
2	4	3	1,34	0,12	
2	1	12	2,12	0,27	
2	12	1	1,77	0,16	
3	2	4	1,63	0,18	
3	4	2	1,53	0,15	
3	1	8	2,19	0,28	
3	8	1	1,86	0,18	
4	2	3	1,74	0,19	
4	3	2	1,68	0,17	
4	1	6	2,27	0,29	
4	6	1	1,95	0,19	
6	2	2	1,97	0,23	
6	1	4	2,41	0,32	
6	4	1	2,13	0,23	
8	1	3	2,56	0,34	
8	3	1	2,30	0,26	
12	1	2	2,85	0,39	
12	2	1	2,66	0,33	

r: número de repetições; a: número de anos; l: número de locais.

### 3.2 MELÃO CANTALOUPE

Verificou-se efeito significativo entre locais, anos e híbridos, bem como para todas as interações duplas e tripla entre estes fatores para as duas características avaliadas (Tabela 11).

Para a produtividade, a interação híbridos x anos foi a que mais contribuiu para a interação genótipos por ambientes (32,49%), seguida interação tripla (20,49%).

Com relação ao teor de sólidos solúveis, verificou-se que a interação tripla foi a que mais contribuiu para a interação com 32,35%, com contribuições quase equivalentes da interações híbridos x locais (18,08%) e híbridos x anos (16,76%) .

O componente de variância do erro experimental foi a maior estimativa de todos os componentes para as duas características avaliadas (Tabela 11). As estimativas dos componentes  $\hat{\sigma}_{GA}^2$  e  $\hat{\sigma}_{GAL}^2$  foram próximas e superiores àquele do componente  $\hat{\sigma}^2_{GL}$  para a produtividade. Para sólidos solúveis, o componente  $\hat{\sigma}_{GAL}^2$  foi o segundo maior, sendo o componente da interação híbridos x anos  $(GA)_O$  mais reduzido.

Na partição da interação genótipos por ambientes nos componentes de natureza simples e complexa verificou-se predomínio da parte simples em todos os tipos de interação (duplas e tripla). Com maior ênfase para a interação híbridos x locais para a produtividade, assim como híbridos x anos e híbridos x locais x anos para sólidos solúveis (Tabela 12).



Tabela 11. Resumo da análise de variância conjunta e estimativas de componentes de variância das características produtividade (PROD) e sólidos solúveis (SS) avaliadas em híbridos de melão Cantaloupe avaliados no Agropolo Mossoró-Assú. Mossoró, RN, 2004 a 2006.

FV	gl	QM	
		PROD	SS
Bloco(Amb)	18	199,45**	0,46 <sup>ns</sup>
Local	2	253,18**	44,01**
Ano	2	2.781,86**	23,89**
L x A	4	4.943,71**	52,57**
Híbrido (G)	7	158,71**	37,51**
G x L	14	63,02** (16,18%)	9,89** (18,08%)
G x A	14	126,54** (32,49%)	9,17** (16,76%)
G x L x A	28	39,90** (20,49%)	8,85** (32,35%)
Erro médio	126	12,64	1,98
Média		32,12	12,23
CV(%)		11,07	4,63
$\hat{\sigma}_{GL}^2$		0,37	0,02
$\hat{\sigma}_{GA}^2$		1,38	0,005
$\hat{\sigma}_{GAL}^2$		1,30	0,33
$\hat{\sigma}_e^2$		12,64	1,98

\*\*, \*: significativo a 1 e 5% de probabilidade pelo teste F de Snedecor, ns: não significativo, <sup>1</sup>: valores entre parênteses referem-se à contribuição, em porcentagem, de cada fonte de variação para a soma de quadrados da interação híbridos x ambientes (Valores de R<sup>2</sup>).

Tabela 12. Contribuição das partes simples e complexa da interação genótipos com locais e anos das características produtividade (PROD) e sólidos solúveis (SS) avaliadas em híbridos de melão Cantaloupe avaliados no Agropolo Mossoró-Assú. Mossoró, RN, 2004 a 2006.

Interação	Características			
	PROD		SS	
	Simple	Complexa	Simple	Complexa
G x L	67,59	32,41	51,38	48,62
G x A	55,78	44,22	65,78	34,22
G x L x A	54,71	45,29	63,34	36,66

Com relação às combinações que proporcionam maior precisão experimental, menor variância da média, para produtividade foi  $r = 2$ ,  $l = 2$  e  $a = 6$ , enquanto que para sólidos solúveis, quase todas as combinações envolvendo duas repetições, com variância da média igual a 0,12 (Tabela 13).

Tabela 13. Variância da média ( $V_m$ ) da produtividade (PROD) e sólidos solúveis (SS) em função de diferentes combinações de repetições, anos e locais de avaliação de híbridos de melão Cantaloupe no Agropolo Mossoró-Assú. Mossoró, RN, 2004 a 2006.

R	Alocação		$V_m$	
	l	a	PROD	SS
2	2	6	1,05	0,12
2	6	2	1,39	0,12
2	3	4	1,10	0,12
2	4	3	1,19	0,12
2	1	12	1,12	0,12
2	12	1	2,05	0,13
3	2	4	1,22	0,13
3	4	2	1,47	0,14
3	1	8	1,23	0,13
3	8	1	2,12	0,14
4	2	3	1,39	0,15
4	3	2	1,56	0,15
4	1	6	1,34	0,15
4	6	1	2,19	0,16
6	2	2	1,73	0,18
6	1	4	1,57	0,18
6	4	1	2,32	0,19
8	1	3	1,79	0,20
8	3	1	2,46	0,21
12	1	2	2,24	0,26
12	2	1	2,74	0,27

r: número de repetições; a: número de anos; l: número de locais.

## 4 DISCUSSÃO

Em etapas finais de programas de melhoramento, especificamente em experimentos de avaliação de híbridos, é preciso que o pesquisador conduza seus ensaios com o maior rigor possível, com o intuito de reduzir o erro experimental, proporcionando maior precisão experimental, e por conseguinte, detecte pequenas diferenças entre os tratamentos. Dentro desse contexto, mesmo que contestado em algumas oportunidades, o coeficiente de variação (CV) é a medida estatística mais usada para avaliar a qualidade de um experimento. Neste trabalho, as estimativas obtidas, nos dois grupos de híbridos avaliados, são consideradas com de precisão média conforme a classificação sugerida por Lima et al. (2004) para a cultura do meloeiro. Todas as estimativas observadas estão dentro da faixa de valores verificados em ensaios anteriores com a cultura do melão no Estado do Rio Grande do Norte.

O efeito significativo de ano e de locais reflete (Tabelas 8 e 11), mesmo que confundidas, as diferentes condições de manejo da cultura, condições edáficas e climáticas inerentes aos locais e anos de avaliação. Parte desse comentário pode ser constatado ao analisar as Tabelas 1 a 4, que contém informações que permitem distinguir, mesmo que parcialmente, os locais e os anos.

O efeito de locais está mais relacionado com as condições do solo e o manejo da cultura, sendo classificados como variação ambiental previsível. O efeito de ano está mais relacionado às condições climáticas verificadas em cada avaliação, sendo classificados como variação ambiental imprevisível conforme Allard e Bradshaw (1964). A combinação das duas contempla o ambiente. Todavia, deve ser ressaltado que parte dessas variações estão confundidas de modo que dentro dos locais também estão informações climáticas, bem como dentro de ano estão atividades relacionadas, principalmente ao manejo da cultura. A presença da interação entre anos e locais indica dependência entre os dois fatores, revelando que o desempenho médio dos híbridos em determinado local depende do ano de avaliação, fato comum em ensaios de avaliação de cultivares em muitas culturas.

A presença de diferença significativa entre os híbridos nos dois grupos avaliados indica heterogeneidade genética para as características avaliadas.

A presença da interação híbridos x locais indica que o comportamento dos híbridos não é consistente nos diferentes locais de avaliação. Esse fato foi verificado nos dois grupos de híbridos, para as duas características avaliadas (Tabelas 8 e 11). A princípio, a interação híbridos x locais é um indicativo que a escolha do híbrido depende do local, sendo, portanto, necessário subdividir a área e recomendar um genótipo para cada local. No entanto, conforme Santos Júnior (2007), tal estratégia poderia ser inviável para alguns locais devido pouca integração entre produtores.

Não obstante, é preciso estudar e quantificar os componentes simples e complexo da interação. Assim, constatou-se no grupo de híbridos do tipo Galia, que a maior parte da interação híbridos x locais é do tipo simples para a produtividade, enquanto que para a o teor de sólidos solúveis, do tipo complexa (Tabela 9). Para o grupo de híbridos Cantaloupe, parte simples foi prevalente para ambas as características (Tabela 12).

Assim, os resultados obtidos neste trabalho facilitariam a recomendação dos cultivares, pois na maioria das situações a partes simples superou a parte complexa. Apenas no caso da produtividade, para o grupo de híbrido Galia, houve predomínio da parte complexa. Tal fato pode dificultar a seleção de genótipos para mais de um ambiente, mas não impede que sejam selecionados alguns híbridos com adaptação mais ampla (VENCOVSKY e BARRIGA, 1992).

Nunes et al. (2006), após avaliarem genótipos de melão amarelo, bem como Silva (2006), após estudarem famílias endogâmicas de melão Gália, verificaram predomínio da parte complexa.

A interação significativa entre híbridos e anos é um indicativo de manifestação diferencial dos híbridos nos três anos de avaliação (Tabelas 8 e 11). Considerando as informações climáticas presentes nas Tabelas 1 e 2, bem como nas Tabelas 3 e 4 era esperada a presença da interação. Todavia, a interação híbridos x anos é explicada, em sua maior parte, pelo componente de natureza simples (Tabelas 9 e 12). Essa fato atenua a necessidade de muitos anos para a

avaliação dos híbridos, pois o ranqueamento dos híbridos não se altera nos diversos anos de avaliação.

A interação tripla esteve presente nos dois grupos para as duas características avaliadas (Tabelas 8 e 11). Essa interação é mais complexa e reflete o comportamento dos híbridos em função das combinações de locais e anos. Nessa situação, estão envolvidas integralmente todas as observações nas Tabelas de 1 a 4, sem contar, obviamente de outros fatores ambientais. A interação tripla explica boa parte da interação genótipos por ambientes, sendo a maior parte de natureza simples (Tabelas 8 e 11).

Os ensaios de avaliação de cultivares são fundamentais e compõe a parte final de um programa de melhoramento. Os experimentos devem ser realizados em várias condições de local, ano e estação de cultivo, pois a recomendação dos novos materiais deve ser segura. Em razão disso, os experimentos são muito onerosos e exigem muito trabalho. O desafio é conduzir a etapa final de avaliação de cultivares com grande precisão para detectar diferenças entre os tratamentos, associada com o menor custo e trabalho.

Uma das maneiras de se planejar a alocação de recursos em experimentos de avaliação de cultivares é estimar componentes de variância associados às interações de híbridos com locais e anos, bem como a interação tripla. Neste estudo foram obtidos todos os componentes de variância necessários para estimar a variância da média por diferentes combinações de repetição, local e ano (Tabelas 10 e 13). É necessário informar que o efeito de locais pode ser considerado, sem questionamentos, como aleatório, pois os locais são representativos do Agropolo Mossoró-Assú, e, sobretudo, foram escolhidos ao acaso, sendo, portanto, uma amostra dos locais de cultivo de meloeiro. Por outro lado, o efeito de ano, também considerado como aleatório, pode ser questionado pelo fato de ser três anos seguidos e sem escolha. Todavia, a mesma situação foi observada em trabalhos semelhantes para várias culturas como milho (SPRAGUE e FEDERER, 1951), algodão (MILLER et al., 1959), tabaco (JONES et al., 1960), bem como a cucurbitácea *Cucumis sativus*, o pepino (SWALLOW e WEHNER, 1989). Além disso, as informações contidas nas Tabelas 3 e 4 estão dentro dos intervalos construídos a partir de dados computados ao longo de cem anos.

A intenção é determinar a combinação que proporcione a maior precisão

experimental (menor variância da média). Dessa maneira, para a produtividade, no grupo de híbridos de melão Galia, a melhor combinação foi ( $r = 2, l = 4$  e  $a = 3$ ) (Tabela 10). Para o teor de sólidos solúveis as combinações foram ( $r = 2, l = 4$  e  $a = 3$ ) e ( $r = 2, l = 6$  e  $a = 2$ ). A combinação ( $r = 2, l = 4$  e  $a = 3$ ) que minimizou a variância da média para as duas características, como pretendido, a princípio é a mais recomendada.

Para o grupo de melão Cantaloupe, para produtividade, a melhor combinação foi  $r = 2, l = 2$  e  $a = 6$ , enquanto que para sólidos solúveis, quase todas as combinações envolvendo duas repetições, com variância da média igual a 0,12.

Deve ser ressaltado que na escolha da melhor combinação, embora seja mais comum o uso da variância da média (precisão experimental), outros fatores devem ser considerados. Um deles refere-se aos custos dos experimentos. Com efeito, o que seria menos dispendioso: realizar experimentos em vários locais em poucos anos ou realizar experimentos em poucos locais em vários anos? Qual o número de repetições adequado ?

Inicialmente, será ponderada a segunda questão. Pelos resultados obtidos nos dois grupos de híbridos avaliados, constata-se, sem dúvidas, que duas repetições são suficientes. A princípio, apenas observando a magnitude do componente de variância do erro experimental (Tabelas 8 e 11), poderia se pensar que o número mínimo de repetições ( $r = 2$ ) não proporcionaria a menor precisão, mas, convém lembrar que a variância da média é uma soma de todos os componentes da variância fenotípica ponderados pelos valores de  $r, l$  e  $a$ , conforme:

$$(Vm = \frac{\hat{\sigma}_{GA}^2}{a} + \frac{\hat{\sigma}_{GL}^2}{l} + \frac{\hat{\sigma}_{GAL}^2}{la} + \frac{\hat{\sigma}_e^2}{ral}).$$

A segunda questão é mais complexa e depende de variáveis intrínsecas à cultura e a área de abrangência ou de cultivo. Particularmente para a cultura do meloeiro, a área de cultivo é pequena. Abrange poucos municípios de duas microrregiões do Estado do Rio grande do Norte. Além do reduzido número de locais de avaliação, sabe-se que a distancia entre os mesmos é pequena. Portanto, para se planejar uma rede de avaliação de ensaios de cultivares, não seriam necessários muitos locais, sendo o número de quatro locais ou mesmo três, o suficiente.

Com relação ao número de anos, deve ser considerado sempre o tempo de liberação das novas cultivares e, por conseqüência, o próprio tempo e eficiência do programa de melhoramento genético. Recomenda-se que a avaliação não passe de três anos. Embora não tenha sido feita análise de custos, sabe-se que o aumento de anos de avaliação encarece o programa muito mais do que o aumento do número de locais (SWALLOW e WEHNER, 1989).

Feitas essas considerações e, obviamente, com base nas variâncias das médias obtidas, o mais sensato é que sejam realizados experimentos de avaliação de cultivares de melão com pelo menos duas repetições, mínimo de três locais e no máximo três anos.



## **5 CONCLUSÕES**

As avaliações de cultivares de melão no Agropolo Mossoró-Assú devem ser realizadas com pelo menos duas repetições, mínimo de três locais e no máximo três anos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLARD, R.W.; BRADSAW, A.D. Implications of genotype-environmental interactions in applied plant breeding. **Crop Science**, Madison, v. 4, n.5, p. 503-508, Sept./Oct. 1964.

CRUZ, C.D. **Programa Genes: Aplicativo computacional em Genética e Estatística**. Viçosa: UFV, 1997. 442p.

CRUZ, C.D.; CASTOLDI, F.L. Decomposição da interação genótipos x ambientes em partes simples e complexa. **Revista Ceres**, v. 38, n. 219, p. 422-430, maio/jun. 1991.

CRUZ CD; REGAZZI AJ. 2001. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 2.ed. rev. Viçosa: UFV. 390p.

CRUZ, C.D.; REGAZZI, A.J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa: UFV. Imprensa Universitária, 1994. 390p.

JONES, G. L.; MATZINGER, D. F.; COLLINS, W. K. A comparison of flue-cured tobacco varieties repeated over locations and years with implications on optimum plot allocation. **Agronomy journal**, Madison. 52, n.1, p. 195-199, 1960.

LIMA, L.L., NUNES, G.H.S.; BEZERRA NETO, F. Coeficientes de variação de algumas características do meloeiro: uma proposta de classificação. **Horticultura Brasileira**, v. 22, n.1, p. 14-17, 2004.

MENEZES, J.B. Armazenamento de dois genótipos de melão sob condições de ambiente. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 19, n.1, p. 42-49, 1996.

MILLER, P.A.; WILLIAMS, J.C.; COMSTOCK, R. E. Estimates of genotypic and environmental variances and covariances in upland cotton and their implications in selection. **Agronomy Journal**, Madison, v. 50, p. 126-131, 1959.

NUNES, G. H. S.; RESENDE, G. D. S. P.; RAMALHO, M. A. P.; SANTOS, J. B. Implicações da interação genótipo x ambientes na seleção de clones de eucalipto. **Cerne**, Lavras, v.8, n.1, p.49-58, 2002.

NUNES, G.H.S.; MADEIROS, A.E.S.; GRANGEIRO, L.C.; SANTOS, G.M.; SALES JUNIOR, R. Estabilidade fenotípica de híbridos de melão amarelo avaliados no Pólo Agroindustrial Mossoró-Assú. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 9, p. 57-67, 2006.

SANTOS JÚNIOR, H. **Interação genótipos x ambientes e adaptabilidade e estabilidade de híbridos de melão Galia**. 2007. 44p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal Rural do Semi-árido, Mossoró-RN.

SILVA, J.M. **Interação genótipos x ambientes na avaliação de famílias de melão Galia no Agropolo Mossoró-Assú**. 2006. 53p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal Rural do Semi-árido, Mossoró.2006.

SPRAGUE, G.F.; FEDERER, W.T. A comparison of variance components in corn yield trials; II. Error, year x variety, location x variety, and variety components. **Agronomy Journal**, Madison, v. 43, p. 535-541, p. 1951.

SWALLOW, W. H.; WEHNER, T. C. Optimum allocation of plots to years, seasons, locations, and replications, and its application to once-over-harvest cucumber trials. **Euphytica**, Wagning, v. 43, n.1., p. 59-68, 1989.

VENCOVSKY, R.; BARRIGA, P. **Genética biométrica no fitomelhoramento**. Ribeirão Preto-SP: Sociedade Brasileira de Genética, 1992. 486p.

### CAPÍTULO 3

## INFLUENCIA DE VARIÁVEIS AMBIENTAIS SOBRE A INTERAÇÃO GENÓTIPOS POR AMBIENTES EM MELOEIRO

### RESUMO

ANDRADE NETO, Romeu de Carvalho. **Influência de variáveis ambientais sobre a interação genótipos por ambientes em meloeiro.** 2009. 77f. Tese (Doutor em Agronomia/Fitotecnia) – Universidade Federal Rural do Semi-árido, Mossoró, 2009.

O objetivo do trabalho foi quantificar a influência de algumas variáveis ambientais sobre a interação genótipos por ambientes em meloeiro. Foram utilizados dados de produtividade e sólidos solúveis de oito híbridos de melão cantaloupe (Hy Mark, Torreon, HC-02, HC-12, HC-18, HC-45, HC-48 e HC-87) testados em 2004, 2005 e 2006, totalizando nove ambientes no Estado do Rio Grande do Norte. Para identificação das variáveis ambientais relacionadas a interação G x A, sensibilidade dos híbridos, estimou modelos de regressão fatorial, coeficiente de correlação de Spearman entre os escores dos componentes principais da análise AMMI e as médias das variáveis ambientais. As variáveis ambientais temperatura média, temperatura máxima e temperatura mínima são aquelas que mais influenciam a interação genótipos por ambientes em meloeiro para a produtividade. As variáveis ambientais umidade relativa do ar, precipitação e insolação são aquelas que mais influenciam a interação genótipos por ambientes em meloeiro para sólidos solúveis. Palavras-chave: *Cucumis melo*, regressão fatorial, análise AMMI.

## ABSTRACT

ANDRADE NETO, Romeu de Carvalho. **Influence of environment variables on genotype by environment interaction.** 2009. 77p. Thesis (Doctor in Agronomy/Crop Science). Universidade Federal Rural do Semi-árido, Mossoró, 2009.

The objective of present work was quantify the influence of some environmental variables on genotypic by environment interaction in melon. Were utilized data of yield and soluble solids of eight hybrids of cantaloupe melon (Hy Mark, Torreon, HC-02, HC-12, HC-18, HC-45, HC-48 e HC-87) evaluated in 2004, 2005 and 2006, totaling nine environments of Rio Grande do Norte State, Brazil. To aiming identify environment variables related with genotypic by environment interaction and quantify genotypic sensitive of hybrids were estimated factorial regression models and correlation coefficient of Spearman between scores of principal components of analysis AMMI and average of environment variables. The medium temperature, maximum temperature and minimum temperature were the variables that most influence on genotypic by environment interaction in melon to yield. The relative humidity, rainfall and insolation were the variables that most influence on genotypic by environment interaction in melon to soluble solids.

Key words: *Cucumis melo*, factorial regression, analysis AMMI.

## 1 INTRODUÇÃO

Para entender a interação genótipo por ambientes em um programa de melhoramento é requerida conhecimento sobre os fatores ambientais que determinam o comportamento diferenciado dos genótipos (CRUZ e REGAZZI, 1994). A possibilidade de explorar a interação genótipos por ambientes depende do entendimento das características relacionadas à expressão da interação, dos genótipos e das variáveis ambientais. Quando informações genótípicas, fenotípicas e, ou, ambientais estão disponíveis, é possível avaliar seus efeitos sobre a interação (KANG, 1998).

As variáveis ambientais podem ser qualitativas ou quantitativas. Entre as qualitativas estão tipo de solo, nível de tecnologia e região geográfica. Já entre as quantitativas podem ser citadas a altitude, temperaturas, umidade relativa do ar e precipitação pluviométrica. As variáveis ambientais têm sido utilizadas para explicar a interação genótipos por ambientes em várias culturas como sorgo (SAEED e FRANCIS, 1984), milho (RAMASAMY et al., 1996), trigo (BRACOURT-HULMEL e LECOMTE, 2003; VOLTAS et al., 2005) e soja (OLIVEIRA et al., 2006).

Nestes trabalhos, as variáveis ambientais são consideradas como co-variáveis. É aplicada a regressão fatorial por quadrados mínimos ordinários e estima-se a contribuição da cada característica para a interação. Outra maneira de estudar a contribuição das variáveis ambientais é pela análise de efeitos aditivos principais e interação multiplicativa (AMMI). Nesta técnica apenas os padrões realmente relacionados à interação são capturados nos primeiros componentes principais, permitindo estimativas mais precisas (DUARTE e VENCOSKY, 1999).

Na cultura do melão, os estudos envolvendo interação genótipos por ambientes ainda são escassos (GURGEL et al., 2006; SILVA, 2006; NUNES et al., 2006; FREITAS et al., 2007). Desse modo, o trabalho propôs quantificar a influencia de seis variáveis ambientais sobre a interação genótipos por ambientes, visando um maior entendimento desse importante fenômeno no contexto de um programa de melhoramento genético do meloeiro.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 LOCAL, MATERIAL GENÉTICO E CONDUÇÃO EXPERIMENTAL

As informações sobre os locais, material genético e condução experimental estão apresentadas nos sub-itens 2.1, 2.2 e 2.3 do item Material e Métodos do Capítulo 1.

### 2.2 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

#### 2.2.1 REGRESSÃO FATORIAL

Foi utilizada a técnica de regressão fatorial para investigar a influência das variáveis ambientais sobre a interação genótipos por ambientes.

As variáveis ambientais utilizadas no estudo foram: temperatura máxima, temperatura mínima, temperatura média, umidade relativa do ar, insolação e precipitação. As medidas foram obtidas na estação meteorológica da Universidade Federal Rural do Semi-árido-UFERSA.

A técnica de regressão fatorial, descrita segue o seguinte modelo:

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \rho_i z_j + E_{ij}$$

Em que:

$Y_{ij}$ : média da característica avaliada do híbrido  $i$  no local  $j$ ;

$\mu$ : constante associada a todas as observações (intercepto);

$\alpha_i$ : efeito do híbrido  $i$ ;

$\beta_j$ : efeito do ambiente  $j$ ;

$\rho_i$ : coeficiente de regressão que mede a resposta da interação entre o híbrido e a co-variável ambiental  $Z_j$ ;

$E_{ij}$ : desvio de regressão, sendo  $E_{ij} \cap NID(0, \sigma^2)$ .

## 2.2.2 MODELO DE EFEITOS PRINCIPAIS ADITIVOS E INTERAÇÃO MULTIPLICATIVA - MÉTODO AMMI

Para verificar a ação das co-variáveis ambientais sobre a interação, quantificou-se a porcentagem da soma de quadrados da interação através do modelo proposto por Duarte e Vencovsky (1999), utilizado por Santos Júnior (2007), considerando os efeitos dos genótipos e ambientes fixos, como expresso abaixo:

$$y_{ij} = \mu + h_i + a_j + \sum_{k=1}^n \lambda_k \gamma_{ik} \alpha_{jk} + \rho_{ij} + \varepsilon_{ij}$$

em que:

$y_{ij}$ : média do híbrido i no ambiente j;

$\mu$ : média geral ;

$h_i$  e  $a_j$ : efeitos do híbrido i e do ambiente j, respectivamente;

$\lambda_k$  : valor singular k da matriz da interação G x E;

$\gamma_{ik}$  e  $\alpha_{jk}$  : valores singulares k correspondentes ao genótipo i e ambiente j, respectivamente;

$\rho_{ij}$  : resíduo da interação G x E;

$\varepsilon_{ij}$  : erro experimental médio;

$n$ : número de componentes principais retidos no modelo.

O modelo AMMI (número de eixos) foi selecionado de acordo com Duarte e Vencovsky (1999) e Oliveira et al., 2006.



### 2.2.3 CORRELAÇÃO DE SPEARMAN

O coeficiente de correlação de Spearman entre os escores ambientais da análise AMMI e as médias das co-variáveis ambientais foi obtida pela seguinte equação:

$$r_s = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^N d_i^2}{N^3 - N}$$

em que:

$r_s$ : coeficiente de correlação de Spearman;

$d_i^2$ : quadrado da diferença entre dois postos;

N: número de postos.

### 3 RESULTADOS

A regressão fatorial foi usada tendo como co-variáveis seis características dos ambientes de avaliação (Tabelas 1 e 2). Para o primeiro grupo de híbridos, híbridos de melão Cantaloupe, para a característica produtividade, as co-variáveis que mais contribuíram para a interação foram temperaturas mínima e média, com respectivamente, 29,63 e 29,25%, seguidas da temperatura máxima, com 27,43% (Figura 1).

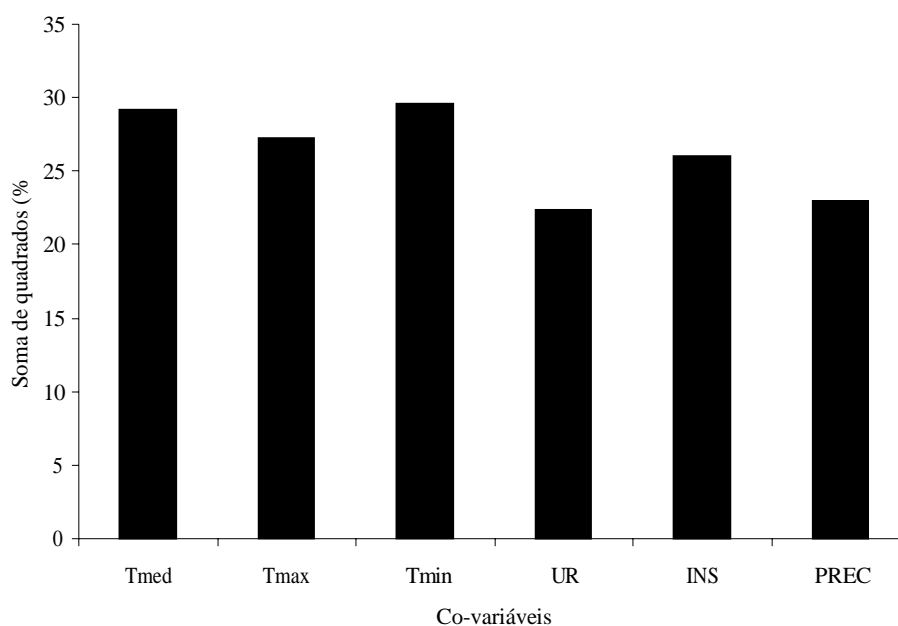


Figura 1. Contribuição de seis co-variáveis quantitativas ambientais para a interação genótipos por ambientes para a produtividade ( $t\ ha^{-1}$ ) de híbridos de melão Cantaloupe. Mossoró-RN, 2009. Temperatura máxima (Tmax), temperatura mínima (Tmin), temperatura média (Tmed), umidade relativa (UR), insolação (INS) e precipitação pluviométrica (PREC).

Com relação aos sólidos solúveis, as características de maior destaque foram umidade relativa do ar e precipitação pluviométrica, 16,97 e 16,56% da

interação genótipos por ambientes, respectivamente (Figura 2). A insolação foi a terceira co-variável que mais contribuiu para a interação, com 14,58%.

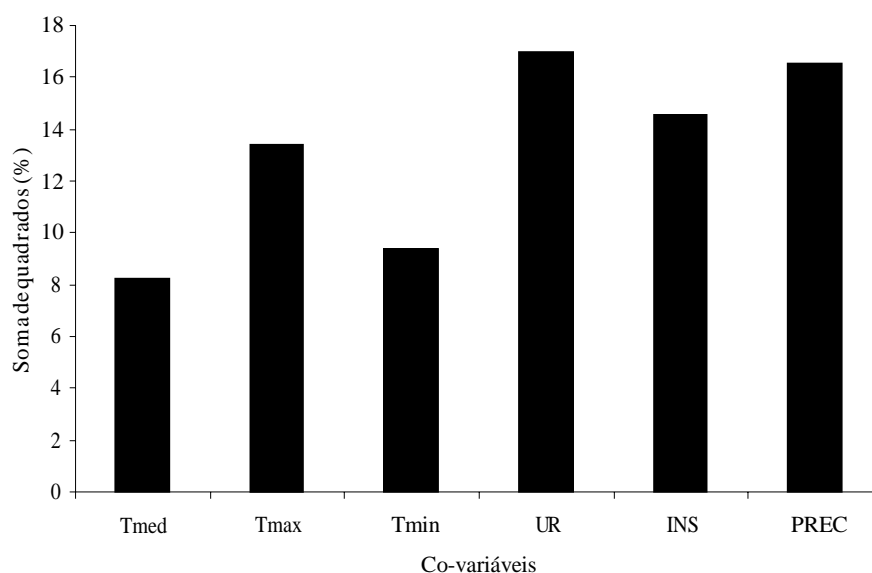


Figura 2. Contribuição de seis co-variáveis quantitativas ambientais para a interação genótipos por ambientes para sólidos solúveis (%) de frutos de híbridos de melão Cantaloupe. Mossoró-RN, 2009. Temperatura máxima (Tmax), temperatura mínima (Tmin), temperatura média (Tmed), umidade relativa (UR), insolação (INS) e precipitação pluviométrica (PREC).

A regressão fatorial permite também a estimação da sensibilidade de cada genótipo a cada uma das co-variáveis estudada. Para as duas características avaliadas, em todas as co-variáveis, os híbridos possuíram respostas diferentes, mesmo que em proporções diferentes (Tabela 14).

Para a produtividade, em relação à co-variável temperatura média, verificou-se que os híbridos HC-12 e HC-18, sobretudo este último, apresentaram resposta positiva, enquanto os demais, resposta negativa (Tabela 14).

Tabela 14. Estimativas dos coeficientes de sensibilidade genotípica para produtividade e sólidos solúveis em relação a seis co-variáveis ambientais de acordo com o modelo de regressão fatorial analisado em híbridos de melão Cantaloupe. Mossoró-RN, 2004-2006.

Híbrido	Co-variável					
	Tmed (°C)	Tmin (°C)	Tmax (°C)	UR (%)	INS (h)	PREC (mm)
Produtividade						
Hy-Mark	-0,274	-0,298	0,294	0,194	-0,188	0,927
Torreon	-1,529	-1,276	-1,130	0,125	-0,936	-0,858
HC-02	-0,440	-0,866	-0,314	0,153	-0,768	-0,553
HC-12	0,214	-0,641	0,229	0,269	-0,462	-0,159
HC-18	7,163	8,195	4,315	-1,466	6,330	3,807
HC-45	-1,485	-1,273	-1,283	0,130	-0,784	-1,018
HC-48	-2,477	-2,479	-1,366	0,331	-2,149	-1,451
HC-87	-1,172	-1,362	-0,745	0,264	-1,043	-0,695
Sólidos solúveis						
Hy-Mark	-0,118	0,055	-0,153	-0,037	0,117	0,057
Torreon	-1,273	-0,808	-0,918	0,052	-0,526	-0,545
HC-02	0,336	0,300	0,205	-0,086	0,143	0,140
HC-12	0,585	0,484	0,324	-0,088	0,331	0,196
HC-18	-0,311	-0,703	-0,134	0,143	-0,584	-0,498
HC-45	0,590	1,046	0,393	-0,176	0,717	0,521
HC-48	0,525	0,183	0,483	0,024	0,038	0,241
HC-87	-0,335	-0,558	-0,200	0,168	-0,237	-0,112

Temperatura máxima (Tmax), temperatura mínima (Tmin), temperatura média (Tmed), umidade relativa (UR), insolação (INS) e precipitação pluviométrica (PREC).

Para a temperatura mínima, apenas o híbrido HC-18 respondeu positivamente. Enquanto que para temperatura máxima, os híbridos Hy Mark, HC-12 e principalmente, HC-18 responderam positivamente ao aumento da temperatura.

O híbrido HC-18, diferentemente dos demais híbridos, respondeu negativamente à umidade relativa do ar.

Para precipitação pluviométrica, novamente o híbrido HC-18 diferenciou-se dos demais, com resposta positiva à referida co-variável. O híbrido Hy-Mark também teve resposta positiva, mas em menor intensidade.

Para o teor de sólidos solúveis houve maior variação na respostas dos híbridos em relação as co-variáveis estudadas (Tabela 14).

Os híbridos Hy-Mark, Torreon, HC-18 e HC-87 responderam negativamente para a temperatura média. Os demais híbridos responderam positivamente. Resultado constatado também para a temperatura máxima.

Todavia, para a temperatura mínima, apenas os híbridos Torreon, HC-18 e HC-87 responderam negativamente. O híbrido Hy-Mark respondeu positivamente, assim como os demais híbridos. O mesmo fato ocorreu para as co-variáveis insolação e precipitação pluviométrica (Tabela 14).

Para umidade relativa, os híbridos Torreon, HC-18, HC-48 e HC-87 responderam positivamente, enquanto os demais híbridos, negativamente.

Outra maneira de estudar a ação das co-variáveis ambientais sobre a interação é quantificar a porcentagem da soma de quadrados da interação foi capturada pelo modelo AMMI (Tabela 15).

Para a produtividade, as co-variáveis que mais contribuíram para explicar a interação genótipos por ambientes capturada pelo primeiro componente principal da análise de modelo multiplicativo-aditivo (AMMI) foram, em ordem decrescente, temperatura mínima, temperatura média e temperatura máxima, com estimativas superiores a 30% (Tabela 15).

Para o teor de sólidos solúveis, as co-variáveis umidade relativa e precipitação foram aquelas que mais explicaram a interação genótipos por ambientes capturada pelo modelo AMMI (Tabela 15).

Tabela 15. Contribuição de seis co-variáveis ambientais para a interação genótipos por ambientes capturada pela análise multivariada AMMI em duas características avaliadas em híbridos de melão Cantaloupe. Mossoró-RN, 2004-2006.

Co-variável	Soma de Quadrados (%) / Características	
	Produtividade	Sólidos solúveis
Tmed	35,23	20,12
Tmax	33,23	23,12
Tmin	39,23	18,23
UR	21,56	34,87
INS	29,98	27,21
PREC	24,56	31,89

Temperatura máxima (Tmax), temperatura mínima (Tmin), temperatura média (Tmed), umidade relativa (UR), insolação (INS) e precipitação pluviométrica (PREC).

Por fim, analisando as correlações entre as co-variáveis ambientais e os escores ambientais do primeiro componente principal, foram verificadas correlações positivas e intermediárias envolvendo as temperaturas média, máxima e mínima para a produtividade (Tabela 16).

Para o teor de sólidos solúveis, as correlações envolvendo a umidade relativa do ar (-0,59\*), precipitação pluviométrica (-0,56\*), insolação (0,51\*) e temperatura máxima (0,45\*) foram significativas.

De todas as co-variáveis, apenas a temperatura máxima correlacionou-se significativamente com os escores ambientais da análise AMMI (Tabela 16).

Tabela 16. Estimativas do coeficiente de correlação de Spearman entre os escores do primeiro componente principal da análise AMMI e seis co-variáveis ambientais para duas características avaliadas em híbridos de melão Cantaloupe. Mossoró-RN, 2004-2006.

Co-variável	Coeficiente de correlação / Características	
	Produtividade	Sólidos solúveis
Tmed	0,54*	0,28 <sup>ns</sup>
Tmax	0,52*	0,45*
Tmin	0,61*	0,13 <sup>ns</sup>
UR	0,27 <sup>ns</sup>	-0,59*
INS	0,16 <sup>ns</sup>	0,51*
PREC	0,32 <sup>ns</sup>	-0,56*

\*: significativo a 5% de probabilidade pelo teste t de Student. ns: não significativo.  
 Temperatura máxima (Tmax), temperatura mínima (Tmin), temperatura média (Tmed),  
 umidade relativa (UR), insolação (INS) e precipitação pluviométrica (PREC).

## 4 DISCUSSÃO

A regressão fatorial permite quantificar a contribuição de cada co-variável para a interação genótipo por ambientes. Essa técnica tem sido utilizada com sucesso em culturas como o sorgo (SAEED e FRANCIS, 1984), milho (RAMASAMY et al., 1996), trigo (BRACOURT-HULMEL e LECOMTE, 2003; VOLTAS et al., 2005) e soja (OLIVEIRA et al., 2006).

Verificou-se que as co-variáveis ambientais, mesmo que em pequena proporção (Figuras 1 e 2), captam ou explicam uma parcela da interação genótipos por ambientes. Uma possível explicação é o fato de que os municípios envolvidos na análise de regressão fatorial compreendem uma área homogênea do ponto de vista climático (Tabelas 1 e 2), tendo como consequência pouca variação nas co-variáveis ambientais. Além disso, deve ser ressaltado que existem outras variáveis climáticas, bem como variáveis relacionadas aos próprios locais de avaliação, que certamente são responsáveis pela presença da interação genótipos por ambientes. Em trabalhos utilizando a regressão fatorial, observou-se maior explicação da interação por determinadas co-variáveis ambientais (RAMASAMY et al., 1996; BRACOURT-HULMEL e LECOMTE, 2003; VOLTAS et al., 2005). Por exemplo, Oliveira et al. (2006), verificaram que a altitude pode explicar até 57% da interação em soja. Neste estudo, as co-variáveis de temperatura (média, máxima e mínima) explicaram mais da interação para a produtividade, enquanto que para sólidos solúveis a umidade relativa do ar e a precipitação explicaram em maior parte a interação (Figuras 1 e 2).

As causas da interação genótipos por ambientes têm sido atribuídas a fatores fisiológicos e bioquímicos próprios de cada genótipo avaliado. Considerando que os genótipos se desenvolvem em sistemas dinâmicos, em que ocorrem constantes mudanças, desde a semeadura até a colheita, há geralmente um comportamento diferenciado destes em termos de respostas às variações ambientais (CRUZ e REGAZZI, 1994). Esse fato foi verificado de modo contundente pelas diferentes sensibilidades dos híbridos em relação às co-variáveis ambientais (Tabela 14).



A sensibilidade genotípica, medida pelo coeficiente de regressão fatorial, expressa de forma positiva ou negativa mostra a produtividade ou sólidos solúveis expostos à mudança de uma unidade nas co-variáveis avaliadas. Em outras palavras, o efeito particular de cada uma das co-variáveis ambientais sobre cada híbrido pode ser verificado pela magnitude e sinal do coeficiente de regressão fatorial do genótipo (Tabela 14).

O genótipo HC-18 foi aquele com comportamento mais diferenciado em relação aos demais. Para a produtividade, o referido híbrido respondeu de forma positiva à quase todas as co-variáveis, com exceção da umidade relativa. Significa que todas as co-variáveis temperatura média, temperatura máxima, temperatura mínima, insolação e precipitação estimularam a produtividade de frutos. Por outro lado, para sólidos solúveis, o comportamento deste híbrido foi inverso, ou seja, apenas a umidade relativa estimulou o aumento do valor desta característica. A resposta do comportamento do híbrido HC-45 frente mudanças nas co-variáveis foi inverso aquele do híbrido HC-18 para ambas as características (Tabela 14).

O híbrido HC-48, para a produtividade, respondeu negativamente às variações das co-variáveis, com exceção da umidade relativa, enquanto que para sólidos solúveis, reagiu de forma positiva a todas as co-variáveis. Esse fato é indício que a produtividade e sólidos solúveis, para este genótipo, são correlacionados negativamente, fato verificado por Nunes et al. (2006) quando avaliou híbridos de melão amarelo em doze ambientes do Agropolo Mossoró-Assú, bem como por Nunes et al. (2004).

O híbrido HC-87, para a produtividade, respondeu negativamente a todas as co-variáveis com exceção da umidade relativa do ar, indicando, a princípio, que o mesmo tem pouca adaptação às condições climáticas estudadas. Não obstante, deve ser sempre enfatizado que o ambiente envolve muitas outras variáveis, conforme a própria definição de Falconer e McKay (1996).

Neste trabalho, também investigou-se o efeito de co-variáveis ambientais sobre a interação genótipos por ambientes estimada pela análise multivariada AMMI. A motivação foi o fato da análise AMMI proporcionar melhores estimativas quando comparadas aos métodos de quadrados mínimos

ordinários (GAUCH, 2006), como foi utilizado para regressão fatorial. Com efeito, a porcentagens das somas de quadrados apresentados na Tabela 15 são mais realistas em relação àquelas das Figuras 1 e 2, embora a magnitude relativa não tenha mudado nos dois métodos de análise.

A razão da superioridade da análise AMMI é a captura dos padrões estatísticos que realmente explicam a interação. Esse fato permite estimativas mais precisas. Os referidos padrões são explicados pelos primeiros componentes principais e contemplam apenas os padrões realmente vinculados à interação. Assim, para as duas características avaliadas, foi necessário apenas um componente principal para explicar a interação, sendo os valores, para produtividade e sólidos solúveis de 92,13 e 46,84%, respectivamente. Toda a variação remanescente é chamada de “ruído” ou desvio, sendo por isso desprezada para explicar a interação na análise AMMI. A análise com regressão fatorial não despreza os padrões considerados como “ruídos” na análise AMMI.

Analisando as estimativas do coeficiente de correlação de Spearman entre os escores do primeiro componente principal da análise AMMI e seis co-variáveis ambientais para duas características (Tabela 16), comprova-se os resultados anteriormente observados nas Figuras 1 e 2, bem como na Tabela 14. As correlações significativas indicam que as co-variáveis de temperatura (média, máxima e mínima) explicaram mais da interação para a produtividade, enquanto que para sólidos solúveis a umidade relativa do ar e a precipitação explicaram em maior parte a interação.

Dada a importância da interação genótipos por ambientes para a recomendação de cultivares, recomenda-se estudos futuros envolvendo mais co-variáveis ambientais e também co-variáveis genotípicas para se entender biologicamente a interação genótipo por ambientes e poder planejar uma rede de ensaios para essa cultura.

## **5 CONCLUSÕES**

As co-variáveis ambientais temperatura média, temperatura máxima e temperatura mínima são as que mais influenciam a interação genótipos por ambientes em meloeiro para a produtividade.

As co-variáveis ambientais umidade relativa do ar, precipitação e insolação são as que mais influenciam a interação genótipos por ambientes em meloeiro para sólidos solúveis.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRANCOURT-HULMEL, M.; LECOMT, C. Effect of environmental varieties of genotype x environment interaction of winter wheat: A comparison of biadditive factorial regression to AMMI. **Crop Science**. Madison, v. 43, p. 608-617, 2003.

CRUZ, C.D.; REGAZZI, A.J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa: UFV. Imprensa Universitária, 1994. 390p.

DUARTE, J. B.; VENCOVSKY, R. Interação genótipos x ambientes: uma introdução a análise AMMI. Ribeirão Preto: **Sociedade Brasileira de Genética**. (Série Monografias, 9), 1999. 60p.

FALCONER, D.S.; MACKAY, T.F.C. **Introduction to quantitative genetics**. 4.nd. Longman Edit. Malasya, 1996. 464p.

GAUGH JR, H.G. Statistical analysis of yield trials by AMMI and GGE. **Crop Science**, v. 46, n. 3., p. 1488-1500, 2006.

GURGEL, F.L.; KRAUSE, W.; SCHMILDT, E.R.; SENA, L.C.N. Indicação de híbridos de melao para o Rio Grande do Norte. **Revista Ceres**, v. 52, v. 299, p. 115-123, 2006.

KANG, S. K. Using genotype-by-environment interaction for crop cultivar development. **Advances in Agronomy**, New York, v. 62, p. 199-252, 1998.

NUNES, G. H. S.; SANTOS JÚNIOR, J.J.S.; VALE, F.A.; BEZERRA NETO, F.; ALMEITA, A. H. B.; MEDEIROS, D. C. Aspectos produtivos e de qualidade de híbridos de melão cultivados no agropolo Mossoró-Assú . **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.22, n.4, p.744-747, 2004.

NUNES, G.H.S.; MADEIROS, A.E.S.; GRANGEIRO, L.C.; SANTOS, G.M.; SALES JUNIOR, R. Estabilidade fenotípica de híbridos de melão amarelo avaliados no Pólo Agroindustrial Mossoró-Assú. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 9, p. 57-67, 2006.

OLIVEIRA, A. B.; DUARTE, J. B.; CHAVES, L. J.; COUTO, M. A. Environmental and genotypic factors associated with genotype by environment interactions in soybean. **Crop breeding and applied biotechnology**, Viçosa, v. 6, p. 79-86, 2006.

RAMASAMY, P.; SUBBARAMAN, N.; VENKATACHALAM, R.; SOUNDRAPADIAN, G. Contribution of weather variables to G x E interaction in finger millet genotypes. **International Sorghum and Millets Newsletter**, New Dehli, v. 37, n.1, 79-81, 1996.

SAEED, M.; FRANCIS, C. A. Association of weather variables with genotype x environment interactions in grain sorghum. **Crop science**, Madison, v. 24, p. 13-16, 1984.

SANTOS JÚNIOR, H. **Interação genótipos x ambientes e adaptabilidade e estabilidade de híbridos de melão Galia**. 2007. 44p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal Rural do Semi-árido, Mossoró-RN.

SILVA, J.M. **Interação genótipos x ambientes na avaliação de famílias de melão Galia no Agropolo Mossoró-Assú**. 2006. 53p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal Rural do Semi-árido, Mossoró-RN.

VOLTAS, J.; LÓPES-CÓRCOLES, H.; BORRÁS, G. Use of biplot analysis and factorial regression for the investigation of superior genotypes in mult-environment trials. **European Journal of Agronomy**, Madrid, v.22, p. 309-324, 2005.