

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA  
MESTRADO EM AGRONOMIA/FITOTECNIA**

**JONAS CUNHA NETO**

**SELEÇÃO DE CLONES DE ACEROLEIRA,  
REPETIBILIDADE, CORRELAÇÕES E USO DE TÉCNICAS  
MULTIVARIADAS ENTRE CARACTERES AGRONÔMICOS  
E DE PÓS-COLHEITA.**

**FORTALEZA  
2009**

**JONAS CUNHA NETO**

**SELEÇÃO DE CLONES DE ACEROLEIRA,  
REPETIBILIDADE, CORRELAÇÕES E USO DE TÉCNICAS  
MULTIVARIADAS ENTRE CARACTERES AGRONÔMICOS  
E DE PÓS-COLHEITA.**

Dissertação submetida à coordenação do Curso de Pós-graduação em Agronomia, área de concentração em Fitotecnia, da Universidade Federal do Ceará, como parte dos requisitos para obtenção do grau de Mestre em Agronomia.

**FORTALEZA  
2009**

**JONAS CUNHA NETO**

**SELEÇÃO DE CLONES DE ACEROLEIRA,  
REPETIBILIDADE, CORRELAÇÕES E USO DE TÉCNICAS  
MULTIVARIADAS ENTRE CARACTERES AGRONÔMICOS  
E DE PÓS-COLHEITA.**

Dissertação submetida à coordenação do Curso de Pós-graduação em Agronomia, área de concentração em Fitotecnia, da Universidade Federal do Ceará, como parte dos requisitos para obtenção do grau de Mestre em Agronomia.

**APROVADA EM:** \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

**BANCA EXAMINADORA**

---

**Prof<sup>a</sup>. Dra. Cândida H. Campos de Magalhães Bertini**  
(Orientadora)

---

**Dr. João Rodrigues de Paiva**  
(Conselheiro)

---

**Prof. Dr. Márcio Cleber de Medeiros Corrêa**  
(Conselheiro)

---

**Profa. Dra. Maria Raquel Alcântara de Miranda**  
(Conselheira)

Aos meus pais, irmãos e a minha noiva por todo amor  
e por serem a fonte de inspiração na construção deste trabalho.

**DEDICO**

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, fonte de toda existência e sabedoria;

Aos meus pais, Raimundo e Lindalva, por todo o amor e também por terem me ensinado qual o caminho certo a seguir na vida, mesmo com toda sua simplicidade;

In memoriam aos meus avôs paternos, Raimundo Silva e Maria Natércia, e maternos, Jonas Cunha e Maria Áurea, estes último fundamentais na escolha da minha profissão.

Aos meus queridos irmãos, Adriano e Cleiton, pelos bons momentos vividos e por estarem presentes na minha vida;

A minha noiva Tatiana, por todo amor a mim depositado e por ser meu “porto seguro” em todos os momentos tempestuosos em que passei;

À Profa. Cândida, por ter sido uma excelente orientadora. Obrigado pelos conselhos, confiança, força e por ter me ajudado em tudo que precisei. Meu profundo reconhecimento e gratidão;

Ao Dr. João Rodrigues de Paiva por todos os ensinamentos durante o curso de graduação e por estar presente na minha banca examinadora;

Aos meus sogros, Valdomiro e Lena, às minhas cunhadas: Rafaella, Nilda e Angeline pelo apoio em todos os momentos em que precisei;

Às minhas tias: Ismênia, Maria e Iraídes por sempre terem acreditado no meu sucesso, especialmente a tia Maria por toda ajuda dada nestes últimos meses;

Aos meus amigos do curso de mestrado, em especial: Alex, Robson, pela amizade verdadeira e companheirismo desde a graduação;

Aos amigos Dr. Gleidson e ao Engenheiro Agrônomo Alexandre, pela amizade e por toda ajuda na execução deste trabalho;

Aos professores Márcio Cleber de Medeiros Corrêa e Raquel Miranda pela presença na minha banca examinadora;

A equipe do Laboratório de Pós-colheita da Embrapa Agroindústria Tropical pela ajuda sempre presente durante a execução deste trabalho;

Muito Obrigado!!

## RESUMO

Diante da demanda por variedades ou clones de aceroleiras superiores a Embrapa Agroindústria Tropical desenvolveu, nos anos de 1996 a 2007, o programa de melhoramento genético da aceroleira, com o propósito de recomendar clones produtivos, com frutos de excelente qualidade, como também de evitar a homogeneização genética dos plantios comerciais. Diante deste objetivo, em 1996, foram selecionadas 100 plantas matrizes por meio da seleção massal em um pomar da empresa Frutas do Ceará S/A (FRUCESA). A partir dessas matrizes foi iniciado o programa de melhoramento da aceroleira na Embrapa Agroindústria Tropical, o qual foi dividido em melhoramento populacional e clonal, resultando em 2003 no lançamento de quatro clones recomendados para o Estado do Ceará, a seguir: BRS 235 (Apodi), BRS 236 (Cereja), BRS 237 (Roxinha) e BRS 238 (Frutacor). Outro resultado deste trabalho foi à obtenção de 25 clones de aceroleira, em progênies de segundo ciclo de seleção, que foram instalados no campo experimental da Embrapa Agroindústria Tropical, em dezembro de 2002, para avaliação, durante o período de cinco anos, seguida pela seleção dos três melhores clones com base em suas características agrônômicas e de pós-colheita. O experimento foi instalado no Campo Experimental de Paraipaba (CE), sob delineamento de blocos ao acaso, com 25 tratamentos, três repetições e três plantas por parcela, no espaçamento de 4 m x 4 m. A partir das avaliações estimou-se a variabilidade dos clones, como também o coeficiente de repetibilidade e correlação das características avaliadas. A seleção foi realizada após a construção do índice de seleção de Mulamba & Mock, auxiliada pelo método das componentes principais. Observou-se que os 25 clones apresentam reduzida variabilidade genética para as características agrônômicas. A seleção de clones, com base apenas nas características morfológicas e de produção já pode apresentar resultados satisfatórios a partir do segundo ano de avaliação, tendo-se destaque para os clones 79/2 (7), 79/10 (9) e 87/11 (7) com potencial para serem utilizados em plantio comercial. Observou-se que o método dos componentes principais com base na matriz de correlação se apresenta como o mais eficiente para a estimação do coeficiente de repetibilidade. As estimativas dos coeficientes de repetibilidade das características AP, DC, PESO, SST e vitamina C, demonstram alta regularidade na superioridade dos indivíduos de um ano para outro, e que de 5 a 10 avaliações são suficientes para predizer o valor real dos indivíduos com nível de certeza de 95%. Com base nos coeficientes de correlação entre os caracteres conclui-se que a seleção de frutos com maior conteúdo de vitamina C pode ser realizada de forma indireta. A partir do índice de seleção de Mulamba & Mock foi recomendada a seleção dos genótipos 87/11 (7), 79/10 (9) e 91/8 (2) por apresentarem uma série de atributos favoráveis, com potencial para serem avaliados em experimentos de larga escala em diferentes regiões do Estado do Ceará.

**Palavras-chave:** Melhoramento genético, aceroleira, seleção de clones.

## ABSTRACT

Given the demand for varieties or clones of acerola above Embrapa Tropical Agroindustry developed in the years 1996 to 2007, the program of genetic improvement of aceroleira in order to recommend clones productive, with fruits of excellent quality, but also to avoid genetic homogeneity of commercial plantations. Having this goal in 1996, dies 100 plants were selected by mass selection in an orchard of fruit company of Ceara S/A (FRUCESA). From these matrices was initiated the program to improve the aceroleira at Embrapa Tropical Agroindustry, which was divided into breeding stock and clonal, resulting in 2003 in the launch of four clones recommended for the State of Ceará, the following: BRS 235 (Apodi), BRS 236 (Cereja), BRS 237 (Roxinha) and BRS 238 (Frutacor). Another result of this study was to obtain 25 clones of aceroleira in progenies of the second round of selection, which were installed in the experimental field of Embrapa Tropical Agroindustry in December 2002 for evaluation during the period of five years, followed by selection the three best clones based on their agronomic and post-harvest. The experiment was installed in the Experimental Field of Paraipaba (CE), under a randomized block design with 25 treatments, three replications and three plants per plot, spaced 4 m x 4 m. From the assessments it was estimated the variability of the clones, as well as the coefficient of repeatability and correlation of the characteristics evaluated. The selection was made after the construction of selection index of Mulamba & Mock, aided by the method of principal components. It was observed that the 25 clones have reduced genetic variability for agronomic traits. The selection of clones, based only on morphological characteristics and production can now present satisfactory results from the second year of evaluation, it was highlighted for clones 79 / 2 (7), 79/10 (9) and 87 / 11 (7) with potential for use in a commercial. It was observed that the method of principal components based on a correlation matrix is presented as the most efficient for the estimation of the coefficient of repeatability. Estimates of the coefficients of repeatability of AP characteristics, DC, weight, TSS and vitamin C, show high regularity in the superiority of individuals from one year to another, and that 5-10 assessments are sufficient to predict the actual level of individuals with certainty of 95%. Based on the correlation coefficients between the characters it follows that the selection of fruits with higher content of vitamin C can be carried out indirectly. From the selection index of Mulamba & Mock was recommended the selection of genotypes 87/11 (7), 79/10 (9) and 91 / 8 (2) by presenting a number of favorable attributes, with potential to be evaluated in large-scale experiments in different regions of the state of Ceará.

**Keywords:** breeding, aceroleira, selection of clones.

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO GERAL .....</b>	<b>12</b>
<b>2. REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	<b>14</b>
<b>2.1. Importância sócio-econômica da acerola .....</b>	<b>14</b>
<b>2.1.2. Potencial antioxidante dos frutos da aceroleira.....</b>	<b>16</b>
<b>2.2. Origem, taxionomia e dispersão.....</b>	<b>17</b>
<b>2.3. Morfologia .....</b>	<b>18</b>
<b>2.3.1. Floração e formação dos frutos .....</b>	<b>19</b>
<b>2.4. Melhoramento genético da aceroleira.....</b>	<b>20</b>
<b>2.4.1. Melhoramento genético da acerola no Brasil.....</b>	<b>21</b>
<b>2.5. Técnicas multivariadas utilizadas no melhoramento de plantas.....</b>	<b>29</b>
<b>CAPÍTULO I: OBTENÇÃO DE CLONES DE ACEROLEIRA A PARTIR DE PROGÊNIES DE SEGUNDO CICLO DE SELEÇÃO .....</b>	<b>45</b>
<b>1. RESUMO.....</b>	<b>45</b>
<b>1.2 ABSTRACT .....</b>	<b>46</b>
<b>2. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>47</b>
<b>3. MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>49</b>
<b>3.1. Obtenção dos clones .....</b>	<b>49</b>
<b>3.2. Delineamento Experimental .....</b>	<b>49</b>
<b>3.3. Manejo e condução do experimento. ....</b>	<b>50</b>
<b>3.3.1. Preparo da área .....</b>	<b>50</b>
<b>3.3.2. Tratos culturais.....</b>	<b>51</b>
<b>3.4. Características agronômicas.....</b>	<b>51</b>
<b>3.4.1. Morfologia .....</b>	<b>51</b>
<b>3.4.3. Produção.....</b>	<b>51</b>



<b>3.5. Características de pós-colheita.....</b>	<b>52</b>
<b>3.5.1. Peso do fruto .....</b>	<b>53</b>
<b>3.5.2. Firmeza .....</b>	<b>53</b>
<b>3.5.3. Vitamina C .....</b>	<b>53</b>
<b>3.5.4. Sólidos Solúveis Totais (SST) .....</b>	<b>53</b>
<b>3.5.5. pH e Acidez Titulável (AT) .....</b>	<b>54</b>
<b>3.6. Análises estatísticas .....</b>	<b>54</b>
<b>3.6.1. Análise de variância por ano .....</b>	<b>54</b>
<b>3.6.2. Análise de variância conjunta .....</b>	<b>56</b>
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>58</b>
<b>5. CONCLUSÕES.....</b>	<b>71</b>
<b>6. REFERÊNCIAS .....</b>	<b>72</b>
<b>CAPÍTULO II. CORRELAÇÕES FENOTÍPICAS E ESTIMATIVAS DOS COEFICIENTES DE REPETIBILIDADE PARA CARACTERES AGRONÔMICOS E DE PÓS-COLHEITA EM CLONES DE ACEROLEIRA DE SEGUNDO CICLO DE SELEÇÃO.....</b>	<b>75</b>
<b>1. RESUMO.....</b>	<b>75</b>
<b>1.2 ABSTRACT .....</b>	<b>76</b>
<b>2. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>77</b>
<b>3. MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>80</b>
<b>3.1. Obtenção dos clones .....</b>	<b>80</b>
<b>3.2. Delineamento Experimental .....</b>	<b>80</b>
<b>3.3. Manejo e condução do experimento. ....</b>	<b>81</b>
<b>3.3.1. Preparo da área .....</b>	<b>81</b>
<b>3.3.2. Tratos culturais.....</b>	<b>82</b>
<b>3.4. Características agronômicas.....</b>	<b>82</b>
<b>3.4.1. Morfologia .....</b>	<b>82</b>

3.4.3. Produção.....	82
3.5. Características de pós-colheita.....	83
3.5.1. Peso do fruto .....	84
3.5.2. Firmeza .....	84
3.5.3. Vitamina C .....	84
3.5.4. Sólidos Solúveis Totais (SST) .....	85
3.5.5. pH e Acidez Titulável (AT).....	85
3.6. Estimação dos coeficientes de repetibilidade e correlações simples.....	85
3.6.1. Estimação dos coeficientes de repetibilidade. ....	86
3.6.1.1. Número de medições.....	88
3.6.2. Estimação dos coeficientes de correlação simples ( $r'$ ).....	89
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	90
5. CONCLUSÕES.....	97
6. REFERÊNCIAS .....	98
<b>CAPÍTULO III: SELEÇÃO DE CLONES DE ACEROLEIRA POR MEIO DAS COMPONENTES PRINCIPAIS E ÍNDICES DE SELEÇÃO. ....</b>	<b>101</b>
1. RESUMO.....	101
1.2 . ABSTRACT .....	102
2. INTRODUÇÃO. ....	103
3.1. Obtenção dos clones .....	107
3.2. Delineamento Experimental .....	107
3.3. Manejo e condução do experimento. ....	108
3.3.1. Preparo da área .....	108
3.3.2. Tratos culturais.....	109
3.4. Características agronômicas.....	109

3.4.1. Morfologia .....	109
3.4.3. Produção.....	109
3.5. Características de pós-colheita.....	110
3.5.1. Peso do fruto .....	111
3.5.2. Firmeza .....	111
3.5.3. Vitamina C .....	111
3.5.4. Sólidos Solúveis Totais (SST) .....	111
3.5.5. pH e Acidez Titulável (AT).....	112
3.6. Análises estatísticas .....	112
3.6. 1. Componentes principais.....	113
3.6.2. Índice de Mulamba & Mock.....	114
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	116
5. CONCLUSÕES.....	126
6. REFERÊNCIAS .....	127

## 1. INTRODUÇÃO GERAL

A aceroleira (*Malpighia emarginata* D. C.) foi introduzida para várias regiões do mundo em função dos elevados teores de vitamina C, estabelecendo-se particularmente em ecossistemas tropicais e subtropicais do continente americano. No Brasil, a cultura foi introduzida nos anos 50, porém só despertou o interesse de produtores e consumidores no final dos anos 80, após divulgação em rede de televisão do seu valor nutricional, principalmente em relação ao conteúdo de vitamina C. Desde então, seus plantios ganharam expressão econômica em virtude do aumento da demanda por acerola no mercado interno e externo. Hoje, a cultura encontra-se difundida praticamente em todo o território nacional, à exceção de regiões de clima subtropical e/ou de altitude, sujeitas a baixas temperaturas.

Quando bem conduzida, a aceroleira é capaz de produzir praticamente o ano todo, principalmente na região Nordeste onde se adaptou muito bem às condições de clima e solo, com destaque para os Estados de Pernambuco e Ceará, que apresentam maiores produções.

Apesar do grande sucesso da cultura, muitos produtores não obtiveram resultados satisfatórios, visto que na época não existiam variedades recomendadas para plantio comercial, nem tecnologias adequadas à cultura. Os pomares eram desuniformes por terem sido formados via semente, de modo desordenado, sem apoio técnico para promover o bom desenvolvimento da cultura, gerando frutos de baixa qualidade e volume de produção muito aquém do esperado. Portanto, os produtores tinham como desafio alcançar maiores produtividades assim como também aumentar a qualidade dos seus frutos colhidos, objetivando aumento da lucratividade. Vale ressaltar que este desafio não era exclusivo dos produtores, mas também dos melhoristas que iniciavam suas pesquisas com aceroleira.

Coube aos melhoristas a responsabilidade de gerar clones e/ou populações com maior uniformidade genética, que produzissem frutos que atendessem à demanda do mercado. Assim, as primeiras ações de melhoramento consistiram em trabalhos de seleção em plantios comerciais, com base nas características agronômicas (porte da planta, tipo de copa e produção), e físico-químicas dos frutos tais como: tamanho, sabor, consistência, coloração e rendimento de polpa (BOSCO *et al.*, 1994; BEZERRA *et al.*, 1994). A seleção com base apenas nessas características ocorreu nos plantios comerciais, devido ao grande número de plantas avaliadas e a dificuldade de efetuarem-se outros tipos de avaliações. Entretanto, quando a avaliação é feita em clones, geralmente nos plantios conduzidos em campos experimentais e com número reduzido de plantas, são ainda consideradas as seguintes

características: peso, tamanho e número de frutos, °Brix, acidez (pH), teor de ácido ascórbico, floração, frutificação, além dos caracteres morfológicos (ALVES e MENEZES, 1994; BEZERRA *et al.*, 1994; PAIVA *et al.*, 1999a).

Diante da demanda por novos clones em regiões com características edafoclimáticas diferentes daquelas onde são obtidos e tendo em vista a necessidade da introdução de materiais superiores, a Embrapa Agroindústria Tropical desenvolveu, nos anos de 1996 a 2007, um programa de melhoramento genético da aceroleira, com o propósito de obter e recomendar clones produtivos para o plantio comercial com frutos de excelente qualidade, como também de evitar a não homogeneização genética dos plantios comerciais. Visando alcançar estes objetivos, em 1996, foram selecionadas 100 plantas matrizes por meio da seleção massal em um pomar da empresa Frutas do Ceará S/A (FRUCESA). A partir dessas matrizes foi iniciado o programa de melhoramento da aceroleira na Embrapa Agroindústria Tropical, o qual foi dividido em melhoramento populacional e clonal, resultando em 2003 no lançamento de quatro clones recomendados para o Estado do Ceará, a seguir: BRS 235 (Apodi), BRS 236 (Cereja), BRS 237 (Roxinha) e BRS 238 (Frutacor).

Outro resultado deste trabalho foi a obtenção de 25 clones de aceroleira que foram instalados no campo experimental da Embrapa Agroindústria Tropical, localizada no município de Paraipaba-Ce, em dezembro de 2002. Estes clones são objetos do presente trabalho e foram avaliados até o ano de 2007 com o objetivo de selecionar clones de aceroleira que possuam, simultaneamente, características agronômicas e de pós-colheita favoráveis, e que atendam às demandas do mercado de frutas no Estado do Ceará, principalmente o mercado de frutas verdes para obtenção de vitamina C. Para tanto foram utilizadas técnicas multivariadas com os objetivos de verificar o comportamento dos clones de aceroleira em um período de cinco anos de avaliação (2003 a 2007), estimar os coeficientes de repetibilidade e de correlação entre as características avaliadas e por fim construir o índice de seleção de Mulamba e Mock (1976) para a eleição dos três melhores genótipos dentro de uma população de 25 clones que possuem simultaneamente atributos agronômicos e de pós-colheita favoráveis.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1. Importância sócio-econômica da acerola

Apesar de ser uma fruta encontrada naturalmente ou cultivada desde as ilhas do Caribe, Norte da América do Sul, América Central e Sul do México, a acerola só despertou interesse após a descoberta do seu alto teor de vitamina C. Professores do Instituto de Bioquímica da Escola de Medicina Tropical, em San Juan (Porto Rico) descobriram em 1946, que os frutos da aceroleira apresentavam um teor de ácido ascórbico muito elevado, variando de 1.000 a 3.300 mg por 100 g de polpa (ASENJO e FREIRE de GUZMAN, 1946). Desde então, a aceroleira passou a ser cultivada comercialmente em alguns países, tais como: Brasil, Porto Rico, Cuba e Estados Unidos (sul da Flórida e no Havá.). Existem registros de produção também na Venezuela, Colômbia, algumas ilhas do Caribe e países asiáticos, como Filipinas e Vietnã (BLISKA e LEITE, 1995).

No Brasil a acerola já era produzida em pomares domésticos no Estado de São Paulo desde 1920. Em 1940, um viveirista produtor de mudas, localizado em Cordeirópolis – SP já oferecia em seu catálogo mudas para a venda (MANICA *et al.* 2003). Todavia, o cultivo somente intensificou-se no período de 1988 a 1992, após a divulgação do elevado teor de vitamina C apresentado pelos frutos, e também pela adaptação da planta aos climas tropical e subtropical, com grande produção de frutos com excelente qualidade (MANICA e CARVALHO, 1995). A partir deste momento, a acerola passou a ser cultivada em quase todas as regiões do Brasil, com destaque para a Região Nordeste com uma área plantada de 7.236,68 ha (IBGE, 2005). Ressalta-se que no ano de 2005, o Estado de Pernambuco se destacou com a maior produção (7.625 t) seguido pelos Estados do Ceará (4.725 t) e São Paulo (3.761 t) (IBGE, 2005).

Em meados da década de 1990 estimou-se que 33% das áreas plantadas no País pertenciam a pequenas produtores (pomares até 5 ha), 43% a médios produtores (5 a 30 ha) e os 24% restantes pertenciam aos grandes produtores (pomares acima de 30 ha) (OLIVEIRA e SOARES FILHO 1998). Estimavam-se ainda que 62% das áreas plantadas com acerola eram formadas por pomares inferiores a 20 ha (BLISKA e LEITE, 1995).

Passada a euforia inicial acerca dos benefícios do cultivo da aceroleira, vários produtores desistiram de investir nesta cultura, visto que as necessidades do mercado nacional e internacional mudaram e a maioria dos produtores não conseguiu adequar-se às novas exigências do mercado consumidor, principalmente relacionadas ao mercado externo, este voltado para a área dos alimentos funcionais.

Com exceção do Estado de Pernambuco, o interesse pela cultura diminuiu de tal maneira que, atualmente, na literatura não se encontram dados atualizados sobre a aceroleira, tais como área plantada e/ou volume de produção. Segundo a Associação de Produtores de Acerola do Estado de Pernambuco, a exportação garantiu bons preços para os agricultores, de forma que, até o ano de 2007 ainda existiam aproximadamente mil (1.000) hectares de aceroleiras plantadas em Pernambuco. Ainda segundo a Associação, somente na região de Petrolina foram produzidas 800, 2.000 e 3.500 t de frutas nos anos de 2005 a 2007, respectivamente (GLOBO RURAL, 2007).

Após sucessivos fracassos de produtores que não tinham como escoar a sua produção e/ou em virtude da grande perecibilidade dos frutos, a maior parte da produção nacional de acerolas passou a vir dos pomares das próprias agroindústrias, com a produção de frutos para consumo “*in natura*” ou processados, tais como: sucos, sorvetes e geléias. Até o ano de 2001, estimou-se que as indústrias processadoras de frutas tropicais processavam no Brasil cerca de 34.000 t de acerola por ano, o equivalente a 7,16% do total de frutas processadas por estas empresas gerando, aproximadamente, 18.000 t de sucos e polpas, especialmente na Região Nordeste (ASTIN e ASPEX, 2001).

Além disso, nos últimos anos os consumidores apresentaram algumas mudanças nos seus hábitos alimentares, tais como: a busca por uma alimentação saudável, balanceada, de preparo rápido e que possa trazer benefícios à saúde. Esse fato reflete diretamente no mercado de acerola, em virtude da mesma possuir um elevado teor de vitamina C, essencial para a qualidade de vida almejada pelos atuais consumidores. Com isso o mercado está voltado, mais fortemente, para o ramo dos alimentos funcionais, tendo o Japão, Estados Unidos e Europa como principais consumidores (COELHO *et al.*, 2003). A fazenda Amway Nutrilite, localizada no município de Ubajara-CE, é um bom exemplo de agroindústria que investe neste ramo de alimentos funcionais. Em 2005 a fazenda adquiriu um equipamento para extração de vitamina C dos frutos verdes produzidos na própria fazenda. O equipamento tem capacidade para transformar 8 a 9 t de polpa concentrada de acerola em 2,7 t de vitamina C em pó. A fazenda possui 100 mil pés de aceroleira representados pelos quatro clones recomendados pela Embrapa Agroindústria Tropical (GAZETA MERCANTIL, 2005).

Toda a produção da Nutrilite é exportada na forma de concentrado. Os Estados Unidos absorvem 95% deste total, utilizando-os para a área da saúde, sendo processados em 45 tipos de produtos. O concentrado é transformado em pastilhas, fibras e em outros complexos vitamínicos da linha de suplementos alimentares, comercializados pela Amway em todo o mundo. A Europa fica com os demais 5%, volume destinado ao segmento de sucos, geléias e energéticos que utilizam a vitamina C natural (GAZETA MERCANTIL, 2005).

Neste contexto, a aceroleira ainda constitui-se em uma boa fonte de emprego e renda uma vez que a cultura da acerola exige mão-de-obra intensiva, principalmente nas etapas de colheita e classificação das frutas, além de garantir emprego durante o ano todo, já que sob condições irrigadas a cultura pode produzir quase que sem interrupção, com exceção de alguns períodos de repouso.

### **2.1.2. Potencial antioxidante dos frutos da aceroleira**

A preocupação com a saúde e o corpo, aliada ao ritmo de vida intenso da sociedade contemporânea, provocou mudanças no hábito alimentar do homem de tal maneira que as pessoas passaram a preferir uma alimentação balanceada, mais saudável e de preparo rápido e que provoque benefícios à saúde. Nesse contexto, as frutas têm conquistado espaço tanto no mercado interno como no externo (LOPES e PAIVA, 2002). Segundo Staner *et al.* (2004), estes benefícios estão associados, principalmente, ao consumo de frutas e hortaliças, ricas em compostos antioxidantes. O “World Cancer Research Fund and American Institute for Cancer Research” sugere que o consumo de 5 a 9 porções diárias destes alimentos são responsáveis pelo decréscimo de 14% do risco de desenvolvimento de câncer (World Cancer Research Fund, 1997).

Os antioxidantes são substâncias que retardam a velocidade da oxidação, através de um ou mais mecanismos, tais como inibição de radicais livres e complexação de metais (PIETTA, 2000). Compostos antioxidantes estão naturalmente presentes em frutas, sendo que algumas apresentam altas concentrações de determinados grupos, como por exemplo, o ácido ascórbico que está presente em grandes quantidades nos frutos da aceroleira (HARBORNE *et al.*, 2000; ARABBI *et al.*, 2004). Essas substâncias podem servir como agentes preventivos, diminuindo a toxicidade causada por muitas drogas (JODYNIS-LIEBERT *et al.*, 2005). Como exemplo de antioxidantes naturais podemos citar o ácido ascórbico, vitamina E e  $\beta$ -caroteno (RICE-EVANS *et al.*, 1996). Os compostos fenólicos também são potentes antioxidantes,



podendo agir como redutores de oxigênio, atuando nas reações de oxidação lipídica, assim como na quelatação de metais (SATUÉ-GARCIA *et al.*, 1997; HOPIA *et al.*, 1999).

O ácido ascórbico ou ascorbato (em pH celular) é a forma biologicamente ativa da vitamina C e é reversivelmente oxidado à forma de ácido L-dehidroascórbico, que também exibe atividade biológica (DAVEY *et al.*, 2000; DEUTSCH, 2000). Entre os antioxidantes hidrossolúveis, a vitamina C, apresenta papel central na defesa contra os danos celulares causados por radicais livres (CHAN, 1993). Além disso, é uma das mais importantes vitaminas para nutrição, visto que o homem não é capaz de sintetizá-la em seu organismo. Esta vitamina pode ser obtida naturalmente pelas hortaliças e frutas, principalmente as cítricas como a laranja e muitos frutos tropicais (HERNANDEZ *et al.*, 2006), dentre os quais a acerola, que se destaca devido ao elevado teor de vitamina C, visto que em algumas variedades o conteúdo chega a ser de até 5.000 mg por 100 g de polpa. Este valor é 100 vezes maior que o da laranja e o do limão, 20 vezes maior que o da goiaba e 10 vezes maior que o do caju e a amora, de maneira que quatro unidades da fruta por dia podem suprir todas as necessidades diárias de vitamina C em uma pessoa adulta saudável (NAKAZONE; *et al.*, 1996; VENDRAMINI e TRUGO, 2000; DAVEY *et al.*, 2000).

Estas características despertaram, nos últimos anos, o interesse tanto de pesquisadores como de consumidores, no estudo dos frutos da aceroleira que são considerados alimentos funcionais e uma das mais importantes fontes naturais de vitamina C, além do seu conteúdo diferenciado de carotenóides e fenólicos totais (LIMA *et al.*, 2005). Vale ressaltar que além da vitamina C a acerola possui também elevados teores de vitamina B1 (tiamina), B2 (riboflavina), B3 (niacina) e sais minerais como cálcio, fósforo e ferro. Em virtude dos atributos desta fruta, a acerola destaca-se, entre as frutas tropicais, com grande potencial econômico e nutricional (VENDRAMINI e TRUGO, 2000; ASSIS *et al.*, 2001; ALVES *et al.*, 2005), sendo considerada adequada para a prevenção de enfermidades relacionadas com a idade, tais como hipertensão, diferentes tipos de câncer arteriosclerose e infarto do miocárdio (HWANG *et al.*, 2000; NAGAMINE *et al.*, 2002; SHANAFELT *et al.*, 2006).

## **2.2. Origem, taxionomia e dispersão.**

Até o momento é incerto o local exato de origem da aceroleira, todavia sabe-se que esta planta é originária da América Tropical, uma vez que é encontrada naturalmente nas

regiões do sul do México, América Central e Norte da América do Sul (ALVES e MENEZES, 1995). Alguns autores também descrevem a existência de plantas da mesma espécie da aceroleira, nas regiões citadas, cultivadas como plantas ornamentais, todavia poucas delas são exploradas como fruteiras.

A aceroleira faz parte da família Malpighiaceae, que compreende cerca de 60 gêneros, com mais de 1.100 espécies de árvores, arbustos e trepadeiras. É considerada como o único gênero dentro da família Malpighiaceae que produz frutos comestíveis. De acordo com o International Board for Plant Genetic Resources (IBPGR), a aceroleira é pertencente à espécie *Malpighia emarginata* D. C (IBPGR, 1986).

Segundo Couceiro (1985), a dispersão inicial da acerola foi feita pelos nativos da América Central, estes se alimentavam dessa fruta e as transportavam em suas expedições, disseminando suas sementes pelas ilhas por onde passavam. Conforme os relatos de Simão (1971), a chegada da acerola na América do Norte deu-se por volta de 1903 na Flórida, através de materiais provenientes de Cuba.

Oficialmente esta planta foi introduzida no Brasil, em 1955 na cidade de Recife-PE, através da Universidade Federal Rural de Pernambuco (COUCEIRO, 1985). Contudo, a acerola já era encontrada em pequenos pomares no Estado de São Paulo desde 1920 (MARIO NETO, 1986).

### **2.3. Morfologia**

A aceroleira é um arbusto pequeno com tronco único, freqüentemente ramificado, em plantios comerciais é mantida com altura de 1,3 m a 3,2 m, formando uma copa densa, constituída de numerosos ramos lenhosos espalhados e normalmente curvados para baixo. Quando as plantas são cultivadas livremente podem alcançar de 6 a 9 metros de altura (MANICA, 2003). Possui raiz pivotante, folhagem persistente com folhas opostas e de pecíolo curto; flores hermafroditas, de cor rosa a lilás; inflorescência apresentando de 2 a 4 flores em média, podendo variar de 1 a 6. A flor é pequena, diclamídea, pedunculada, com 1 a 2 cm de diâmetro. Os verticilos florais são dispostos em círculos concêntricos. O cálice possui de 6 a 10 pétalas sésseis de coloração verde, persistente. A corola possui cinco pétalas livres dentadas ou franjadas. Na antese apresenta, em média, 13 a 17 mm de diâmetro, podendo variar de 10 a 20 mm. O androceu possui 10 estames, todos encimados por anteras com duas tecas, filetes glabros, unidos na base. O gineceu é composto por um ovário globular súpero,

estilos truncados ou obtusos, no ápice ou unicado, estilos laterais grossos, levemente curvados, com 3 mm em média, mas podendo variar de 2,5 a 4 mm (MARIO NETO, 1986; ALVES 1992; GONZAGA NETO e SOARES, 1994; SIMÃO, 1998).

O fruto é uma drupa trilobada, de forma bastante variável, geralmente ovóide achatada, com 1 a 3,0 cm de diâmetro, e coloração variando de amarelo ao vermelho escuro; a polpa possui cor alaranjada, é macia e succulenta, epicarpo fino e delicado, mesocarpo com células grandes e succulentas; o endocarpo é constituído de três caroços duros, contendo ou não uma semente no seu interior, cada um é formado por células alongadas e lignificadas de fibras vasculares adjacentes, com peso variando de 3 a 16 g. Apresenta mesocarpo succulento, cuja coloração varia de amarelo-avermelhados a vermelho-alaranjada ou vermelho púrpura (MARIO NETO, 1986; ALVES 1992; GONZAGA NETO e SOARES, 1994; SIMÃO, 1998; CORDEIRO, 2000; LOPES e PAIVA, 2002).

### **2.3.1. Floração e formação dos frutos**

As inflorescências e as flores de aceroleira podem tanto se originar nas axilas das folhas dos ramos maduros em crescimento, como também nas axilas das folhas do ramo recém-brotado, onde crescem isoladas ou em cachos de dois ou mais frutos. As inflorescências podem apresentar coloração rosa, rosa - esbranquiçada, violeta esbranquiçada a vermelha, as quais estão dispostas em cimeiras axilares (inflorescências com ramificação sempre terminal que acabam sempre em uma flor e com número definido de ramos), são pedunculadas. Os racimos (cachos) em forma de umbela (numerosas flores pedunculadas) se inserem na mesma altura do ramo principal. As flores da aceroleira são hermafroditas ou perfeitas e podem apresentar de 1,5 cm a 2,5 cm de comprimento. Segundo Gomes *et al.* (2001) as flores desenvolvem-se nos ramos do ano anterior e do mesmo ano, nas ramificações periféricas e internas da planta, decorrendo-se de 6 a 7 dias desde o aparecimento do botão floral até a antese.

Pode-se observar que logo após um período de crescimento vegetativo a aceroleira entra em produção, nesta fase de desenvolvimento é produzida uma grande quantidade de flores. Contudo, em uma mesma planta, é possível, comumente, se encontrar flores e frutos em vários estágios de desenvolvimento. Esta característica pode ser potencializada com o uso da irrigação. A planta, quando originada de propagação vegetativa, desde que seja adubada e irrigada corretamente, pode iniciar o seu florescimento depois de 5 a

7 meses do plantio no campo (MANICA, 2003). O período da antese até o amadurecimento do fruto varia de 21 a 32 dias.

Vale salientar que, apesar da floração em abundância, o índice de estabelecimento dos frutos é muito pequeno, provavelmente em função de alguns fatores tais como a baixa eficiência da polinização aberta e baixa quantidade de pólen viável, a vários tipos de incompatibilidade (CORDEIRO, 2000).

Em relação ao período de frutificação, verifica-se ao longo do ano a existência de quatro a sete picos, espaçados por pequenos períodos vegetativos (LOPES e PAIVA, 2002). Segundo Manica (2003), a planta tem a capacidade de formar de 2 a 4 safras em clima subtropical, e de 3 a 6 safras em clima tropical.

No que diz respeito à forma de reprodução da aceroleira, ainda não foi definido claramente se a espécie é autógama, alógama, ou autógama com alta taxa de alogamia (BOSCO *et al.* 1995). Embora a flor da aceroleira apresente algumas características de espécies autógamas como, por exemplo: flor completa, amadurecimento simultâneo do androceu e gineceu, além de ser comum a produção de frutos em plantas isoladas, alguns fatores sugerem que ela não seja predominantemente autógama, como por exemplo, a grande variabilidade fenotípica encontrada em pomares comerciais estabelecidos por mudas obtidas por sementes, o que sugere a ocorrência de segregação e recombinação gênica. Yamane e Nakazone (1961), avaliando a taxa de frutificação em sete clones de aceroleira em regime de polinização aberta no Haváí, verificaram uma variação de 1,13% a 11,58%. Este fato levou os autores a sugerirem a existência de uma considerável variabilidade genética na taxa de frutificação dos clones avaliados, o que é um provável indício da existência de polinização cruzada entre as aceroleiras.

Outro fator é a baixa ou nula fixação de frutos observada em condições experimentais a partir da autopolinização manual de botões protegidos, sendo esta inferior à fixação de frutos observada a partir da polinização natural e da polinização cruzada manual (LOPES, 2000). Contudo, Gomes *et al.* (2001), observaram que a presença de ovário súpero e flor monóclina sugerem certa taxa de autofecundação, desde que não ocorra auto-incompatibilidade.

## **2.4. Melhoramento genético da aceroleira**

Inicialmente os programas de melhoramento da aceroleira eram realizados com base na seleção de variedades destinadas para porta-enxerto e outras para copa (LOPES e

PAIVA, 2002). Contudo, esses programas estavam fora do foco do que realmente interessava aos produtores, ou seja, seleção de variedades altamente produtivas, resistentes a pragas e doenças, com conformação de copa adequada ao pomar doméstico ou industrial, com frutos de ótima qualidade, de sabor doce, suave e agradável, quando destinadas para o consumo “*in natura*”, e quando destinados à indústria, frutos com maior conteúdo de ácido ascórbico e, conseqüentemente, mais ácidos.

Para atender o real interesse do mercado os programas de melhoramento da aceroleira passaram a se dividir em melhoramento populacional e clonal. Ou seja, buscam a obtenção, tanto de variedades como de clones, apresentando cada seguimento objetivos distintos (PAIVA, 2003). Passou-se a selecionar variedades destinadas à produção de frutos de mesa e variedades para a indústria.

Os frutos destinados para a mesa devem ser doces e apresentar sabor agradável (PAIVA, 2003). As variedades doces são caracterizadas por produzirem frutos com valores elevados de Sólidos Solúveis Totais (SST), iguais ou superiores a 11 °Brix, e valores de Acidez titulável (AT) iguais ou inferiores a 1% de ácido málico (LASKOSWSKI e BAUTISTA, 1998). As variedades ácidas por sua vez produzem frutos com valores baixos de SST, elevada AT e um elevado teor de vitamina C. Por esses motivos apresentam um sabor azedo e são destinadas às indústrias. Existem também as variedades semi-doce com valores intermediários de AT e SST, sendo, portanto, destinadas para ambas as finalidades (MELO 2004).

No exterior algumas pesquisas de melhoramento foram realizadas no Havaí caracterizadas pela seleção realizada em aceroleiras provenientes de Porto Rico, tinha o objetivo de aumentar consideravelmente o teor de ácido ascórbico dos frutos. Os pesquisadores dividiram os acessos em dois tipos: azedos (ácidos) e doces. Dessa maneira foram selecionados os seguintes clones do tipo doce: 4-43 (Manoa Sweet); 9-68 (Tropica Ruby) e 8E-32 (Hawaiiina Queen). O tipo azedo (ácido) é formado pelos clones 3B-21 (J. H. Beaumont), 22-40 (C. F. Rehnborg) e 8A-8 (F. Haley) (PAIVA, 2003).

#### **2.4.1. Melhoramento genético da acerola no Brasil**

No Brasil os trabalhos de melhoramento buscam materiais promissores a partir da seleção em plantios comerciais, uma vez observada a existência de grande variabilidade genética, pois a maioria dos pomares foi formada através de mudas oriundas de propagação sexuada (PAIVA, 2003). A maioria das variedades selecionadas ou introduzidas em plantios

comerciais foi difundida regionalmente como, por exemplo: COOPAMA-1, Okinawa, Inada, Flor Branca, Barbados, Mineira, Monami e CAMTA 40.2.

A Empresa Pernambucana de Pesquisa Agropecuária (IPA) iniciou em 1991, um trabalho de coleta de germoplasma de acerola no Estado de Pernambuco, a partir do qual foram obtidos 14 clones (BEZERRA *et al.* 1994). Dentre esses, os acessos mais promissores, com base em avaliações preliminares de produção e características físico-químicas, foram o IPA-2 e IPA-3 que, além de apresentarem boa produção de frutos, também possuem um alto conteúdo de ácido ascórbico e um razoável peso médio de frutos (PAIVA, 2003).

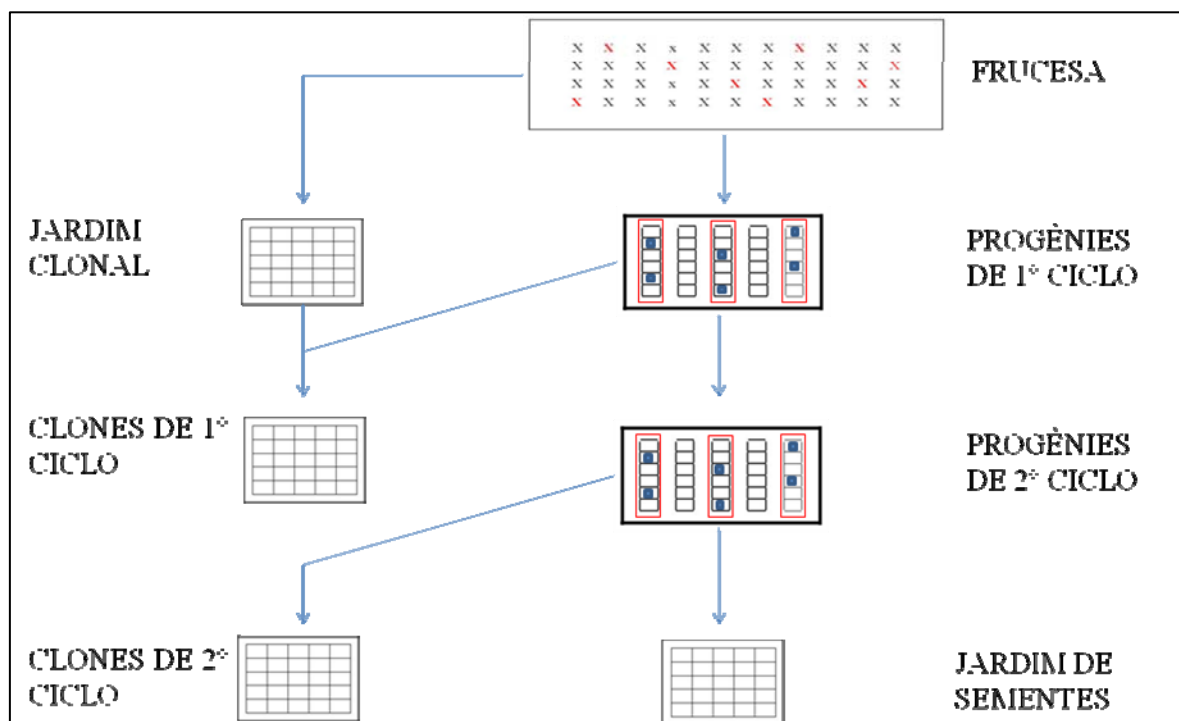
No Estado de Pernambuco as pesquisas realizadas, desde 1992, pela Embrapa Semi-Árido acabaram selecionando duas variedades com bom potencial para cultivo, a CPATSA 9.1 e a CPATSA 4.3. Esta última foi lançada no mercado para plantio comercial com a denominação de “Sertaneja BRS”, pois durante o período de avaliação (1992 a 1995) apresentou uma produção média de 130 kg/planta/ano; peso médio do fruto de 5,12 g; conteúdo de ácido ascórbico de 2.000 mg/100g de polpa; sólidos solúveis totais de 5,9%; acidez titulável de 1,87% e polpa de cor laranja (PAIVA, 2003).

Em Cruz das Almas - BA, a Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical desenvolveu um trabalho de avaliação de 154 acessos que constavam no seu banco de germoplasma. Desses, 20 foram caracterizados de maneira mais ampla, considerando 20 descritores (OLIVEIRA *et al.* 1995). Esses acessos caracterizados apresentaram sete materiais que se destacaram, dadas algumas características de interesse como conformação de copa globular, ramificação intermediária, coloração de casca e da polpa vermelhas. São eles: CMF005; CMF008; CMF010; CMF012; CMF017; CMF019 e CMF024.

O Estado do Paraná, através da Universidade Estadual de Londrina – UEL, lançou três novas variedades (Dominga, Lígia e Natália) após cinco ciclos de seleção onde se considerou a precocidade, produtividade, conteúdo de vitamina C dos frutos, tolerância a pragas e doenças, tamanho e aspecto dos frutos (PÍPOLO *et al.* 1998).

Em 1996, o Centro Nacional de Pesquisa da Agroindústria Tropical, Embrapa (EMBRAPA-CNPAT) iniciou o programa de melhoramento da aceroleira no Estado do Ceará a partir de uma seleção realizada em um pomar formado por mudas de origem sexuada provenientes do Estado de Pernambuco, de propriedade da Empresa Frutas do Ceará S/A (FRUCESA), localizada no município de Jaguaruana - CE. Segundo Paiva *et al.* (1999a), nesse pomar foi conduzida uma seleção massal de aceroleiras, que consistiu em avaliar um grande número de plantas através de características de fácil mensuração, com a finalidade de

selecionar plantas matrizes superiores, que posteriormente poderiam gerar clones que atendessem à demanda dos produtores (Figura 1)



**Figura 1.** Esquema do programa de melhoramento da acerola no Estado do Ceará desenvolvido pela Embrapa–CNPAT, nos anos de 1996 a 2007.

A Embrapa Agroindústria Tropical desenvolveu o programa de melhoramento genético da acerola seguindo duas linhas simultâneas de pesquisa: o melhoramento populacional e o melhoramento clonal (PAIVA, 2003).

O melhoramento populacional é caracterizado pela seleção de plantas em teste de progênies com a obtenção de resultados em longo prazo, frutos com características menos uniformes e tendências dos plantios a se tornarem menos vulneráveis ao ataque de pragas e doenças, devido a porção da variabilidade genética mantida na população. A outra linha de pesquisa consistiu na seleção de clones em experimentos de competição de clones (melhoramento clonal) com resultados obtidos a curto e médio prazo, porém com tendências de uniformização genética dos plantios comerciais, produção de frutos com características mais uniformes (quantitativa e qualitativa) e maior vulnerabilidade do plantio ao ataque de pragas e doenças devido a redução da variabilidade genética da população.

O melhoramento populacional seria utilizado como antecipação a problemas futuros tais como, a maior vulnerabilidade dos clones a pragas e doenças e/ou mudanças no ambiente, pois a uniformidade genética dos cultivos pode ter conseqüências desastrosas.

Ressalta-se que ao mesmo tempo em que o melhorista deve se preocupar com a geração de clones ou populações com uma maior uniformidade genética no intuito de conseguir maior produtividade e qualidade dos frutos, ele também deve estar consciente e, portanto, preocupado, em tornar os materiais genéticos menos vulneráveis à problemas futuros relacionados à menor variabilidade genética dos materiais que são muito uniformes e conseqüentemente mais vulneráveis .

Essa estratégia de melhoramento resultaria na obtenção, a médio e longo prazo, de novas combinações genéticas favoráveis de sementes melhoradas de aceroleira para o plantio comercial. Possivelmente, ocorreria redução na produtividade em relação ao plantio de clones, mas com a possibilidade de redução dos problemas fitossanitários (PAIVA *et al.* 1999b).

O melhoramento clonal por sua vez apresenta a vantagem de dar resultados rápidos, sendo dessa forma, uma boa alternativa para atender às demandas imediatas do setor produtivo. Diferentemente da outra linha onde a obtenção de resultados ocorre de médio a longo prazo.

Sendo assim, a Embrapa-CNPAT desenvolveu, durante oito anos, o programa de melhoramento da aceroleira para o Estado do Ceará cujo objetivo era aumentar a produtividade e melhorar a qualidade dos frutos, principalmente em relação ao conteúdo de vitamina C. As primeiras ações se caracterizaram pela seleção em plantios comerciais e culminaram com o lançamento comercial de quatro clones para o Estado.

#### **2.4.1.1. Melhoramento Populacional realizado na Embrapa – CNPAT.**

A maioria dos plantios comerciais, por terem sido formados via semente, apresentam grande variabilidade genética. Assim, os pomares comerciais constituem-se em grandes populações segregantes, a partir das quais podem ser selecionados genótipos de interesse para fins de clonagem ou para obtenção de sementes melhoradas (LOPES e PAIVA, 2002).

O programa de melhoramento populacional da acerola no Ceará foi iniciado a partir do trabalho realizado na Empresa Frutas do Ceará S/A (FRUCESA), localizada no município de Jaguaruana - CE. A empresa possuía uma área de 100 ha cultivada com aceroleiras, dividida em 16 talhões de aproximadamente 6,4 ha cada. O pomar apresentava uma grande variabilidade fenotípica, uma vez que foi formado através de sementes introduzidas de plantios comerciais existentes no Estado de Pernambuco.



Foram observadas aproximadamente 42 mil plantas em uma área de aproximadamente 83 ha, para a realização da seleção fenotípica individual, com uma intensidade de 0,24%, de acordo com critérios pré-estabelecidos, identificando-se assim 100 plantas matrizes de onde foram coletadas estacas e sementes. As sementes foram utilizadas para a instalação de experimentos com progênies, de primeiro e segundo ciclo (retiradas das progênies selecionadas no 1º ciclo), no campo experimental da Embrapa-CNPAT, localizada no município de Pacajus-CE (PAIVA *et al.* 1996). As estacas coletadas formaram um jardim clonal no Campo Experimental de Pacajus de onde foram obtidos materiais para a instalação de experimentos com competição de clones em áreas de produtor, localizadas em diferentes regiões do Ceará.

De acordo com Paiva *et al.* (1999a), a seleção priorizou as plantas que apresentavam frutos com coloração vermelho-cereja de tamanho médio (com peso variando entre 6 g a 9 g) e com sabor semi-ácido, plantas com frutos de consistência média, com copa tipo guarda-chuva e baixa pilosidade nas folhas. A estratégia da seleção baseou-se no fato de ser possível conseguir ganhos indiretos na produção e na qualidade dos frutos, ao selecionar plantas com características de fácil mensuração, porém, correlacionadas com aquelas (PAIVA *et al.* 1999a). Ainda segundo os autores, observou-se que entre as plantas selecionadas, houve um percentual expressivo de plantas com características desejáveis tais como: plantas com frutos de tamanho grande (34,3%); conformação da copa tipo guarda-chuva (38%); frutos com coloração vermelho-púrpura (14,3%), consistência firme (25,2%), sabor ácido (33,3%), doce (7,1%) e ausência de pilosidade das folhas (3%).

#### **a) Progênies de primeiro ciclo de seleção**

No ano de 1996, foram colhidas sementes das plantas selecionadas no pomar da FRUCESA, para a instalação de um experimento com progênies de polinização livre no Campo Experimental de Pacajus. O experimento ocupou uma área de 0,9 ha, sob um delineamento de blocos ao acaso com 62 tratamentos (progênies), quatro plantas por parcela em três repetições, espaçamento de 4 m entre linhas e 3 m entre plantas. Tanto nas plantas parentais selecionadas como nas suas respectivas progênies foram coletadas amostras de frutos para a avaliação do conteúdo de vitamina C, acidez titulável, pH e teor de sólidos solúveis totais (SST). Moura *et al.* (1997) realizaram uma avaliação preliminar nas plantas parentais e verificaram que apenas 9% daquelas plantas selecionadas apresentavam um teor de vitamina C acima de 1.500 mg/100g de polpa. Por outro lado, uma amostra de 51 plantas

das progênies da primeira geração apresentou uma frequência de 41% de plantas com teor de vitamina C acima de 1.500 mg/100g de polpa (PAIVA *et al.* 1998).

Paiva *et al.* (1999c) citam que, para todas as características, os valores encontrados na geração parental foram inferiores aos apresentados pela população filial, principalmente em relação ao conteúdo de vitamina C com uma variação de 468 mg a 2.494 mg por 100 g de polpa.

Durante os anos de 1997 a 1999, foram avaliadas características agronômicas e de pós-colheita das progênies, as quais consistiram na mensuração anual da altura da planta, diâmetro de caule, diâmetro da copa e produção, esta última somente no período de julho de 1998 a julho de 1999, onde foi quantificada mensalmente a produção individual de cada planta (CORDEIRO, 2000). Além disso, em cada progênie foram selecionadas ao acaso 6 de suas 12 plantas para a análise das características físico-químicas dos seus frutos (peso médio do fruto, pH, AT, °Brix e vitamina C). O autor observou que mais de 50% das progênies apresentaram conteúdo de vitamina C entre 1.500 a 2.718 mg/100g de polpa. No que diz respeito à morfologia as progênies apresentaram uma grande amplitude de variação tanto em altura (0,35 a 3,50 m) como em diâmetro de copa (0,80 a 5,80 m). Nessas avaliações constatou-se, no terceiro ano de idade das progênies, uma grande frequência de plantas com altura igual ou inferior ao ano anterior. Com relação à produtividade, Cordeiro (2000) estimou uma produção de 61,2 kg/planta/ano.

Com base nas avaliações realizadas neste primeiro ciclo foram identificados e selecionados 76 genótipos superiores. As plantas não selecionadas foram eliminadas para facilitar a recombinação natural pelos agentes polinizadores dos genótipos superiores selecionados. Em seguida foram coletados separadamente por planta, frutos visando à abertura de progênies de segundo ciclo.

## **b) Progênies de segundo ciclo de seleção**

Com as sementes coletadas nas progênies selecionadas no primeiro ciclo foi instalado em agosto de 2000, no Campo Experimental de Pacajus – CE, o experimento de avaliação de progênies de segundo ciclo de seleção. Este foi instalado sob delineamento de látice simples 6 x 6, composto de 64 tratamentos (progênies), duas repetições, com nove plantas por parcela em um espaçamento de 4 m entre linhas e 3 m entre plantas. Nestas progênies procederam-se as avaliações agronômicas das plantas e de pós-colheita dos seus frutos. Cordeiro (2005) constatou valores satisfatórios de vitamina C que variaram de 2.084,6 a

3.421,1 mg/100g de polpa. No que diz respeito à morfologia, as progênies, em comparação com as plantas do primeiro ciclo, apresentaram tendência para um menor porte com amplitude de variação de 0,40 a 3,00 e 0,70 a 5,40 m, respectivamente para altura e diâmetro de copa. No que se refere à produção, Cordeiro (2005) observou uma amplitude de variação de 0,00 a 12,43 kg/planta/ano.

Com base nos dados preliminares de produção dos frutos obtidos a partir das avaliações realizadas, associado à seleção fenotípicas de plantas individuais, onde observou-se a conformação da copa, altura e estado fitossanitário da planta foi possível selecionar 25 genótipos que, posteriormente, foram utilizados na etapa seguinte do programa de melhoramento da aceroleira (melhoramento clonal). Vale salientar que, este experimento foi finalizado em 2002, gerando os clones utilizados neste trabalho e um jardim de sementes no Campo Experimental de Pacajus-CE.

O jardim de sementes é uma alternativa para dar continuidade ao programa de melhoramento populacional da acerola, caso haja uma demanda futura, além de ser uma fonte de sementes melhoradas.

#### **2.4.1.2. Melhoramento Clonal realizado na Embrapa – CNPAT.**

##### **a) Clones da geração zero – plantio comercial**

O melhoramento clonal foi iniciado simultaneamente com o melhoramento populacional após a seleção das matrizes no plantio comercial da FRUCESA (Figura 1.), de onde foram coletadas estacas para a formação de um jardim clonal de aceroleiras no Campo Experimental de Pacajus-CE. O jardim clonal tinha a meta de fornecer materiais para instalação de dois experimentos de competição de clones em área de produtor na tentativa de se obter de maneira rápida materiais melhorados de modo a atender à demanda que existia na época.

O primeiro experimento de competição de clones foi instalado, em outubro de 1996, na área da Empresa Frutas do Nordeste Ltda (FRUNORTE), localizada no Vale do Assú - RN, com as seguintes características: delineamento de blocos ao acaso com 45 tratamentos (clones), 4 repetições, 5 plantas por parcela, no espaçamento de 4 m entre linhas e 4 m entre plantas. Em dezembro do mesmo ano, foi instalado outro experimento de competição de clones, em área de pequeno produtor localizada no município de Fortim/CE. O experimento possuía as seguintes características: delineamento de blocos ao acaso com 14

tratamentos (clones), 5 repetições e 3 plantas por parcela (PAIVA et al. 1999b). Contudo, em função de alguns problemas observados nestas áreas, estes dois experimentos fracassaram.

#### **b) Clones de primeira geração.**

Em 1999, foi instalado na fazenda FRUTACOR, no município de Limoeiro do Norte-CE, um experimento de competição de clones a partir da clonagem dos materiais selecionados no experimento com progênies de primeiro ciclo. O experimento apresentava as seguintes características: 45 tratamentos (clones), 3 repetições, 5 plantas por parcela, espaçamento de 5 m entre linhas por 4 m entre plantas.

Segundo Paiva *et al.* (2003) os clones foram avaliados com base no desempenho das características morfológicas da planta, produção e físico-química dos frutos. Como resultados foram selecionados e recomendados para o plantio comercial os clones: BRS 235 (Apodi), BRS 236 (Cereja), BRS 237 (Roxinha) e BRS 238 (Frutacor), pois apresentaram bom potencial de uso visto que possuíam elevados valores de vitamina C (1.193,9 a 1.854,9 mg/100g de polpa), porte baixo, com médias de altura de planta e diâmetro de copa variando de 1,61 a 1,91 m e 2,19 a 4,14 m, respectivamente, e produção variando de 1,98 a 2,53 kg/planta/colheita.

#### **c) Clones de segunda geração.**

Outro resultado deste trabalho foi a seleção de 25 clones de aceroleira, realizada por Melo (2004), os clones selecionados foram instalados no campo experimental da Embrapa Agroindústria Tropical, localizada no município de Paraipaba-CE, em dezembro de 2002. Cunha Neto (2006), ao avaliar as características agrônômicas e de pós-colheita destes genótipos concluiu que entre os materiais estudados, alguns clones apresentavam potencial para serem selecionados e lançados em plantio comercial como os clones 87/11 (7), 63/2 (2) e 79/10 (9). Este último merece destaque como um dos mais produtivos, com maior peso médio de fruto e maior conteúdo de vitamina C. Ainda segundo o autor os clones de aceroleira originados de segundo ciclo de seleção apresentam reduzida variabilidade genética para a característica de altura e diâmetro de copa, demonstrando a eficiência do método de seleção entre e dentro de progênies.

## **2.5. Técnicas multivariadas utilizadas no melhoramento de plantas.**

A presença de variabilidade genética é uma condição fundamental para o sucesso dos programas de melhoramento com vistas à seleção de genótipos que reúnam uma série de atributos favoráveis. Além do mais, na utilização de diferentes métodos de seleção outros fatores de igual importância também devem ser levados em consideração para que o processo de seleção obtenha sucesso, tais como: a precisão nas avaliações dos genótipos, a correta interpretação dos efeitos do ambiente, as interações genótipos x locais e genótipos x anos, a identificação de efeitos pleiotrópicos, correlações genéticas e as correlações fenotípicas entre caracteres. Assim como o tipo de ação gênica envolvida e a precisão experimental, também são fatores cruciais para obtenção de sucesso na busca por aumentos nas frequências gênicas das populações (PATERNIANI e MIRANDA FILHO; VENCOVSKY 1987).

Diante deste cenário o melhorista deve utilizar um pacote de ferramentas encontradas na genética quantitativa de modo a identificar e selecionar, em um programa de melhoramento, os genótipos que realmente apresentam uma superioridade genética. Como exemplos de ferramentas utilizadas podemos citar: análise de variância simples e análise de variância subdividida no tempo, estimação dos coeficiente de repetibilidade por diferentes métodos, estimação das correlações entre caracteres e construção de índices de seleção.

### **a) Análise de variância simples e subdividida no tempo.**

Em qualquer programa de melhoramento genético a análise de variância simples faz-se presente como a primeira ferramenta a ser utilizada pelo pesquisador, uma vez que permite avaliar, em vários ambientes ou períodos de tempo, a existência de variabilidade genética entre diferentes indivíduos estudados em experimentos de progênies e/ou competição de clones. Este tipo de análise permite também verificar a precisão relativa de cada experimento e a homogeneidade das variâncias residuais. Desta maneira possibilitam uma avaliação da magnitude da variabilidade genética e também as discrepâncias residuais em cada ambiente (CRUZ *et al.*, 2004).

A análise de variância subdividida no tempo, por sua vez, permite verificar a existência ou não da interação genótipo x ambiente, quando existente, o melhorista pode identificar se um determinado genótipo pode ter seu desempenho influenciado pelo ambiente. Este tipo de interação tem influência sobre o ganho por seleção, dificultando a recomendação de cultivares com ampla adaptação a diferentes ambientes. Diante da importância desta

interação o melhorista pode utilizar –se da análise de variância subdividida no tempo para avaliar a magnitude e a significância da interação genótipo x ambiente, bem como quantificar seus efeitos sobre as técnicas de melhoramento, além de fornecer suporte para o seu aproveitamento e/ou sua minimização (CRUZ *et al.*, 2004).

#### **b) Coeficientes de repetibilidade.**

A estimativa do coeficiente de repetibilidade permite ao melhorista prever qual o número necessário de avaliações para se detectar a superioridade de genótipos. No melhoramento de plantas perenes como a pupunheira (FARIAS NETO *et al.*, 2001), aceroleira (LOPES *et al.*, 2001), cacauzeiro (RESENDE e DIAS, 2000), videira (SATO *et al.*, 2000), erva-mate (RESENDE e SILVA, 1991) e seringueira (GONÇALVES *et al.*, 1990), a realização dessas medidas é uma prática comum, contudo, na maioria dos casos são necessários longos períodos de tempo, aumentando os custos com mão-de-obra para realização dos trabalhos de melhoramento.

Segundo Lopes *et al.* (2001), o conhecimento do coeficiente de repetibilidade das características de interesse permite avaliar o dispêndio de tempo e mão-de-obra necessários, para que a seleção de indivíduos geneticamente superiores seja feita com a precisão desejada pelo pesquisador, uma vez que mede a capacidade dos organismos em repetir a expressão do caráter ao longo de vários períodos de tempo ou espaço, no decorrer de suas vidas, permitindo ao pesquisador determinar o número de safras a serem adotadas em um programa eficiente de melhoramento genético (RESENDE, 2000). Cruz e Regazzi (1997) citam que a repetibilidade expressa à proporção da variância total que é explicada pelas variações proporcionadas pelos genótipos e pelas alterações permanentes atribuídas ao ambiente comum. Ressalta-se que através do seu estudo é possível estimar o número de medições necessárias para predizer o valor real de um genótipo.

Valores altos da estimativa do coeficiente de repetibilidade do caráter avaliado indicam que é possível predizer o valor real dos indivíduos com um número relativamente pequeno de medições e que, com o aumento do número de medidas repetidas, haverá pouco ganho em precisão (FALCONER, 1987). De acordo com o autor, o coeficiente de repetibilidade representa o limite superior do coeficiente de herdabilidade ( $h^2$ ) e permite estimar quantas observações fenotípicas devem ser feitas em cada indivíduo para que a seleção seja realizada com eficiência e com o mínimo de trabalho. Para Cruz e Regazzi

(1994), na medida em que a variância proporcionada pelos efeitos do ambiente é minimizada, o coeficiente de repetibilidade aproxima-se da estimativa da herdabilidade no sentido amplo.

Na literatura é possível verificar que em diferentes culturas, se observa a existência de diferentes métodos que permitem estimar os coeficientes de repetibilidade como por exemplo: análise de variância (ANOVA), componentes principais e análise estrutural, ambos os métodos baseados na matriz de correlação e covariância (ABEYWARDENA, 1972; MANSOUR *et al.*, 1981; CRUZ e REGAZZI, 1997).

A análise de variância tem sido o método mais utilizado para estimação do coeficiente de repetibilidade (CAVALCANTE *et al.*, 2000), contudo, para Cruz e Regazzi (1994), este método tende a subestimar o coeficiente de repetibilidade nas situações em que o fator periodicidade ocorre, uma vez que a análise de variância pode não eliminar este componente do erro experimental. Nestas situações recomenda-se a utilização da técnica dos componentes principais para que o coeficiente de repetibilidade possa ser mais eficientemente estimado (ABEYWARDENA, 1972).

### **c) Coeficiente de correlação simples.**

O conhecimento da correlação entre caracteres também se constitui em um importante parâmetro a ser utilizado nos programas de melhoramento de plantas com o objetivo de aumentar a eficiência do processo de seleção. Pois permite direcionar as estratégias de melhoramento a serem adotadas, maximizando os ganhos genéticos por meio dos ciclos de seleção (FARIAS NETO, 2004). Souza *et al.* 2007, ressaltam que o conhecimento da associação entre caracteres agrônômicos e morfológicos pode ser primordial quando existe a necessidade de ser feita seleção simultânea de caracteres.

Segundo Vencovsky e BARRIGA (1992) a correlação existente entre os caracteres permite uma orientação na seleção, pois objetiva o aprimoramento dos genótipos para um conjunto de caracteres e não para os mesmos de forma isolada, tornando possível a seleção indireta de caracteres desejáveis correlacionados positivamente. Quando as correlações são positivas e de alta magnitude, os caracteres podem ser considerados uma única unidade de seleção. Por sua vez, as correlações negativas geralmente dificultam a seleção simultânea dos caracteres superiores nos programas de melhoramento.

As correlações quantificam a possibilidade de ganhos via seleção indireta por seleção entre caracteres correlacionados, de tal maneira que caracteres com baixa herdabilidade têm a seleção mais eficiente quando realizada sobre os caracteres de elevada

herdabilidade que lhe são correlacionados (CRUZ e REGAZZI, 1994). Santos e Vencovsky (1986) e Carvalho *et al.*, (2004) ressaltam que ao selecionar caracteres de alta herdabilidade e de fácil aferição e que evidenciem alta correlação com o caráter desejado, o melhorista poderá obter progressos mais rápidos em relação ao uso de seleção direta.

#### e) Índices de seleção

No melhoramento da aceroleira assim como nas demais culturas, a seleção univariada é a maneira mais fácil e prática de obter ganhos para uma única característica como elevado teor de vitamina C, por exemplo. Contudo, na maioria dos casos a seleção baseada em uma ou poucas características pode se mostrar inadequada por não levar a um produto final superior com relação a vários caracteres que atendam a todas ou em pelo menos parte das exigências da cadeia produtiva da cultura, como por exemplo: clones de alta produtividade e frutos com elevado teor de vitamina C, de maneira que possa satisfazer as exigências tanto dos produtores como das agroindústrias processadoras de frutas. De acordo com Resende (2000) a avaliação de um caráter pode não ser adequada para representar o mérito econômico de uma planta, pois pode resultar no desenvolvimento de tipos economicamente insatisfatórios, seja pela não consideração de outros caracteres de importância econômica ou pelas correlações negativas entre estes.

Apesar dos índices de seleção apresentarem algumas dificuldades e/ou limitações, ainda são ferramentas vantajosas, pois proporcionam maiores ganhos totais, com distribuição entre os caracteres mais adequados aos propósitos do melhoramento, como alguns trabalhos têm apontado (PAULA, 1997; MARTINS, 1999; MARTINS *et al.*, 2003). Deste modo, deve-se considerar também a seleção para múltiplos caracteres, necessários à obtenção de materiais genéticos que possuam uma série de atributos favoráveis e, portanto, mais produtivos e adaptados. Assim uma alternativa viável seria a utilização de índices de seleção (SILVA, 1982; CRUZ e REGAZZI, 1994).

Segundo Paiva *et al.* (2007), a utilização de metodologias que permitem selecionar plantas, considerando vários caracteres simultaneamente, deve ser analisada visando o seu emprego futuro como ferramenta auxiliar no melhoramento. A utilização de índices de seleção, estabelecida pela combinação ótima de vários caracteres, é uma técnica biométrica que permite efetuar com eficiência, a seleção simultânea de múltiplos caracteres (CRUZ *et al.*, 2004). A adoção da teoria de índices de seleção permite combinar as múltiplas



informações contidas nas unidades experimentais, de modo a selecionar com base em um grupo de características (MARTINS *et al.*, 2006).

Neves (2006) ressalta que mesmo apresentando algumas limitações o uso dos índices de seleção proporcionam maiores ganhos totais, com distribuição entre os caracteres mais adequados aos propósitos do melhoramento, como alguns trabalhos têm apontado. A utilização de índices de seleção consiste em estabelecer um novo caráter que é uma combinação linear dos caracteres envolvidos, cujos coeficientes de ponderação são estimados de modo a maximizar a correlação entre o índice e o agregado genotípico (SILVA, 1980; WHITE e HODGE, 1989; CRUZ e REGAZZI, 1994). Assim, é importante a identificação de critérios de seleção capazes de promover alterações no sentido desejado, nas características de interesse dentro de um programa de melhoramento (REIS *et al.*, 2004).

Cruz e Regazzi (1994) descrevem os índices como um caráter adicional, estabelecido pela combinação linear ótima de vários caracteres preferencialmente não correlacionados. O valor observado para cada característica é ponderado por um coeficiente representado por:  $I = b_1\rho_1 + \dots + b_i\rho_i$ , onde I é o índice de seleção,  $P_i$  representa o valor fenotípico observado para a i-ésima característica e  $b_i$  é o coeficiente atribuído à i-ésima característica no índice de seleção. Deste modo a seleção simultânea de caracteres com base nos valores genéticos dos indivíduos ou famílias pode ser efetuada eficientemente (BARBOSA e PINTO, 1997).

Na literatura é possível encontrar vários trabalhos que citam o sucesso na seleção simultânea com diferentes índices, como por exemplo: na cultura da aceroleira (PAIVA *et al.*, 2002), na cultura do café (FERREIRA *et al.*, 2005), na cultura do maracujá (GONÇALVES *et al.*, 2007; SANTOS *et al.*, 2008), e em espécies florestais como *Eucalyptus grandis* (MARTINS *et al.*, 2003). Entre os índices mais utilizados destacam-se o índice clássico de Smith (1936) e Hazel (1943), o índice de Pesek e Baker (1969) e o índice de classificação de Mulamba & Mock (1978).

De modo geral, os métodos mais utilizados são caracterizados pela necessidade de estimar variâncias e covariâncias fenotípicas e genotípicas e de estabelecer pesos econômicos relativos aos vários caracteres (Smith, 1936; Hazel, 1943). Por outro lado, Williams (1962) sugeriu ponderar os valores fenotípicos pelos seus respectivos pesos econômicos, evitando desta forma a interferência das imprecisões das matrizes de variâncias e covariâncias, Cruz (1990) sugeriu estimá-los a partir de estatísticas dos próprios dados experimentais.

Contudo outros índices como o de Mulamba & Mock, (1978), descritos por Cruz e Regazzi (1997), são caracterizados por eliminar a necessidade de estabelecer pesos

econômicos e estimar variâncias e covariâncias. FARIAS *et al.* (2005) ao utilizarem diferentes índices de seleção em cultivares de algodão herbáceo citam que o emprego dos índices não lineares ou não paramétricos se enquadram nos programas de melhoramento em que se realizam avaliação de genótipos em fase final de teste. PAIVA *et al.* (2002) mostraram a eficiência deste método na seleção de progênies de aceroleira, em comparação ao método tradicional de seleção, destacando sua praticidade de execução.

Todavia, Barbosa *et al.* (2005) ressaltam que uma das dificuldades da análise conjunta, é definir quais são as características que deveriam ser medidas em programas de melhoramento. Para contorná-lo, o autor sugere o uso de técnicas de análise multivariada, às características quantitativas ou o conjunto delas que seriam responsáveis pela maior parte da variação total observada, ou seja, avaliar a informação adicional provida por algumas medidas quando outras já estiverem disponíveis.

A técnica de componentes principais, um dos procedimentos multivariados, visa resumir um grande conjunto de características em outro menor, de sentido biológico, além de examinar as correlações entre as características estudadas, avaliar a importância de cada caráter e promover a eliminação daquelas que contribuem pouco (BARBOSA *et al.*, 2005).

Os componentes principais são apresentadas em ordem decrescente de importância, isto é, o primeiro explica o máximo possível da variabilidade dos dados originais, já o segundo, o máximo possível da variabilidade ainda não explicada após o efeito do primeiro componente principal, e assim por diante. O último componente será o de menor contribuição para explicar a variabilidade total dos dados originais. O conjunto final das combinações envolvendo os coeficientes normalizados constitui uma solução única, uma vez que explicam toda a variabilidade além de serem ortogonais a qualquer combinação jamais definida (SILVA e PADOVANI, 2006).

De acordo com Barbosa (2003), o método de análise de componentes principais a partir da matriz de correlação, consiste em transformar um conjunto de variáveis  $Z_1, Z_2, \dots, Z_p$  em novo conjunto de variáveis  $Y_1$  ( $CP_1$ ),  $Y_2$  ( $CP_2$ ), ...,  $Y_p$  ( $CP_p$ ), não-correlacionadas entre si e arranjadas numa ordem decrescente de variância. A idéia principal desse procedimento é de que poucos, dentre os primeiros componentes principais, contenham a maior variabilidade dos dados originais, assim, os demais componentes podem ser descartados, o que reduz o número de variáveis.

### 3. REFERÊNCIAS

ABEYWARDENA, V. An application of component analysis in genetics. **Journal of Genetics**, Sadashivanagar v. 61, p. 27-51, 1972.

ALVES, R.E. Cultura da acerola. In: DONADIO, L. C.; MARTINS, A. B. G.; VALENTE, J. P. **Fruticultura tropical**. Jaboticabal: FUNEP/UNESP, 1992. P. 15-37

ALVES, D. G.; BARBOSA JR., J. L.; ANTONIO, G. C.; MURR, F. E. X. Osmotic dehydration of acerola fruit (*Malpighia puniceifolia* L.). **J Food Engineering**, v. 68, p. 99-103, 2005.

ALVES, R. E.; MENEZES, J. B. Botânica da aceroleira. In: SÃO JOSÉ, A. R.; ALVES, R. E. (Ed). **Acerola no Brasil: produção e mercado**. Vitória da Conquista, BA: DFZ/UESB, 1995. 160p.

ARABBI, P.R.; GENOVESE, M.I.; LAJOLO, F.M. Flavonoids in vegetable foods commonly consumed in Brazil and estimated by the Brazilian population. *J. Agric. Food Chem.*, v. 52, p. 1.124-1.131. 2004.

ASENJO, C. F.; FREIRE de GUZMAN, A. R. The high ascorbic acid content of the West Indian Cherry. **Science**, v. 103, p.219, 1946.

ASSIS, S. A.; LIMA, D. C.; OLIVEIRA, O. M. M. F. Activity of pectinmethylesterase, pectin content and vitamin C in acerola fruit at various stages of fruit development. **Food Chem**, v. 74, p.133-157, 2001.

ASTIN (Associação das Indústrias Processadoras de Frutos Tropicais); APEX (Programa Setorial Integrado de Promoção de Exportações de Sucos Tropicais). Brasília, 2001. Disponível em: <<http://webm5.uol.com.br/cgi-bin/webmail.exe/> messages>. Acesso em: 14 dez. 2003.

BARBOSA, L. Utilização de técnicas de análise multivariada na avaliação de características quantitativas de uma população F2 de suínos. 2003. 80f. **Dissertação** (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

BARBOSA, L.; LOPES P. S., REGAZZI, A. J.; GUIMARÃES, S. E. F.; TORRES, R. A. Seleção de variáveis de desempenho de suínos por meio da análise de componentes principais. **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.**, v.57, n.6, p.805-810, 2005.

BARBOSA, M. H. P.; PINTO, C. A. B. P. **Eficiência de índices de seleção na identificação de clones superiores de batata.** Disponível em: [http://webnotes.sct.embrapa.br/pab/pab.nsf/1369aa7a4f8bbb9d03256508004f4e1d/.../\\$FILE/Pab14696.doc](http://webnotes.sct.embrapa.br/pab/pab.nsf/1369aa7a4f8bbb9d03256508004f4e1d/.../$FILE/Pab14696.doc). Acessado em: 14 de novembro de 2008.

BEZERRA, J. E. F.; LEDERMAN, I. E.; CARVALHO, P. S.; MELO NETO, M. L. **Avaliação de clones de aceroleira na região do Vale do Rio Moxotó-PE. I. plantas juvenis.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 13, 1994, Salvador. Anais... Salvador: SBF, 1994. p.85-86.

BLISKA, F. M. M.; LEITE, R. S. S. F. **Aspectos econômicos e de mercado.** In: SÃO JOSÉ, A. R.; ALVES, R. E. (Ed). **Acerola no Brasil: produção e mercado.** Vitória da Conquista, BA: DFZ/UESB, 1995. p. 107-123.

BOSCO, J.; BARREIRA NETO, M.; AGUIAR FILHO, S. P.; MELO, A. S.; BARROS, R. V.; NETO, J. S. M.; SILVA, J. E.; NASCIMENTO, R. G. Pesquisa e extensão com acerola na Paraíba. In: SÃO JOSÉ, A. R.; ALVES, R. E. (Ed). **Acerola no Brasil: produção e mercado.** Vitória da Conquista, BA: DFZ/UESB, 1995. 160p.

CARVALHO, F.I.F.; LORENCETTI, C.; BENIN, G. **Estimativas e implicações da correlação no melhoramento vegetal.** Pelotas : UFPel. 142p, 2004.

CAVALCANTE, J. J.; PAIVA, J. R.; BARROS, L. M.; CRISÓSTOMO, J. R.; CORRÊA, M. P.F. Repetibilidade de caracteres de produção e porte da planta em clones de cajueiro-anão precoce. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 4, p. 773-774, abr. 2000.

CHAN, A. C. Partners in defense, vitamin E and vitamin C. *Can J Physiol Pharmacol.*, v. 71, n. 9, p. 725-731, 1993.

COELHO, Y.S.; RITZINGER, R.; OLIVEIRA, J.R.P. et al. Proacerola: Programa de desenvolvimento da Cultura da Acerola no Estado da Bahia. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE INTERAMERICANA DE HORTICULTURA TROPICAL, 49., 2003, Fortaleza, Abstract... Fortaleza: Sociedade Interamericana de Horticultura Tropical, 2003. 303p.

CORDEIRO, E. R. **Parâmetros genético e seleção de progênes de aceroleira em segundo ciclo.** Fortaleza, UFC, 2005. 102p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Universidade Federal do Ceará, 2005.

CORDEIRO, E. R. **Seleção de progênes de polinização livre e estimativa de parâmetros genéticos em acerola (*Malpighia emarginata* D. C.).** Fortaleza, UFC, 2000. 63p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal do Ceará, 2000.

COUCEIRO, C. M. **Curso de extensão sobre a cultura da acerola. Recife:** UFRPE, 1985. 45p.

CRUZ, C. D. **Aplicações de algumas técnicas multivariadas no melhoramento de plantas.** 1990. 188 f. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento) – Escola Superior de Agricultura “Luis de Queiroz”, Piracicaba, 1990.

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético.** 2. ed. Viçosa, MG: UFV, 1997. 390 p.

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos Biométricos Aplicados ao Melhoramento Genético.** v.1, 3 ed. UFV, Viçosa, 2004. 480 p.

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. L. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético.** 2. ed. ver. Viçosa: UFV, 2001. 390p.

CUNHA NETO, J.; Potencial agrônômico e de pós-colheita em clones de aceroleira de segundo ciclo de seleção. **Monografia** (Graduação em Agronomia) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2006.

DAVEY, M. W. MONTSGU, M. V.; INZÉ, D.; SANMARTIN, M.; KANELLIS, A.; SMIRNOF, N.; BENZIE, I. J. J.; STRAIN, J. J.; FAVELL, D.; FLETCHER, J. Plant-ascorbic acid: chemistry, function, metabolism, bioavailability and effects of processing. **J Agric Food Chem**, v. 80, p. 825-860, 2000.

DEUTSCH, J. C. Dehydroascorbic acid. **J. Chromatogr.**, v. 881, p. 299-307, 2000.

FALCONER, D. S. **Introdução a genética quantitativa.** Viçosa: UFV, 1987. 279 p. for reducing environmental variation of berry traits in grape breeding. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 85, p. 75-83, 2000.

FARIAS NETO, J. T.; DE CARVALHO, J. U.; MULLER, C. H. Estimativas de correlação e repetibilidade para caracteres do fruto de bacurizeiro. **Ciênc. agrotec.**, Lavras, v. 28, n. 2, p. 300-305, mar./abr., 2004

FARIAS, J. C. F.; GARCIA, A. A. F.; VELLO, N. A. índice de seleção de cultivares de algodão herbáceo. **V Congresso brasileiro de algodão, 2005.** Disponível em: <[http://www.cnpa.embrapa.br/produtos/algodao/publicacoes/trabalhos\\_cba5/319.pdf](http://www.cnpa.embrapa.br/produtos/algodao/publicacoes/trabalhos_cba5/319.pdf)> Acessado em: 12/11/2008.

FERREIRA, A.; CECON, P. R.; CRUZ, C. D.; FERRÃO, R. G.; FLORES DA SILVA, M.; FONSECA, A. F. A. Seleção simultânea de *Coffea canephora* por meio da combinação de

análise de fatores e índices de seleção. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília. v. 40. n. 12. p. 1189-1195, dezembro, 2005.

GAZETA MERCANTIL. Sucos. **ABIR (Associação Brasileira da indústrias de Refrigerantes)**, 2005. Disponível em: < [http://abir.org.br/article.php3?id\\_article=1080](http://abir.org.br/article.php3?id_article=1080)>. Acesso em: 21 dez. 2008

GLOBO RURAL. Exportação de acerola. **PROGRAMA HORIZONTAL DE PROMOÇÃO DAS EXPORTAÇÕES BRASILEIRAS**, 2007. Disponível em: [http://www.brazilianfruit.org.br/clippings/detalhe\\_clippings.asp?tb\\_clipping\\_codigo=1123](http://www.brazilianfruit.org.br/clippings/detalhe_clippings.asp?tb_clipping_codigo=1123). Acessado em: 15 dez. 2008.

GOMES, J. E.; PAVANI, M. C. M. D.; PERECIN, D.; MARTINS, A. B. G. Morfologia floral e biologia reprodutiva de genótipos de aceroleira. **Scientia Agricola**, v.58, n.3, p.519-523, jul./set. 2001

GONÇALVES, P. S.; CARDOSO, M.; SAES, L. A. Estimativas de repetibilidade na seleção de árvores de seringueiras. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 25, n. 7, p. 1031 – 1038, 1990.

GONZAGA NETO, L.; SOARES, J. M. **Acerola para exportação, aspectos técnicos da produção**. Brasília: EMBRAPA-SPI, 1994. 43p. (Série Publicações Técnicas FRUPEX, 10).

HARBORNE, J. .; WILLIAMS, C. A. Advances in flavonoid research since 1992. **Phytochemistry**, v. 55, n. 6, p. 481-504. 2000

HAZEL, L. N.; LUSH, J. L. The genetic basis for constructing selection indexes. **Genetics**. V. 39. p. 476-490, 1943.

HERANDEZ, Y.; LOBO, M. G.; GONZALEZ, M. Determination of vitamin C in tropical fruits: A comparative evaluation of methods. **Food Chem**, v. 96, p.654-664, 2006.

HOPIA, A; HEINONEM, M. Antioxidant activity of flavonol aglycones and their glycosides in methyl linoleate. **J. Am. Oil Society**, v. 76, p. 139-144, 1999

HWANG, J.; PETERSON, H.; HODIS, H. N.; CHOI, B.; SEVANI, A. Ascorbic acid enhances 17 b-estradiol-mediated inhibition of oxidized low density lipoprotein formation. **Atherosclerosis**, v. 150, p. 275-284, 2000.

IBPGR (INTERNATIONAL BOARD OF PLANT GENETIC RESOURCES). *Malpighia emarginata* (Acerola). In: **Genetic resources of tropical and subtropical fruits and nuts (excluding musa)**. Rome: IBPGR, 1986. p. 52-54.

INSTITUTO BASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICAS. **Sistema IBGE de recuperação automática**. Disponível em: <http://www.sidra.ibge.gov.br/cgi-bin/prtbl>. Acesso em: 08 ago. 2006.

JODYNIS-LIEBERT, J.; MATLAWSKA, I.; BYLKA, W.; MURIAS, M. Protective effect of *Aquilegia vulgaris* (L.) on APAP-induced oxidative stress in rats. *J Ethnopharmacol*, v.97, p. 351-358, 2005.

LASKOWSKI, L. E.; BAUTISTA, D. Evaluacion de características vegetativas productivas y de calidad de la fruta de plantas de semeruco cultivadas en zonas aridas. **Agronomía Tropical**, v. 48, n. 3, p. 239-249, 1998.

LIMA, C. F.; ANDRADE, P. B.; SEABRA, R. M.; FERNADES-FERRREIRA, M.; PEREIRA-WILSON, C. The drinking of a *Salvia officinalis* infusion improves liver antioxidant status in mice and rats. **J. Ethnopharmacol.** v. 97, p. 383-389, 2005.

LOPES, R.; BRUCKNER, C. H.; CRUZ, C. D.; LOPES, M. T. G.; FREITAS, G. B. Repetibilidade de características do fruto de aceroleira. **Pesquisa. Agropecuária. Brasileira**, Brasília, v. 36, n. 3, p. 507-513, mar. 2001.

LOPES, R.; BRUCKNER, C. H.; LOPES, M. T. G. Polinização e vingamento de frutos em aceroleira (*Mapighia puniceifolia* L.) **Revista brasileira de Fruticultura**, v. 22, n. 3, p. 314-317, 2000.

LOPES, R.; PAIVA, J. R. Aceroleira. In: BRUCKNER, C. H. (Ed). **Melhoramento de fruteiras tropicais**. Viçosa, MG: UFV, 2002. 422p.

MANICA, I.; CARVALHO, R. I. N. Acerola, pesquisa e extensão no Rio Grande do Sul. In: SÃO JOSÉ, A. R.; ALVES, R. E. (Ed). **Acerola no Brasil: produção e mercado**. Vitória da Conquista, BA: DFZ/UESB, 1995. p. 133-41.

MANICA, I.; Taxionomia e Morfologia. In: MANICA, I.; ICUMA, I. M.; FIORAVANÇO, J. C.; PAIVA, J. R.; PAIVA, M. C.; JUNQUEIRA, N. T. V. **Acerola: tecnologia de produção, pós-colheita, congelamento, exportação, mercados**. Porto Alegre: Cinco Continentes, p 31-45, 2003.

MANSOUR, H.; NORDHEIM, E. V.; RUTLEDGE, J. J. Estimations of repeatability. **Theoretical and Applied Genetics**, Berlin, v. 60, p. 151-156, 1981.

MARIO NETO, L. **Acerola, a cereja tropical**. São Paulo: Nobel, 1986. 94p.

MARTINS, I. S. Comparação entre métodos uni e multivariados aplicados na seleção em *Eucalyptus grandis*. 1999. 94 f. **Tese** (Doutorado em Genética e Melhoramento) Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1999.

MARTINS, I. S.; CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J.; PIRES, I. E. EFICIENCIA DA SELEÇÃO UNIVARIADA DIRETA E INDIRETA E DE ÍNDICES DE SELEÇÃO EM *Eucalyptus grandis*. **Sociedades de investigação florestais**. Viçosa, v.27, n.3, p.327-333, 2003.

MARTINS, I. S.; MARTINS, R. C. C.; PINHO, D. S. Alternativas de índices de seleção em uma população de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden. **Cerne**, Lavras, v. 12, n. 3, p. 287-291, jul./set. 2006.

MELO, D. S. Obtenção e avaliação de clones de aceroleira originados de progênes de segundo ciclo de seleção. **Monografia** (Graduação em Agronomia) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 44p, 2004.

MOURA, C. F. H.; ALVES, R. E.; MOSCA, J. L.; PAIVA, J. R.; OLIVEIRA, J. J. G. Fruit physiochemical characteristics of acerola (*Malpighia emarginata*) clones in commercial orchards. **PROCEEDINGS OF THE INTERAMERICAN SOCIETY FOR TROPICAL HORTICULTURE**. Guatemala: v.41. p.194-198. 1997.

MULAMBA, N. N.; MOCK, J. J. Improvement of yield potential of the Eto Blanco maize (*Zea mays* L.) population by breeding for plant traits. **Egyptian Journal of Genetics and Cytology**, Alexandria, v. 7, p. 40-51, 1978.

NAGAMINE, I.; AKIYAMA, T.; KAINUMA, M.; KUMAGAI, H.; SATOH, H.; YAMADA, K.; YANO, T.; SAKURAI, H. Effect of acerola cherry extract on cell proliferation and activation of ras signal pathway at the promotion stage of lung tumorigenesis in mice. **J Nutr Sci Vitaminol**, v. 48, p. 69-72, 2002.

NAKAZONE, H.I.; MIYASHITA, R.K.; YAMANE, G.M.; Factors affecting ascorbic acid content of acerola. **Am Soc Hortic Sci**, v.89, p.161-164, 1996

NEVES, L. G. Alternativas de seleção, predição de ganho genético, estimativas de correlação e coeficiente de repetibilidade em maracujazeiro amarelo. 2006. 103 f. **Tese** (Doutorado em Genética e Melhoramento) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2006.

OLIVEIRA, J. R. P.; SOARES FILHO, W. S. **Acerola: conservação, caracterização e seleção de germoplasma pelo CNPMF-EMBRAPA**. In: ACEROLA NO BRASIL PRODULÇÃO E MERCADO. Vitória da Conquista, Bahia: UESB, p. 4-6, 1995.



OLIVEIRA, J. R. P.; SOARES FILHO, W. S. **Situação da cultura da acerola no Brasil e ações da Embrapa Mandioca e Fruticultura em recursos genéticos e melhoramento (1998)** Disponível em: <<http://www.cpatas.embrapa.br/catalogo/livro/cerolabrasil.pdf>>. Acesso em: 20 ago. 2008.

PAIVA, J. R. Cultivares e melhoramento genético. In: MANICA, I; ICUMA, I. M.; FIORAVANÇO, J. C.; PAIVA, J. R.; PAIVA, M. C.; JUNQUEIRA, N. T. V. **Acerola: tecnologia de produção, pós-colheita, congelamento, exportação, mercados**. Porto Alegre: Cinco Continentes, p. 69-88, 2003.

PAIVA, J. R., ALVES, R. E.; BARROS, L. M.; CRISÓSTOMO, J. R.; MOURA, C. F. H.; ALMEIDA, A. S.; NORÕES, N. P. Clones de aceroleira: BRS 235 ou Apodi, BRS 236 ou Cereja, BRS 237 ou Roxinha e BRS 238 ou Frutacor. **Comunicado Técnico 87**. Brasília: EMBRAPA-CNPAT, 2003.

PAIVA, J. R.; ALVES, R. E.; ALMEIDA, A. S.; CORDEIRO, E. R.; PINTO, S. A. A. Características qualitativas dos frutos de progênies de polinização livre de acerola. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GENÉTICA, 45, 1999, Gramado. **Anais...** Gramado: SBG, 1999c. p. 685.

PAIVA, J. R.; ALVES, R. E.; ALMEIDA, A. S.; PINTO, S. A. A. **Conteúdo de vitamina "C" em plantas de acerola selecionadas em gerações parental e filial**. Pesquisa em andamento, nº 36. p. 1-3, Fortaleza – CE, 1998.

PAIVA, J. R.; ALVES, R. E.; CORREA, M. P. F.; FREIRE, F. C. O.; BRAGA SOBRINHO, R.; JUCÁ, W. Seleção e clonagem de plantas de acerola (*Malpighia spp.*). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 14º, 1996, Curitiba. **Anais...** Curitiba: SBF, 1996. p.38.

PAIVA, J. R.; ALVES, R. E.; CORREA, M. P. F.; FREIRE, F. C. O.; BRAGA SOBRINHO, R.; JUCÁ, W. Seleção massal de acerola em plantio comercial. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v.34, n.3, p.505-511, 1999b.

PAIVA, J. R.; ALVES, R. E.; MELO, F. I. O.; CORDEIRO, E. R.; ALMEIDA, A. S. Genetic progress of selections between and within caribbean cherry open pollination progenies. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Londrina, v. 2, p. 299-306, 2002.

PAIVA, J. R.; CAVALCANTI, J. V.; BARROS, L. M. B.; CORRÊA, M. C. M.; MAIA, M. C. C.; COSTA FILHO, A. SELEÇÃO DE CLONES DE CAJUEIRO COMUM PELO MÉTODO EM TANDEM E ÍNDICE DE CLASSIFICAÇÃO. Ciênc. agrotec., Lavras, v. 31, n. 3, p. 765-772, maio/jun., 2007.

PAIVA, J. R.; ALVES, R. E.; BARROS, L. M. Melhoramento genético da acerola (*Malpighia emarginata* D.C.) na Embrapa Agroindústria Tropical. In: QUEIRÓZ, M. A.;

GOEDERT, C. O.; RAMOS, S. R. R. (ed). **Recursos Genéticos e Melhoramento de Plantas para o Nordeste brasileiro.** (on line). Versão 1.0. Petrolina-PE: Embrapa Semi-Árido / Brasília-DF: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, nov. 1999a. Disponível via Word Wide Web <http://www.cpatia.embrapa.br>.

PATERNIANI, E.; MIRANDA FILHO, J. B. Melhoramento de populações. In: PATERNIANI, E. (Coord.). **Melhoramento e produção de milho no Brasil.** Campinas: Fundação Cargill, 1987. v. 1, p. 217-274.

PAULA, R. C. Avaliação de diferentes critérios de seleção aplicados em melhoramento florestal. 1997. 74 f. **Tese** (Doutorado em Ciências Florestais) Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1997.

PESEK, J., BAKER, R.J. Desired improvement in relation to selected indices. **Can. J. Plant Sci.**, v.49, p.803-804, 1969.

PIETTA, P.G. Flavonoids as antioxidants. *J. Nat. Prod.*, v. 63, n. 7, p. 1.035-1.042, 2000. PÍPOLO, V. C., PRETE, C. E. C., GONZALEZ, M. G. N., POPPER, I. O., BUREL, D.C., DIAS, A. M. Novos cultivares de acerola: UEL-3 Dominga, UEL-4 Lígia, UEL-5 Natália. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 15, 1998. **Anais...** Poços de Caldas: S. B. F. 1998. p.52.

PÍPOLO, V. C., PRETE, C. E. C., GONZALEZ, M. G. N., POPPER, I. O., BUREL, D. C., DIAS, A. M. Novos cultivares de acerola: UEL-3 Dominga, UEL-4 Lígia, UEL-5 Natália. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 15, 1998. **Anais...** Poços de Caldas: S.B.F. 1998. p.52.

REIS, E. F.; REIS, M. S.; CRUZ, C. D.; SEDIYAMA, T. Comparação de procedimentos de seleção para produção de grãos em populações de soja. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 34, n. 3, p. 685-692, 2004.

RESENDE, M. D. V. de **Genética biométrica e estatística no melhoramento de plantas perenes.** Embrapa Informação Tecnológica. Brasília. 167 – 168, 2000.

RESENDE, M. D. V. de, SILVA, H. D. Estratégia de melhoramento para erva-mate baseada no coeficiente de repetibilidade. In: CONGRESSO FLORESTAL E DO MEIO AMBIENTE DO PARANÁ, 3., 1991, Curitiba. **Anais...** Curitiba: Associação Paranaense de Engenheiros Florestais, 1991. p. 241 – 251.

RESENDE, M. D. V. de; DIAS, L. A. S. Aplicação da metodologia de modelos mistos (REML/BLUP) na estimação de parâmetros genéticos e predição de valores genéticos em espécies fruteiras. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 22, n. 1, p. 44 – 52, 2000.

RICE-EVANS, C.A. ; MILLER, N. J.; PAGANGA, G. Antioxidant properties of phenolic compounds. *Trends Plant Sci.*, v. 2, p. 152-159, 1997.

SATO, A.; YAMADA, M.; IWANAMI, H.; HIRAKAWA, N. Optimal spatial and temporal measurement repetition for reducing environmental variation of berry traits in grape breeding. *Scientia Horticulturae*, Amsterdam, v. 85, p. 75-83, 2000.

SANTOS, C. E. M.; LINHALES, H. NUNES, E. S.; BRUCKNER, C. H.; PIRES, R. G.; PEREIRA, R. L. M. P; PIMENTEL, L. D. Seleção simultânea em progênies de maracujazeiro-azedo no primeiro ano de produção, 2008. Disponível em: <[http://200.137.78.15/cd\\_XXCBF/paginas/MelhorGenBioestatistica/20080711\\_182457.pdf](http://200.137.78.15/cd_XXCBF/paginas/MelhorGenBioestatistica/20080711_182457.pdf)>. Acessado em 12 de novembro de 2008.

SATUÉ-GARCIA, M.T.; HEINONEN, M.; FRANKEL, E.N. Anthocyanins as antioxidants on human low-density lipoprotein and lecithin-liposome systems. *J. Agric. Food Chem.*, v. 45, n. 9, p. 3.362-3.367, 1997

SHANAFELT, T. D.; LEE, Y. K.; CALL, T. G.; NOWAKOWSKI, G. S.; DINGLI, D.; ZENT, C. S.; KAY, N. E. Clinical effects of oral green tea extracts in four patients with low grade B-cell malignancies. *Leukemia Res.*, v. 30, p. 707-712, 2006.

SILVA, M. A. **Melhoramento animal** (índices de seleção). Viçosa, MG: UFV Impressa Universitária, 1980. 65 p.

SILVA, M. A. **Melhoramento animal** (métodos de seleção). Viçosa, MG: UFV Impressa Universitária, 1982. 51 p.

SILVA, N. R.; PADOVANI, C. R. Utilização de componentes principais na experimentação agrônômica. *Energ. Agric.*, Botucatu, vol. 21, n. 4, 2006, p. 98-113

SIMÃO, S. Cereja das Antilhas. In: SIMÃO, S. **Manual de Fruticultura**. Cap. 15. São Paulo: Agrônômica Ceres, p. 477-485, 1971.

SIMÃO, S. **Tratado de fruticultura**. Piracicaba, SP: FEALQ, 1998. 760 p.

SMITH, H. F. A. Discriminant function for plant selection. *Annals of Eugenics*. v.7. p. 240-250, 1936.

SOUSA, C. S.; SILVA, S. A.; HANSEN, D. S.; FONSECA, A. A. O. Correlações entre caracteres físicos e químicos de jenipapeiros nativos do recôncavo baiano. *Revista Brasileira de Biociências*, Porto Alegre, v. 5, supl. 2, p. 270-272, jul. 2007.

STANNER, S. A.; HUGHES, J.; KELLY, C. N.; BUTTRISS, J. A review of the epidemiological evidence for the “antioxidant hypothesis”. **Public Health Nutr.** V. 7, p. 407 – 422, 2004.

VENCOVSKY, R.; BARRIGA, P. **Genética biométrica no fitomelhoramento**. Ribeirão Preto : Sociedade Brasileira de Genética, 1992. 496p.

VENDRAMINI, A. L.; TRUGO, L. C. Chemical composition of acerola fruit (*Malpighia punicifolia*, L.) at three stages of maturity. **Food Chem**, v. 71, p. 195-198, 2000

WHITE, T. L.; HODGE, G. R. **Predicting breeding values**: with applications in Forest tree improvement. London: Kluwer Academic Publishers, 1989. 367p.

WILLIAMS, J. S. The evaluation of a selection index. **Biometrics**, North Carolina, v. 18, p. 375-393, 1962.

World Cancer Research Fund and the American Institute for Cancer research; *Food Nutrition and prevention of cancer: A global perspective*. American Institute for cancer Research: Washington, 1997.

YAMANE, G. M. R.; NAKASONE, H. Y. Pollination and fruit set studies of acerola *Malpighia glabra* L. In Hawaii. **Proceeding of the American Society for Horticultural Science.**, n.78, p. 145-148, 1961

## Capítulo I: Obtenção de clones de aceroleira a partir de progênies de segundo ciclo de seleção

### 1. RESUMO

A Embrapa Agroindústria Tropical desenvolveu no período de dezembro de 2002 a dezembro de 2007, um experimento de competição de clones de aceroleiras de segundo ciclo de seleção com o objetivo de selecionar 3 genótipos que possuísem, simultaneamente, atributos agronômicos e de pós-colheita favoráveis de modo a atender a demanda por clones com boa conformação de copa, baixa altura, produtivos e com frutos de excelente qualidade, principalmente em relação ao conteúdo de vitamina C. O experimento foi instalado no Campo Experimental de Paraipaba (CE), sob delineamento de blocos ao acaso, com 25 tratamentos, três repetições e três plantas por parcela, no espaçamento de 4 m x 4 m. Observou-se que os 25 clones apresentam reduzida variabilidade genética para as características agronômicas, provavelmente em decorrência dos dois crivos de seleção pelo qual foram submetidas às progênies de aceroleiras que deram origem aos clones deste experimento. A seleção de clones superiores, com base nas características morfológicas e de produção já pode apresentar resultados satisfatórios a partir do segundo e terceiro ano de avaliação, respectivamente. Entre os 25 clones avaliados foi observada a existência de materiais superiores com potencial para serem utilizados em experimentos de larga escala ou mesmo serem recomendados para o plantio comercial no Estado do Ceará, com destaque para os clones 79/2 (7), 79/10 (9) e 87/11 (7).

**Palavras-chave:** seleção, vitamina C, *Malpighia emarginata*.

## 1.2 ABSTRACT

Embrapa Tropical Agroindustry developed from December 2002 to December 2007, an experiment of competition of clones of acerola of the second round of selection to evaluate and select three genotypes that possessed both Attributes agronomic and post-harvest favorable in order to meet the demand for clones with good conformation of crown, low height, and with productive fruit of excellent quality, especially in relation to the content of vitamin C. The experiment was installed in the Experimental of Paraipaba (CE), under a randomized block design, with 25 treatments, three replications and three plants per plot, spaced 4 m x 4 m. It was observed that the 25 clones have reduced genetic variability for agronomic characteristics, probably due to selection of the two riddles for which were submitted to the progenies of acerola which gave rise to the clones of this experiment. The selection of superior clones, based on morphological characteristics and production can now present satisfactory results from the second and third year of assessment, respectively. Among the 25 clones evaluated was observed the existence of materials with higher potential for use in large-scale experiments or even be recommended for commercial planting in the state of Ceará, with emphasis on the clones 79 / 2 (7), 79/10 (9) and 87/11 (7).

**Keywords:** selection, vitamin C, *Malpighia emarginata*.

## 2. INTRODUÇÃO

Os primeiros programas de melhoramento genético da cultura da acerola foram baseados na seleção de variedades destinadas para porta-enxerto e para copa, cada caso com objetivos distintos (LOPES e PAIVA 2002). Segundo Cunha Neto (2006), esses programas estavam fora do foco que realmente interessava aos produtores, os quais desejavam adquirir variedades de aceroleira altamente produtivas, resistentes as pragas e doenças e com frutos de ótima qualidade, de modo a atender a demanda por frutos de sabor agradável destinados ao consumo “*in natura*”, como também por frutos com maior conteúdo de ácido ascórbico, conseqüentemente mais ácidos, destinados a agroindústria.

Com o objetivo de atender a demanda existente na época, a Embrapa Agroindústria Tropical desenvolveu o programa de melhoramento da aceroleira sob duas linhas simultâneas de pesquisa: melhoramento populacional e clonal, que buscavam obter variedades e/ou clones destinados para produção de frutos de mesa e para a indústria em um período de médio a longo prazo (PAIVA, 2003).

Assim, o programa de melhoramento da acerola foi iniciado a partir da seleção massal realizada no pomar da Empresa Frutas do Ceará S/A (FRUCESA), localizada no município de Jaguaruana-CE. Este pomar foi escolhido em virtude da grande variabilidade existente, visto que foi formado por sementes obtidas de plantios comerciais existentes no Estado de Pernambuco. Ao final deste trabalho foram identificadas 100 matrizes de onde foram coletadas sementes e estacas para a instalação de experimentos com progênies, no Campo experimental da Embrapa CNPAT localizado no município de Pacajus-CE (PAIVA *et al.*, 1996). Com as estacas coletadas foi formado um jardim clonal, para multiplicação dos clones, visando a instalação de experimentos de competição de clones em áreas de produtor, localizadas em diferentes regiões do Ceará (CUNHA NETO, 2006).

No experimento com progênies de primeiro ciclo as plantas foram avaliadas para determinação do conteúdo de vitamina C, acidez titulável, pH e teor de sólidos solúveis totais (SST) em seus frutos. Moura *et al.* (1997) ao realizarem uma avaliação preliminar nas plantas parentais verificaram que apenas 9% daquelas plantas selecionadas apresentavam um teor de vitamina C acima de 1.500 mg/100g de polpa. Por outro lado, em uma amostragem de 51 plantas das progênies foi detectada uma freqüência de 41% de plantas com teor de vitamina C acima de 1.500 mg/100g de polpa (PAIVA *et al.* 1998). Esses resultados preliminares eram indícios de que a seleção massal foi eficiente, uma vez que, segundo Paiva *et al.* (1999) para todas as características, os valores encontrados na geração parental foram inferiores àqueles

apresentados pela população filial, principalmente em relação ao conteúdo de vitamina C que apresentou amplitude de variação de 468 mg a 2.494 mg por 100 g de polpa.

Com base nas avaliações realizadas neste primeiro ciclo foram identificados e selecionados 76 genótipos superiores. Em seguida, foram coletados separadamente por planta, garfos e sementes, para a condução de outros experimentos. As estacas deram origem a experimentos de competição de clones em áreas de produtor. Em um destes experimentos foram identificados e selecionados os quatro clones de aceroleira atualmente recomendados pela Embrapa CNPAT para o plantio comercial. Já as sementes foram utilizadas para a abertura de progênies de segundo ciclo.

Através de avaliações realizadas por Cordeiro (2005) nas progênies do 2º ciclo de seleção, foram observados valores satisfatórios de vitamina C que variaram de 2.084,6 a 3.421,1 mg/100g de polpa. No que diz respeito à morfologia, o autor verificou que as progênies, em comparação com as plantas do primeiro ciclo, apresentaram tendência para um menor porte. Com relação à produção, foi observada uma amplitude de variação de 0,00 a 12,43 kg/planta/ano. Com base nos dados obtidos a partir das avaliações nas progênies de segundo ciclo foi realizada a seleção de 25 genótipos que originaram os clones utilizados neste experimento. Dessa forma, neste capítulo objetivou-se avaliar o comportamento de 25 clones de aceroleira em um período de cinco anos (2003 a 2007) e identificar genótipos com potencial para serem selecionados com base em suas características agrônômicas e de pós-colheita.



### 3. MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1. Obtenção dos clones

Os clones foram obtidos a partir de seleção preliminar de plantas individuais, realizada no experimento com progênes de acerola de segundo ciclo de seleção, localizado no Campo Experimental de Pacajus-CE, localizado a 4°10' S e 38°27' W, com altitude de 60 m, a partir de um estande de 1.152 plantas (MELO, 2004). Vale destacar que, o clima da região é predominantemente sub-úmido (Aw de Köppen), com pluviosidade média de 933,3 mm/ano e temperatura média de 26,3 °C.

As progênes de segundo ciclo foram submetidas a seleção em duas etapas distintas, a primeira tinha como meta selecionar as plantas mais produtivas. Já a segunda consistiu na seleção com base nos aspectos sanitários e vigor das plantas. As plantas superiores foram selecionadas e clonadas, através da enxertia tipo “fenda cheia” (MELO, 2004).

#### 3.2. Delineamento Experimental

O experimento foi instalado, em dezembro de 2002, em Neossolo Quartzarênico de relevo plano, na Embrapa-CNPAT, no Campo Experimental de Paraipaba - CE, localizado a 3° 27' 47" S e 39° 09' 47" W, com altitude de 31 m acima do nível do mar. O clima da região é classificado como tropical chuvoso (Aw' de Köppen), clima de savana, sendo caracterizado por apresentar o pico de chuvas nos meses de janeiro a junho e pluviosidade anual média de 923,7 mm.

O delineamento utilizado foi de blocos ao acaso com 25 tratamentos (clones), 3 repetições, com 3 plantas por parcela em um espaçamento de 4 m x 4 m, totalizando 225 plantas, ocupando uma área de 3.600 m<sup>2</sup>.

Na tabela 1 pode ser observada a identificação padronizada dos clones, de acordo com o exemplo a seguir: **8/2(6)**, onde o número 8 corresponde a oitava planta selecionada entre as 100 matrizes obtidas na seleção massal, que originou uma família de plantas (progênes) de primeiro ciclo; 2 – corresponde ao número da planta selecionada dentro da progênie de primeiro ciclo, originando a progênie de segundo ciclo 8/2; (6) – o número da

planta selecionada dentro da progênie 8/2 de segundo ciclo de seleção. O uso desta simbologia permite ao melhorista identificar todos os antecessores que deram origem aos clones utilizados neste trabalho.

Tabela 1 - Identificação e origem dos clones de aceroleira selecionados nas progênies de segundo ciclo.

NÚMERO DA PARCELA	CLONES	ORIGEM
101/207/308	23/2(3)	Planta selecionada na progênie de 2º ciclo de seleção em Pacajus.
102/215/306	68/1(9)	“
103/214/320	75/2(7)	“
104/222/307	79/10(9)	“
105/204/303	8/2(3)	“
106/223/313	87/11(7)	“
107/225/314	66/7(5)	“
108/206/302	66/7(6)	“
109/218/321	79/9(6)	“
110/201/323	79/9(7)	“
111/217/315	51/4(7)	“
112/221/317	26/5(4)	“
113/210/305	8/10(1)	“
114/220/312	66/4(8)	“
115/209/324	54/12(2)	“
116/208/301	26/8(4)	“
117/205/322	8/11(2)	“
118/216/318	8/11(5)	“
119/202/309	12/5(3)	“
120/224/304	28/7(4)	“
121/213/325	20/4(8)	“
122/203/310	63/2(2)	“
123/212/316	91/8(2)	“
124/219/311	91/8(6)	“
125/211/319	20/8(7)	“

### 3.3. Manejo e condução do experimento.

#### 3.3.1. Preparo da área

Com auxílio de uma grade niveladora realizou-se o nivelamento da área destinada ao plantio dos clones, logo após procedeu-se à instalação do sistema de irrigação. Posteriormente foi realizada a adubação de fundação, 15 dias antes do plantio das mudas. Ao final deste período, as mudas foram retiradas dos tubetes e plantadas no seu local definitivo.

### **3.3.2. Tratos culturais**

Com exceção do período chuvoso, as plantas foram irrigadas diariamente, por microaspersão com vazão de 43 L/h em período de uma hora. A adubação de fundação foi realizada segundo a análise de fertilidade do solo, com a aplicação de 100 g de calcário, 260 g de superfosfato triplo e 50 g de FTE.

A adubação de cobertura foi aplicada convencionalmente, ou via irrigação, em doses de 22 g de uréia e 20 g de cloreto de potássio por planta, a cada dois meses (no primeiro ano). A partir do segundo ano foram aplicados 43 g de uréia, 117 g de superfosfato simples, 40 g de cloreto de potássio e 8 g de FTE. Nos meses de agosto e dezembro de 2005 e março de 2006, foram realizadas adubações orgânica com a aplicação de 15 L/planta de esterco de ovino (curtido), totalizando 45 L/planta após as 3 doses.

## **3.4. Características agronômicas**

### **3.4.1. Morfologia**

As medidas referentes às características morfológicas das plantas tais como a mensuração da altura (m) e do diâmetro da copa (m), foram medidas anualmente, em meados do mês de dezembro nos anos de 2003 a 2007, utilizando-se como instrumento uma trena métrica. Após a realização da coleta desses dados, estimou-se a altura média da planta e o diâmetro médio da copa dos clones em cada parcela.

### **3.4.3. Produção**

Do primeiro (2004) ao quarto ano de produção (2007), avaliou-se a produção média de frutos dos clones. A colheita foi feita separadamente por planta, possibilitando a obtenção da produção por planta por colheita (P/PL/Col). Segundo Cunha Neto (2006) esta variável é bastante precisa e fornece ao produtor uma estimativa de qual o volume de produção que o mesmo pode obter por cada planta no momento da colheita.

A avaliação da produção constou de um total de 68 colheitas sendo que deste somatório, 19, 28, 12 e 9 colheitas foram realizadas nos anos de 2004, 2005, 2006 e 2007, respectivamente. A coleta dos frutos foi realizada no período de maio a outubro, porém no

ano de 2006 as colheitas foram realizadas apenas nos picos de produção que ocorreram no período chuvoso (mês de maio) e seco (meses de setembro a outubro), já em 2007 foram realizadas no período de maio a junho, esta avaliação não prosseguiu até o final do ano em virtude de escassez de recursos financeiros para condução das coletas.

### 3.5. Características de pós-colheita.

As avaliações físico-químicas dos frutos foram realizadas no laboratório de pós-colheita e fisiologia vegetal da Embrapa Agroindústria Tropical, de acordo com a metodologia utilizada no laboratório, descrita nos tópicos a seguir. Foram executadas quatro avaliações nos anos de 2005 a 2007, sendo duas no pico de produção do período seco do ano (2005 e 2006) e duas no pico de produção do período chuvoso dos anos 2006 e 2007. Contudo, neste trabalho não se utilizou os dados referentes à última análise, para as características de firmeza e peso médio de fruto (período chuvoso de 2007), em função de problemas com os equipamentos utilizados nestas análises

Amostras de aproximadamente 1,5 kg de frutos, no estágio intermediário de maturação (Figura 1), foram acondicionadas em sacos plásticos, codificadas com a numeração dos respectivos tratamentos e encaminhadas para o laboratório de pós-colheita da Embrapa-CNPAT, em Fortaleza, e submetidas às primeiras avaliações (firmeza e peso médio) antes do resfriamento em freezer a uma temperatura de 18 °C negativos. Após o descongelamento, os frutos foram submetidos a avaliações para determinação da acidez titulável, pH, °BRIX e teor de vitamina C dos clones.



**Figura 1** - Amostra de frutos submetidos às avaliações de pós-colheita.

### 3.5.1. Peso do fruto

No momento da chegada dos frutos ao laboratório de pós-colheita coletou-se, ao acaso, uma amostra de 40 frutos para pesagem e determinação do peso médio dos frutos de cada clone, com auxílio de uma balança digital semi-analítica com 3 casa decimais.

### 3.5.2. Firmeza

A avaliação de firmeza foi realizada com o auxílio de um penetrômetro (BISHOP FT 327). Os dados de firmeza foram obtidos com base na média de 20 frutos coletados ao acaso dentro da amostra, procedendo-se duas perfurações em cada fruto. Os valores de firmeza fornecidos pelo penetrômetro foram convertidos em unidades de Newton (Sistema Internacional), através da Equação 1, uma vez que o aparelho fornece dados em unidades de libra.

$$N = lb \times K \quad (1)$$

Onde:  $N$  – valores em unidades de Newton;

$lb$  – valores em unidades de libra;

$K$  – fator de conversão ( $K = 4,482$ ).

### 3.5.3. Vitamina C

A determinação do conteúdo de vitamina C nos frutos foi realizada segundo a metodologia proposta por Strohercker e Henning (1997). Após o descongelamento dos frutos efetuou-se a extração da polpa, com auxílio de um processador doméstico. Em seguida pesou-se aproximadamente um grama do suco que foi diluído em 100 mL de ácido oxálico a 0,5%. Desta diluição foram retiradas duas alíquotas de 4,0 mL que por sua vez foram diluídas em Erlenmeyer de 50 mL para posterior titulação em solução de DFI (2,6-diclorofenol-indofenol 0,02%), até atingirem a coloração rósea clara permanente.

### 3.5.4. Sólidos Solúveis Totais (SST)

O suco proveniente da extração da polpa foi submetido à filtração em papel filtro, para determinação do teor de SST em °BRIX a partir de uma gota do suco filtrado, com o

auxílio de um refratômetro digital, ATAGO 101, de acordo com metodologia recomendada pela AOAC (1992).

### **3.5.5. pH e Acidez Titulável (AT)**

As determinações de pH e AT foram feitas em um potenciômetro digital com membrana de vidro segundo a metodologia recomendada pela AOAC (1992). O valor do pH foi obtido diretamente do suco de cada clone, e a AT em uma amostra de aproximadamente 1,0 g da polpa dos frutos de cada clone diluída em 50 mL de água destilada, vale salientar que esta diluição foi levada em consideração no cálculo da AT de acordo com a AOAC (1992).

## **3.6. Análises estatísticas**

Inicialmente foi realizada uma análise exploratória dos dados objetivando identificar as tendências obtidas pelos parâmetros estatísticos. Posteriormente, os dados foram submetidos a duas análises de variância: análise simples e análise conjunta, e também ao teste de médias. A análise de variância simples (por ano) permite identificar qual o comportamento dos clones em cada ano. A análise conjunta por sua vez, mostra o comportamento geral dos clones durante todo o período do experimento.

Para realização das análises estatísticas foi utilizado o programa GENES (CRUZ, 2001), haja vista que o programa além dos parâmetros estatísticos também fornece os parâmetros genéticos utilizados no processo de seleção de genótipos superiores.

### **3.6.1. Análise de variância por ano**

O modelo estatístico (Equação 2) de blocos ao acaso utilizado na análise de variância por ano, citado por Banzatto e Kronka (1989) para os caracteres de morfologia e produção encontram-se a seguir:

$$Y_{ij} = \mu + g_i + b_j + \varepsilon_{ij} \quad (2)$$

onde:

$Y_{ij}$ : valor observado no i-ésimo tratamento no j-ésimo bloco;

$\mu$ : média geral do ensaio;

$g_i$ : efeito do i-ésimo tratamento;

$b_j$ : efeito do j-ésimo bloco;

$\varepsilon_{ij}$ : efeito residual do i-ésimo tratamento no j-ésimo bloco.

O esquema da análise de variância por idade pode ser observado na Tabela 2.

Tabela 2 - Esquema da análise de variância simples segundo delineamento de blocos casualizados, com respectivas esperanças dos quadrados médios, ao nível de média por parcela.

F V	G L	S Q	Q M	F	E (Q.M.)
Blocos	$r - 1$	SQB	QMB		
Tratamentos	$g - 1$	SQT	QMT	QMT/QMR	$\sigma^2 + r \sum \frac{g_i^2}{t} - 1$
Resíduo	$(r - 1)(g - 1)$	SQR	QMR		$\sigma_\varepsilon^2$
Total	$Gr - 1$	SQT <sub>O</sub>			
Média	$M$				
CV %	$(100\sqrt{QMR}) / m$				

Onde: FV – Fonte de variação; G L – Graus de liberdade; SQ – Soma de quadrados; SQB – Soma de quadrados dos blocos; SQT – Soma de quadrados dos tratamentos; SQR – Soma de quadrados dos resíduos; SQT<sub>O</sub> – soma de quadrados totais; QM – Quadrados médios; QMB – Quadrados médios dos blocos; QMT – Quadrados médios dos tratamentos; QMR – Quadrados médios dos resíduos; F – Teste F; r – Número de blocos; g – Número de tratamentos;  $m$  – Média;  $\sigma^2$  – variabilidade genética;  $\sigma_\varepsilon^2$  : variância do erro experimental; obs: o efeito devido a repetição foi considerado aleatório e o efeito de tratamento, fixo. Por se tratarem de clones, todas as conclusões tiradas neste trabalho só dizem respeito a estes genótipos avaliados (modelo fixo).

As médias foram comparadas através do teste de Tukey e os parâmetros genéticos estimados a partir das equações:

$$\sigma^2_f = \frac{QMT}{r} \quad (3)$$

$$\sigma_g^2 = \frac{QMR - QMT}{r} \quad (4)$$

$$\sigma_e^2 = QMT_0 - QMTR - QMB \quad (5)$$

$$h^2 = \frac{\sigma_g^2}{\sigma_f^2}$$

(6)

$$CV_g \% = \frac{(100\sqrt{\sigma_g^2})}{m} \quad (7)$$

$$CV_e \% = \frac{(100\sqrt{\sigma_e^2})}{m} \quad (8)$$

$$b = \frac{CV_g}{CV_e} \quad (8)$$

Onde: Onde:  $\sigma_f^2$  – variância fenotípica entre clones; QMT – quadrado médio do tratamento; r – número de blocos;  $\sigma_g^2$  – variância genética entre clones; QMR – quadrado médio do resíduo;  $\sigma_e^2$  – variância ambiental;  $h^2$  – herdabilidade no sentido amplo;  $CV_g$  – coeficiente de variação genética;  $CV_e$  – coeficiente de variação experimental; m – média; b – relação entre o  $CV_g$  e o  $CV_e$ .

### 3.6.2. Análise de variância conjunta

Utilizou-se o modelo estatístico de análise de variância conjunta no esquema de parcelas subdivididas no tempo (STEEL e TORRIE, 1980), no delineamento de blocos casualizados, semelhante ao utilizado por Cavalcante (1997).

$$Y_{ijk} = m + t_i + b_j + (bt)_{ij} + a_k + (ba)_{jk} + (ta)_{ik} + \varepsilon_{ijk}$$

Onde:

$Y_{ijk}$ : observação do caráter Y do i-ésimo tratamento no j-ésimo bloco da k-idade;

m: média geral do caráter;

$t_i$  : efeito do i-ésimo tratamento,  $i = 1, 2, 3, \dots, 25$ ;

$b_j$ : efeito do j-ésimo bloco,  $j = 1, 2, 3$ ;

$(bt)_{ij}$ : efeito da interação do j-ésimo bloco com o i-ésimo tratamento, correspondente ao erro a;



$a_k$ : efeito da k-ésima idade = 1, 2, ..., a (número de idades de avaliação do caráter);

$(ba)_{jk}$ : efeito da interação do j-ésimo bloco com a k-ésima idade, correspondente ao erro b;

$(ta)_{ik}$ : efeito da interação do i-ésimo tratamento com a k-ésima idade;

$\varepsilon_{ijk}$ : erro experimental, correspondente ao erro c:  $\therefore \varepsilon_{ijk} \cap N(0, \delta\sigma^2)$

O esquema para análise de variância para este modelo é apresentado na Tabela 3. O efeito devido à repetição foi considerado aleatório e os efeitos de tratamento e idades, fixos e assim como citado a análise de variância simples todas as conclusões tiradas nestas avaliações só dizem respeito aos clones avaliados neste experimento.

Tabela 3 - Esquema da análise de variância segundo delineamento de blocos casualizados, utilizando o esquema de parcela subdividida no tempo.

FV	G.L.	Q.M	F
Blocos	$r - 1$		
Parcela	$t - 1$	$Q_6$	$Q_6/ Q_5$
Erro a	$(r - 1)(t - 1)$	$Q_5$	
Subparcela	$a - 1$	$Q_4$	$Q_4/ Q_3$
Erro b	$(r - 1)(a - 1)$	$Q_3$	
Interação	$(t - 1)(b - 1)$	$Q_2$	$Q_2/ Q_1$
Erro c	$(r - 1)(t - 1)(a - 1)$	$Q_1$	

Onde: FV – Fonte de variação; G L – Graus de liberdade; QM – Quadrados médios; F – Teste F; r – Número de blocos; t – Número de tratamentos; a – número de anos; obs: o efeito devido a repetição foi considerado aleatório e o efeito de tratamento, fixo.

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 4, encontram-se os resultados da análise de variância por ano para as seguintes características: altura de planta (AP) e diâmetro de copa (DC). Nos cinco anos de avaliação são observadas diferenças significativas entre os clones, com exceção do primeiro ano para a característica AP e do último ano para ambas as características. A ausência de diferença entre os clones para a característica AP, no primeiro ano, indica não ser possível detectar-se um clone superior para esta característica neste período.

As diferenças estatísticas entre os genótipos evidenciam ser possível observar variabilidade entre os clones avaliados. De acordo com Cunha Neto (2006), esses resultados mostram a possibilidade dos clones alcançarem uma condição de estabilidade para a característica de altura e diâmetro de copa, pois a maioria dos clones apresentou porte baixo e copa tipo “guarda chuva”. De fato, foi o que ocorreu no último ano, 2007, aos cinco anos de idade, quando, não foram detectadas diferenças significativas entre os clones, com médias de 2,18 m e 3,15 m para altura de planta e diâmetro de copa, respectivamente. Esses resultados são indícios de que quatro anos são suficientes para se avaliar clones de aceroleira de modo a ser possível identificar genótipos superiores com base nas características de altura de planta e diâmetro de copa.

O padrão de crescimento dos clones é um reflexo da seleção de plantas entre e dentro de progênies no 1º e 2º ciclo (CORDEIRO, 2000 e 2005; PAIVA *et al.*, 1999a), direcionadas para plantas de menor porte, mais adequadas para o plantio comercial, com conformação de copa do tipo “guarda-chuva”. Cultivares com essas características facilitam os tratamentos culturais e a colheita dos frutos, tendo em vista que estes fatores diminuem os custos de produção da cultura, principalmente em relação ao processo de colheita que, em quase sua totalidade é feita manualmente (CUNHA NETO, 2006).

Os coeficientes de variação ambiental ( $CV_e$ ) para AP e DC evidenciaram um bom grau de precisão das análises, com valores inferiores a 15%, bem como mantiveram níveis aceitáveis para experimentação de campo com acerola (PAIVA *et al.*, 1999a; CORDEIRO, 2000; MELO, 2004). Diferentemente de Freire *et al.* (2008) que ao avaliarem aceroleiras de quatro anos de idade, propagadas sexuadamente, no Estado da Paraíba obtiveram coeficientes de variação ambientais superiores, com 22,61% e 21,62% respectivamente, para altura de planta e diâmetro de copa, provavelmente em função da elevada variabilidade genética existente entre os materiais, uma vez que foram propagados sexuadamente.

Durante todo o período do experimento foi verificado que boa parte da variabilidade existente entre os clones é de origem ambiental, uma vez que em todos os anos os valores dos coeficientes de variação genética foram inferiores ao CVE. Observa-se também que a relação  $CVg/CVe$  não apresentou valores superiores à unidade em nenhuma das idades avaliadas, o que segundo Vencovsky (1978), confere uma situação desfavorável à seleção em experimentos com populações de milho, onde o nível de variabilidade não compensa o esforço dispendido.

Valores mais próximos a uma unidade foram observados apenas no quarto ano de idade para AP (0,80) e no primeiro ano para DC (0,79). Essa baixa relação ocorreu provavelmente em virtude da baixa variabilidade genética entre os clones, originados de dois ciclos de seleção, o que é um fator de complicação na identificação de clones superiores com base nessas características.

Tabela 4 - Resumo da análise de variância simples, em blocos ao acaso, referentes aos caracteres altura da planta (AP) e diâmetro da copa (DC) em cinco anos (2003 a 2007) de avaliação.

F. V.	AP (m)					DC (m)				
	2003	2004	2005	2006	2007	2003	2004	2005	2006	2007
Blocos	0,148	0,012	0,048	0,231	0,231	0,038	0,229	0,242	0,529	0,529
Tratamentos	0,0202 ns	0,0477*	0,0375*	0,1205**	0,0671ns	0,0776**	0,1746*	0,1682*	0,3729**	0,2545ns
Resíduo	0,025	0,021	0,018	0,042	0,069	0,026	0,080	0,077	0,165	0,224
Média	1,21	1,52	1,68	2,18	1,79	1,34	1,95	2,38	3,15	3,15
CVe (%)	13,13	9,74	8,09	9,44	12,06	12,13	14,54	11,71	12,94	15,08
CVg(%)	3,3937	6,09	4,74	7,42	-99,00	9,71	9,04	7,33	8,36	3,16
CVg/CVe	0,2583	0,63	0,59	0,79	-99,00	0,80	0,62	0,63	0,65	0,21
$\sigma_g^2$	0,00169	0,01	0,01	0,03	-0,0006	0,02	0,0312	0,03	0,07	0,0099
$\sigma_e^2$	0,0084	0,02	0,02	0,0423	0,0690	0,03	0,08	0,08	0,17	0,2249
$h^2(\%)$	25,05	54,00	50,76	64,92	- 2,84	65,78	53,69	54,01	55,58	11,66

$\sigma_g^2$ : variabilidade genética;  $\sigma_e^2$ : variabilidade ambiental; CVe (%): Coeficiente de variação ambiental, em porcentagem; CVg (%): Coeficiente de variação genética, em porcentagem;  $h^2$  (%): herdabilidade no sentido amplo, em porcentagem; ns: não significativo; \*\*, \*: significativo ao nível de 1 e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

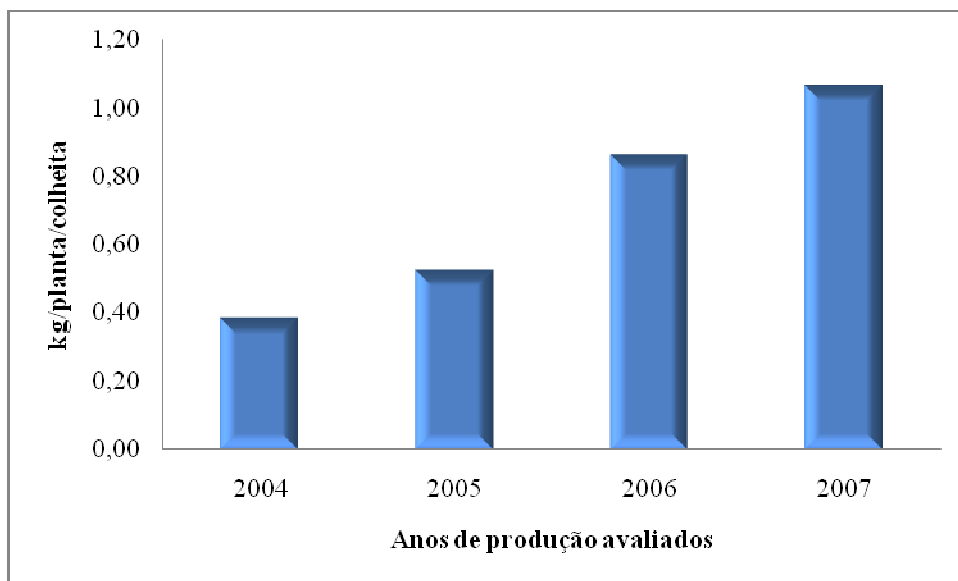
Na Tabela 5 são apresentados os quadrados médios das análises de variância para a característica de produção por planta por colheita (P/PL/COL). Os resultados mostram diferenças significativas entre clones, para o caráter avaliado em todo o período de avaliação, com exceção do último ano.

Tabela 5 - Resumo da análise de variância, em blocos ao acaso, referente a característica de produção por planta por colheita (P/PL/COL), em quatros anos de produção ( 2004 a 2007).

F. V.	GL	P/PL/COL (kg)			
		2004	2005	2006	2007
Blocos	2	0,26	0,18	1,75	7,08
Tratamentos	24	0,0161*	0,0519*	0,1856*	0,9040ns
Resíduo	48	0,04	0,03	0,10	0,5498
Média		0,38	0,52	0,86	1,06
CVe (%)		9,44	31,08	36,58	69,94
CVg(%)		14,13	17,67	19,63	32,41
CVg/CVe		0,63	0,57	0,54	0,46
$\sigma^2g$		0,00	0,01	0,03	0,12
$\sigma^2e$		0,01	0,03	0,10	0,55
$h^2(\%)$		54,40	49,23	46,35	39,19

$\sigma^2g$  ;variabilidade genética;  $\sigma^2e$ : variabilidade ambiental; CVe (%): Coeficiente de variação ambiental, em porcentagem; CVg (%):Coeficiente de variabilidade genética, em porcentagem;  $h^2$  (%): herdabilidade no sentido amplo, em porcentagem; ns, \*\*, \*: não significativo, significativo ao nível de 1 e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

Em todos os anos observou-se que a produção por planta por colheita foi crescente com valores de 0,38 a 1,06 kg, do primeiro (2004) ao último ano (2007), respectivamente (Figura 2). Diferentemente do que era esperado por Cunha Neto (2006), este fato mostra que os clones mesmo com cinco anos de idade ainda não estabilizaram a sua produção, revelando o bom potencial produtivo dos genótipos, mesmo tendo sido inferiores aos quatro clones já recomendados pela Embrapa Agroindústria Tropical (PAIVA, 2003) que apresentam produção média de 2,25 kg/planta/colheita. Contudo, vale ressaltar que os clones de aceroleira deste trabalho foram avaliados em condições de clima e solo diferentes às dos clones citados pelo autor anteriormente.



**Figura 2** - Média geral da produção por planta por colheita dos 25 clones de aceroleira originados do segundo ciclo de seleção, em quatro anos de avaliação.

Observa-se (Tabela 5) a existência de variabilidade entre os clones, contudo em virtude dos elevados valores dos coeficientes de variação a seleção para esta característica provavelmente não será eficiente, visto que em todos os anos, grande parte desta variabilidade é de origem ambiental, o que é uma condição desfavorável à seleção, pois quanto maior a proporção da variabilidade decorrente do ambiente, mais difícil será realizar seleção eficiente de genótipos superiores. Todavia, ao se realizar a seleção de clones no primeiro ano de produção é possível obter-se ganhos favoráveis, visto que somente nesta época detectou-se  $CV_g$  superior ao  $CV_e$ , além do menor coeficiente de variação ambiental (9,44%). Nos demais anos foram observados CVs com valores superiores a 30%, esses resultados são inferiores aos encontrados por Cordeiro (2000) para as progênes de aceroleira que deram origem aos clones utilizados neste trabalho, evidenciando que a característica de produção é fortemente influenciada pelas condições ambientais.

Assim como ocorreu com as características morfológicas, a relação  $CV_g/CV_e$ , não apresentou valores superiores a unidade, este fato reforça a probabilidade de não se obter grandes ganhos para a seleção com base nesta característica.

Como a relação entre o maior e o menor quadrado médio residual nas diferentes idades foram inferiores a 4, os experimentos foram reunidos em análise conjunta, conforme recomendado por Gomes (1987) no esquema de parcela subdividida no tempo para se verificar o comportamento geral dos clones.

Nas Tabelas 6 e 7, são apresentados os resultados da análise conjunta para as características de altura de planta (AP), diâmetro da copa (DC) e produção por planta por colheita (P/PL/COL). Podem-se observar diferenças significativas a 1 e 5% de probabilidade para os quadrados médios das características AP e DC semelhante aos resultados observados anteriormente nas análises individuais. Nos quadrados médios da característica de P/PL/COL foram detectadas diferenças significativas somente ao nível de 5% de probabilidade, o que confirma os resultados detectados nas análises individuais.

Entre os anos constatam-se diferenças significativas a 1% de probabilidade para AP e DC, e 5% de probabilidade para a característica P/PL/COL. Essas diferenças mostram que as variações nas médias foram influenciadas pela idade das plantas. A análise dos quadrados médios das interações tratamentos x anos mostra que pelo menos um clone teve seu comportamento influenciado pelo efeito do ano nas três características avaliadas, com exceção para AP onde não se detectou diferenças significativas. Essas diferenças indicam que os clones de aceroleira apresentam comportamento diferenciado nas idades estudadas.

Tabela 6 - Resumo da análise de variância conjunta segundo o delineamento de blocos ao acaso, utilizando o esquema de parcelas subdivididas no tempo, referente aos caracteres de altura de planta (AP) e diâmetro de copa (DC).

F.V	GL	QM	
		AP (m)	DC (m)
BLOCOS	2	0,54	1,003
CLONES (T)	24	0,1638**	0,4782**
ERRO a	48	0,07	0,19
ANOS (A)	4	13,3710**	45,4595**
ERRO b	8	0,03	0,14
T x A	96	0,0322ns	0,1423*
ERRO c	192	0,02	0,09
ERRO b, c	200	0,02	0,09
MÉDIA	-	1,75	2,39
CV g(%)	-	4,4606	7,78
CV a(%)	-	15,30	18,23
CV b(%)	-	10,35	15,72
CV c(%)	-	9,23	12,96

\*\*,\* : significativo ao nível de 1 e 5% de probabilidade pelo teste F; <sup>ns</sup>: não significativo; CV g(%): coeficiente de variação genética; CV a (%): coeficiente de variação do erro a; CV b (%): coeficiente de variação do erro b; CV c (%): coeficiente de variação do erro c;

Tabela 7 - Resumo da análise de variância conjunta segundo o delineamento de blocos ao acaso, utilizando o esquema de parcelas subdivididas no tempo, referente a produção por planta por colheita (P/PL/COL).

F.V	GL	QM
		P/PL/COL (kg)
BLOCOS	2	6,01
CLONES (T)	24	0,5252*
ERRO a	48	0,27
ANOS (A)	3	7,2149*
ERRO b	6	1,09
T x A	72	0,2108*
ERRO c	144	0,14
ERRO b, c	150	0,18
MÉDIA		0,71
CV g(%)		20,66
CV a (%)		73,43
CV b (%)		147,94
CV c (%)		52,54

\*\* , \* : significativo ao nível de 1 e 5% de probabilidade pelo teste F; <sup>ns</sup>: não significativo; CV g(%): coeficiente de variação genética; CV a (%): coeficiente de variação do erro a; CV b (%): coeficiente de variação do erro b; CV c (%): coeficiente de variação do erro c.

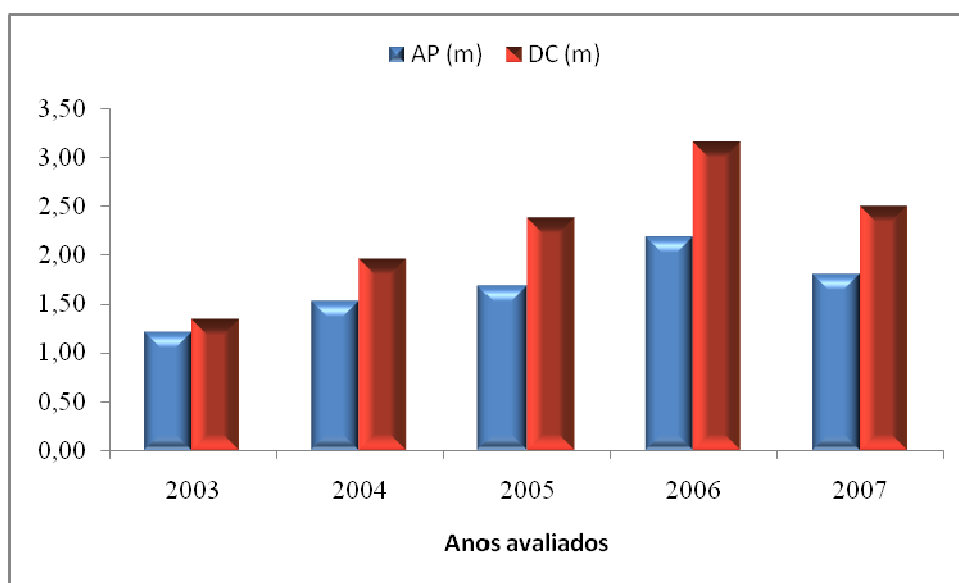
Em cinco anos de avaliação observa-se que a característica AP uma apresentou variação de 1,51 a 1,96 m, respectivamente para os clones 87/11 (7) e 79/10 (9). Com relação ao DC verifica-se variação de 2,06 a 2,66 m, destacando-se os clones 87/11 (7) e 26/8 (4) com o menor e maior diâmetro de copa, respectivamente. Verificou-se não haver diferenças estatísticas entre os clones em todo período no qual o experimento foi conduzido, quando se fez a comparação de médias pelo teste de Tukey, estes resultados já haviam sido observados por Cunha Neto (2006) ao avaliar os clones de aceroleira de segundo ciclo até o quarto ano de idade.

Com base apenas nas características de altura de planta e diâmetro de copa observa-se que o clone 87/11 (7) destaca-se por apresentar copa mais compacta, com potencial para ser utilizado em pomar comercial visto que sua conformação diminui os custos com mão-de-obra já que praticamente a poda não é necessária, além de facilitar os tratos culturais como colheita e a aplicação de defensivos químicos. Contudo, este clone em comparação com os demais apresentou a segunda menor produção por planta por colheita (0,45 kg), o que é uma grande desvantagem deste genótipo.



Apesar de não existirem diferenças estatísticas entre os clones, como citado anteriormente, observa-se que em média (Figura 2) todos os genótipos apresentaram crescimento favorável em todos os anos de avaliação com superioridade do crescimento do diâmetro de copa quando comparado a altura da planta, evidência de que a seleção feita por Melo (2004) foi eficiente para obtenção de clones com formato de copa tipo “guarda chuva”.

Observa-se também a diminuição da altura das plantas no quinto ano de avaliação dos clones, resultado da curvatura natural do ápice da planta ao atingir a altura máxima, ou em função do peso provocado pela presença acentuada dos frutos, durante todo o ano. Esse comportamento das aceroleiras já havia sido descrito por Cordeiro (2000 e 2005) em progênies de aceroleiras de primeiro e segundo ciclo de seleção, contudo o autor cita este comportamento a partir do terceiro ano de idade das plantas. Diferentemente dos clones deste trabalho que só apresentaram este comportamento no quinto ano de idade, em 2007.

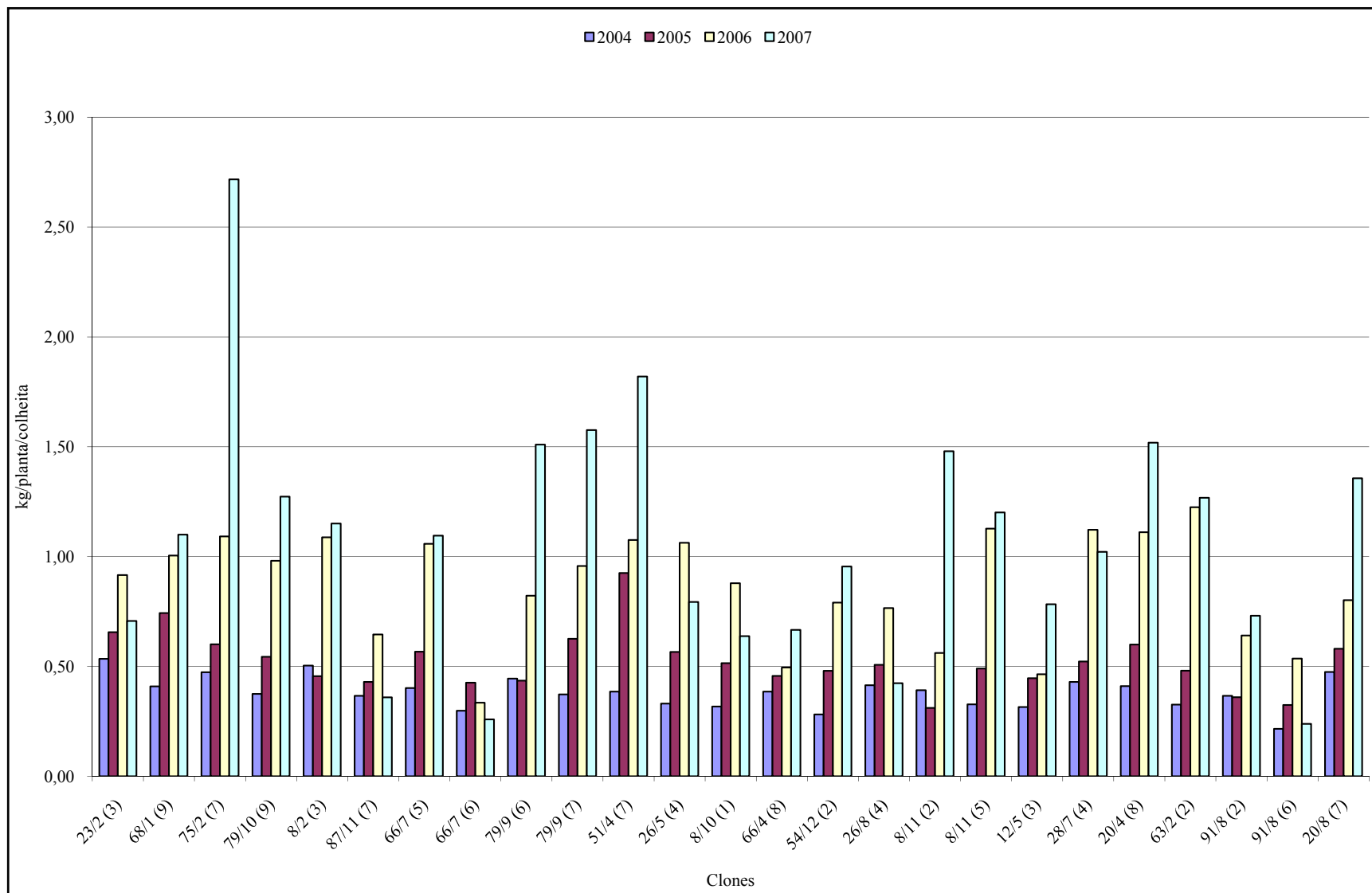


**Figura 2** - Média geral da altura da planta (AP) e diâmetro de copa (DC) de 25 clones de aceroleira originados do segundo ciclo de seleção, em cinco anos de avaliação (2003 a 2007).

No que diz respeito às médias para a característica P/PL/COL, observou-se uma elevada amplitude de variação de 0,33 a 1,22 kg, com destaque para o clone 75/2 (7) que apesar de não diferir estatisticamente dos demais clones apresentou o maior valor de produção. Contudo, este valor ainda é inferior ao valor de produção obtido pelos quatro clones de aceroleira recomendados pela Embrapa CNPAT (PAIVA *et al.* 2003), conforme citado por Cunha Neto (2006).

A Figura 3 contém os valores da produção média dos 25 clones de aceroleira nos anos de 2004 a 2007. Verifica-se que as maiores produções ocorreram em 2007, com destaque para o clone 75/2 (7) que apresentou uma produção de 2,72 kg/planta/colheita, deve-se salientar que esta produção em comparação com os valores do ano anterior, foi muito elevada superando o clone 63/2 (2) que no referido ano produziu 1,22 kg de frutos por planta por colheita. Porém, é importante mencionar que a característica de produção é fortemente influenciada pelas condições ambientais tais como as irregularidades na distribuição de água em decorrência de problemas no sistema de irrigação, ou condições do solo, por exemplo. Desta maneira, a superioridade do clone 75/2 (7) pode ter sido em decorrência de condições ambientais favoráveis a este genótipo e desfavoráveis aos demais, ou em função de erros na pesagem dos frutos, pois como observado na Tabela 5, os dados deste experimento, para o ano de 2007, não foram precisos, em virtude do elevado valor do coeficiente de variação experimental (69,94%).

Na Tabela 8, encontram-se os dados médios referentes às características de pós-colheita dos frutos dos 25 clones de aceroleira, obtidos após três colheitas, são elas: peso (g), firmeza (N), sólidos solúveis totais (SST), acidez titulável (AT), relação SST/AT, pH e teor de vitamina C (mg/100 g de polpa). Os clones apresentaram peso médio de 6,97 g com amplitude de variação de 4,52 a 8,61 g, para os clones 63/2 (11) e 66/4 (17), respectivamente. Na Figura 3, é detectada predominância de frutos com peso superior a 7,5 g (48%), destaque para o clone 66/4 (17) com maior peso médio. Cordeiro (2000) ao avaliar as progênies de segundo ciclo que deram origem aos clones deste experimento verificou que apenas 8% das progênies avaliadas apresentavam peso acima de 7,5 g mostrando eficiência na seleção realizada por Melo (2004), para esta característica.

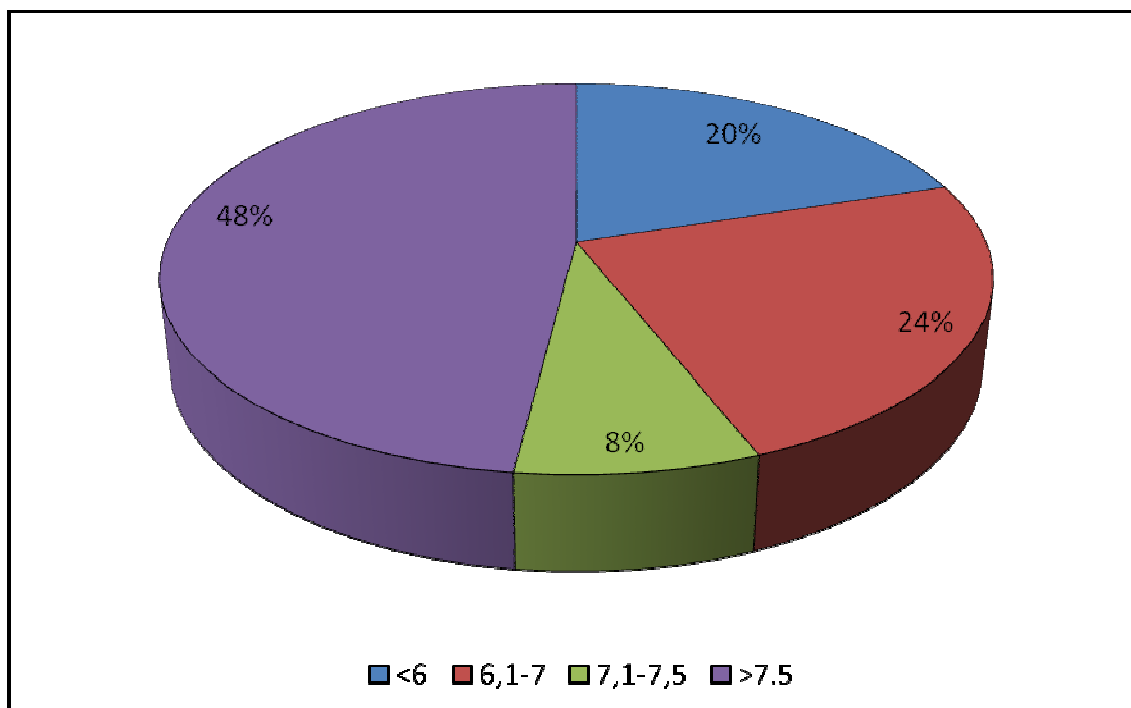


**Figura 2** - Média da produção por planta por colheita dos 25 clones de aceroleira em quatro anos de avaliação.

Tabela 8 – Médias das características de pós-colheita dos 25 clones de aceroleira, com base na média de três colheitas.

<b>Clones</b>	<b>PESO*</b>	<b>FIRM</b>	<b>SST</b>	<b>AT</b>	<b>SST/AT</b>	<b>pH</b>	<b>Vit C</b>
23/2 (3)	8,16	2,41	6,13	1,46	4,71	3,32	1119,58
68/1 (9)	6,56	3,17	7,65	1,26	6,66	3,44	1160,05
75/2 (7)	7,66	3,39	7,15	1,12	7,09	3,42	994,84
79/10 (9)	8,32	3,03	7,75	1,63	5,06	3,23	1347,36
8/2 (3)	5,85	2,98	6,25	1,11	6,31	3,39	961,94
87/11 (7)	7,15	4,21	9,03	1,72	5,88	3,30	1291,29
66/7 (5)	8,07	3,39	7,73	1,14	6,88	3,34	1076,48
66/7 (6)	5,63	3,31	8,05	1,43	6,67	3,33	1141,39
79/9 (6)	7,99	3,33	5,58	1,33	4,52	3,19	819,02
79/9 (7)	6,48	3,00	7,38	1,54	5,32	3,18	1031,65
51/4 (7)	7,02	3,74	7,45	1,21	6,35	3,27	1177,16
26/5 (4)	7,77	2,67	6,30	1,72	3,95	3,13	1272,82
8/10 (1)	7,92	3,52	6,95	1,35	5,15	3,17	1434,86
66/4 (8)	8,61	3,00	7,48	1,20	6,60	3,35	1067,23
54/12 (2)	5,41	3,11	7,38	1,01	7,35	3,33	880,54
26/8 (4)	8,12	3,03	7,45	1,54	5,33	3,16	1090,41
8/11 (2)	7,83	2,86	7,50	1,43	5,45	3,20	971,30
8/11 (5)	6,75	2,70	6,80	1,38	5,36	3,17	1178,37
12/5 (3)	8,02	3,89	5,90	1,40	4,37	3,13	1191,03
28/7 (4)	5,43	3,42	6,13	0,89	7,30	3,47	863,38
20/4 (8)	6,01	3,56	6,48	0,78	8,98	3,50	744,51
63/2 (2)	4,52	3,19	6,33	1,47	4,76	3,22	1246,41
91/8 (2)	6,29	3,39	8,43	1,44	6,31	3,31	1277,81
91/8 (6)	5,94	3,76	7,05	1,24	6,65	3,40	1225,72
20/8 (7)	6,69	2,81	6,78	1,20	5,77	3,24	1028,12
Mínimo	4,52	2,41	5,58	0,78	3,95	3,13	744,51
Máximo	8,61	4,21	9,03	8,45	8,98	3,50	1434,86
Média	6,97	3,24	7,08	1,60	5,91	3,29	1103,73

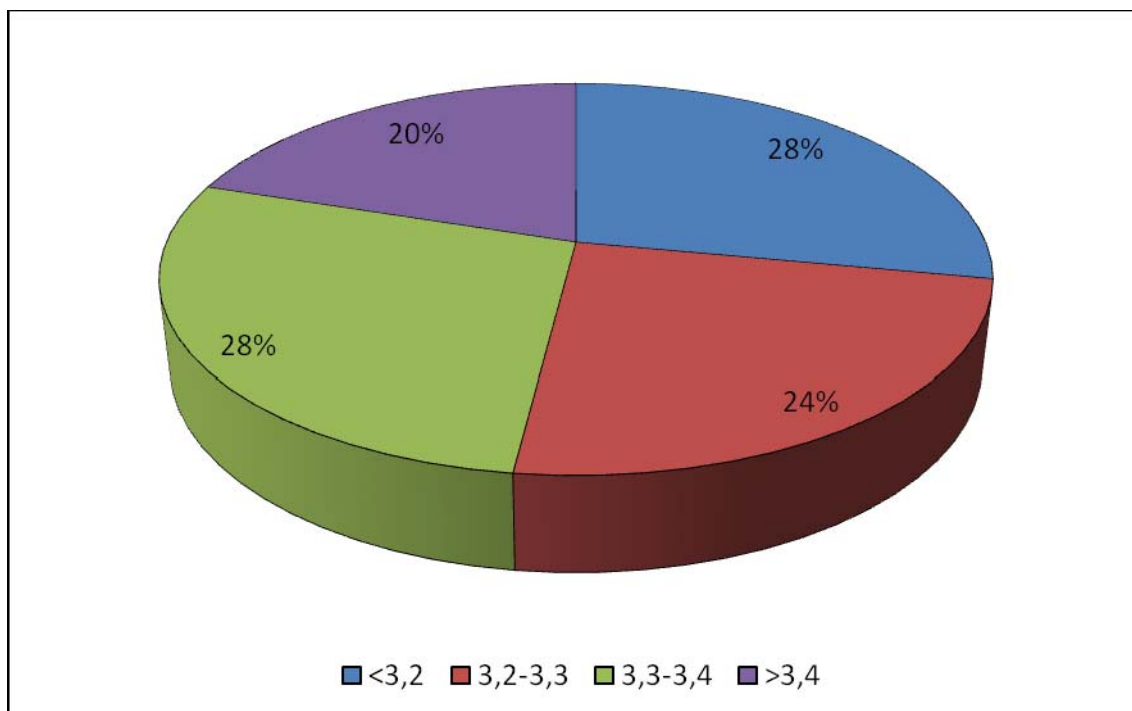
\*PESO – em gramas; FIRM – em unidades de *Newton*; SST – em °BRIX; AT - em % de ácido málico; Vit C – em mg/100 g de polpa.



**Figura 3** - Porcentagem de clones de acerola de acordo com o peso (g) médio de frutos.

Com relação à firmeza observou-se média de 3,24 *N* com amplitude de variação de 2,41 *N* a 4,21 *N*, destaque para o clone 87/11 (16) com maior valor médio de firmeza. Para o teor de sólidos solúveis totais (SST), ocorreu variação de 9,03 °BRIX a 5,58 °BRIX onde se destacou o clone 87/11 (7) com teor de sólidos solúveis totais superiores aos demais, inclusive ao encontrado por Paiva *et. al.* (2003).

No que se refere ao pH (Tabela 9) se observa pequena amplitude de variação (3,50 a 3,13) e média de pH igual a 3,29. Na Figura 4, é verificada frequência de 20% de clones com teores de pH acima de 3,4 valor inferior ao valor encontrado por Cordeiro (2000) em avaliação com as progênies que originaram os clones avaliados neste trabalho. Moura *et. al.* (1997) ao avaliar em uma amostra de 55 plantas das progênies de primeiro ciclo de seleção, descrevem uma correlação negativa entre o pH e teor de vitamina C. Segundo Cordeiro (2000) a seleção indireta para o teor de vitamina C com base no pH proporcionará diminuição do teor de vitamina C. Contudo, Simão (1971) menciona que variedades de acerolas mais ácidas apresentam teores mais altos de vitamina C. Este fato foi constatado por Lima *et al.* (2002a) que caracterizando acerolas maduras encontraram teor de ácido ascórbico variando de 1.066,66 a 1.845,79 mg/100 mL de polpa, e frutos menos ácidos com menores teores de vitamina C.



**Figura 4** - Porcentagem de progênies de acerola de acordo com o teor do pH médio do fruto.

Ao verificar a Tabela 9, observa-se que o conteúdo de vitamina C apresentou grande amplitude de variação (744,51 a 1.434,86 mg/100 g de polpa) com média de 1.103,73 mg/100 g de polpa. Pode-se destacar o clone 8/10 (1) que teve o maior conteúdo de vitamina C. Este clone superou o valor encontrado por Cunha Neto (2006) com o clone 79/10 (9) que na atual avaliação ficou na segunda posição com 1.353,86 mg/100 g de polpa de vitamina C, contudo todos os clones ainda apresentam conteúdo de vitamina C inferior aos encontrados por Paiva *et. al.* (2003) nos quatro clones atualmente recomendados pela Embrapa CNPAT.

De maneira geral é possível selecionar e recomendar entre os 25 clones avaliados, genótipos superiores com base nas características avaliadas, principalmente em relação a AP, DC, P/PL/Col e Vit C, destacando-se os clones 87/11 (7), 79/10 (9) e 8/10 (1) com potencial para serem recomendados para experimentos de larga escala ou mesmo para o plantio comercial por apresentarem baixa altura, boa conformação de copa e elevada produção de frutos com altos teores de vitamina C.

## 5. CONCLUSÕES

- a) Os clones de aceroleira originados de segundo ciclo de seleção apresentam reduzida variabilidade genética para as características altura e diâmetro de copa, demonstrando a eficiência do método de seleção entre e dentro de progênies;
- b) A seleção de clones superiores, com base nas características morfológicas poderá apresentar resultados satisfatórios a partir do segundo ano de avaliação;
- c) Entre os 25 clones avaliados foi observada a existência de materiais superiores que podem ser selecionados e recomendados para o plantio comercial no Estado do Ceará com base em suas características agronômicas e de pós-colheita, como por exemplo os clones 8/10 (1), 79/10 (9) e 87/11 (7).

## 6. REFERÊNCIAS

ASSOCIATION OF OFICIAL ANALYTICAL CHEMISTRY. **Official methods of analyses of Association of Official Analytical Chemistry**. 10. ed. Washington: AOAC, 1992.115.

BANZATO, D. A.; KRONKA, S. do N. **Experimentação agrícola**. Jaboticabal: FUNESP, 1989. 247p.

BORÉM, A. **Melhoramento de plantas**. Viçosa: UFV, 1997. 547p

CAVALCANTI, J. J. V.; **Cruzamento dialélico parcial para avaliação de híbridos interpopulacionais de cajueiro (*Anacardium occidentale* L.)** Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Universidade Federal de Lavras, 1997.

CORDEIRO, E. R. **Parâmetros genéticos e seleção de progênies de aceroleira em segundo ciclo**. Fortaleza, UFC, 2005. 102p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Universidade Federal do Ceará, 2005.

CORDEIRO, E. R. **Seleção de progênies de polinização livre e estimativa de parâmetros genéticos em acerola (*Malpighia emarginata* D. C.)**. Fortaleza, UFC, 2000. 63p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal do Ceará, 2000.

CRUZ, C. D. **Programa GENES: aplicativo computacional em genética e estatística**. Viçosa: UFV, 1997. 442p.

CUNHA NETO, J.; **Potencial agrônômico e de pós-colheita em clones de aceroleira de segundo ciclo de seleção**. Monografia (Graduação em Agronomia) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2006.

FREIRE, J. A. O.; LIMA, A. N.; FREIRE, A. L. O.; MARINUS, J. V. M. L.; DIAS, T. J.; SILVA, J. P. Avaliações biométricas de aceroleiras (*Malpighia emarginata* DC) e caracterização de atributos internos e externos dos frutos. **Engenharia ambiental**. Espírito Santo, v.5, n. 2, p. 041-052, mai/ago 2008.

GOMES, F. P. **Curso de estatística experimental**. 12. ed. Piracicaba: ESALQ-USP, 1987. 467P.

LIMA, V. L. A. G.; MUSSER, R. S.; LEMOS, M. A. **Análise conjunta das características físico-químicas de acerola (*Malpighia emarginata* D.C.) do banco ativo de germoplasma em Pernambuco**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 17., 2002, Belém, **Anais...** Belém: SBF, 2002. CD-ROM.



LOPES, R.; PAIVA, J. R. Aceroleira. In: BRUCKNER, C. H. (Ed). **Melhoramento de fruteiras tropicais**. Viçosa, MG: UFV, 2002. 422p.

MELO, D. S. **Obtenção e avaliação de clones de aceroleira originados de progênies de segundo ciclo de seleção**. Monografia (Graduação em Agronomia) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 44p, 2004.

MOURA, C. F. H.; ALVES, R. E.; MOSCA, J. L.; PAIVA, J. R.; OLIVEIRA, J. J. G. Fruit physiochemical characteristics of acerola (*Malpighia emarginata*) clones in commercial orchards. **PROCEEDINGS OF THE INTERAMERICAN SOCIETY FOR TROPICAL HORTICULTURE**. Guatemala: v.41. p.194-198. 1997.

PAIVA, J. R., ALVES, R. E.; BARROS, L. M.; CRISÓSTOMO, J. R.; MOURA, C. F. H.; ALMEIDA, A. S.; NORÕES, N. P. Clones de aceroleira: BRS 235 ou Apodi, BRS 236 ou Cereja, BRS 237 ou Roxinha e BRS 238 ou Frutacor. **Comunicado Técnico 87**. Brasília: EMBRAPA-CNPAT, 2003

PAIVA, J. R.; ALVES, R. E.; ALMEIDA, A. S.; CORDEIRO, E. R.; PINTO, S. A. A. Características qualitativas dos frutos de progênies de polinização livre de acerola. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GENÉTICA, 45, 1999, Gramado. **Anais...** Gramado: SBG, 1999c. p.685.

PAIVA, J. R.; ALVES, R. E.; ALMEIDA, A. S.; PINTO, S. A. A. **Conteúdo de vitamina “C” em plantas de acerola selecionadas em gerações parental e filial**. Pesquisa em andamento, nº 36. p. 1-3, Fortaleza – CE, 1998.

PAIVA, J. R.; ALVES, R. E.; CORREA, M. P. F.; FREIRE, F. C. O.; BRAGA SOBRINHO, R.; JUCÁ, W. Seleção e clonagem de plantas de acerola (*Malpighia spp.*). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 14º, 1996, Curitiba. **Anais...** Curitiba: SBF, 1996. p.38.

PAIVA, J. R.; ALVES, R. E.; BARROS, L. M. Melhoramento genético da acerola (*Malpighia emarginata* D.C.) na Embrapa Agroindústria Tropical. In: QUEIRÓZ, M. A.; GOEDERT, C. O.; RAMOS, S.R.R. (ed). **Recursos Genéticos e Melhoramento de Plantas para o Nordeste brasileiro**. (on line). Versão 1.0. Petrolina-PE: Embrapa Semi-Árido / Brasília-DF: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, nov. 1999a. Disponível via Word Wide Web <http://www.cpatsa.embrapa.br>.

SIMÃO, S. Cereja das Antilhas. In: SIMÃO, S. (Ed.) **Manual de Fruticultura**. São Paulo: Agronomia Ceres, 1971. cap.15. p. 477-485.

STELL, R. G. D.; TORRIE, J. R. **Principles and procedures of statistics**. 2. Ed. New York: McGraw-Hill, 1980. 633p.

STROHERCKER, R., HENNING, H.M. **Análisis de vitaminas:** métodos comprobados. Madrid: Paz Montalvo, 1997. 482p.

VENCOVSKY, R. Herança quantitativa. In: PATERNIANI, E.; VIÉGAS, G. P. (Ed). **Melhoramento e produção do milho.** Campinas, SP: Fundação Cargill, 1978. p. 137-209.

## **Capítulo II. Correlações fenotípicas e estimativas dos coeficientes de repetibilidade para caracteres agronômicos e de pós-colheita em clones de aceroleira de segundo ciclo de seleção.**

### **1. RESUMO**

Em programa de melhoramento de plantas, a certeza da superioridade genética de um indivíduo é de fundamental importância, seja para escolher progenitores para recombinação ou quando se quer selecionar novas cultivares. Entretanto, para que a seleção de genótipos superiores seja eficiente, na maioria das vezes, são necessárias repetições no tempo ou no espaço. Neste contexto, a estimativa do coeficiente de repetibilidade e as correlações entre características constituem-se em excelentes ferramentas para o melhorista, dessa forma utilizando-se destas ferramentas esse trabalho foi desenvolvido com o propósito de prever qual o número necessário de avaliações para se detectar a superioridade dos clones de aceroleira em experimentos de competição de clones como também verificar a viabilidade da seleção indireta. O experimento foi instalado no Campo Experimental de Paraipaba (CE), sob delineamento de blocos ao acaso, com 25 tratamentos, três repetições e três plantas por parcela, no espaçamento de 4 m x 4 m. Estimou-se os coeficientes de repetibilidade por cinco métodos diferentes: ANOVA, componentes principais com base na matriz de covariâncias, componentes principais com base na matriz de correlações, análise estrutural com base na matriz de covariâncias e análise estrutural com base na matriz de correlações. Ao comparar os cinco métodos avaliados, observou-se que o método dos componentes principais com base na matriz de covariância se apresenta como o mais eficiente para a estimação do coeficiente de repetibilidade. O baixo valor do coeficiente de repetibilidade da característica acidez titulável mostra alta irregularidade de um ciclo para outro, de forma que o aumento no número de medições pouco acrescenta em precisão. As estimativas dos coeficientes de repetibilidade das características AP, DC e P/PL/Col, demonstram alta regularidade na superioridade dos indivíduos de um ciclo para outro de modo que de 4 a 6 avaliações são suficientes para prever o valor real dos indivíduos com nível de certeza de 95%. Com base nos coeficientes de correlação entre os caracteres conclui-se que a seleção de frutos com maior conteúdo de vitamina C pode ser realizada de forma indireta.

**Palavras-chave:** repetibilidade, componentes principais, correlação.

## 1.2 ABSTRACT

In plant breeding programs in order to launch new cultivars or choice of parents for recombination, the certainty of genetic superiority of an individual is of fundamental importance, so that selection of superior genotypes to be efficient in most cases are required repeated measurements (in time or space). In this context, the estimate of the coefficient of repeatability and correlations between features are excellent tools in it for the better, so that it can predict the number of evaluations required to detect the superiority of clones of aceroleira in experiments of competition of clones but also verify the feasibility of indirect selection. The experiment was installed in the Experimental of Paraipaba (CE), under a randomized block design, with 25 treatments, three replications and three plants per plot, spaced 4 m x 4 m. It was estimated the coefficients of repeatability of five different methods: ANOVA, principal components (based on the matrix of covariance and correlation) and structural analysis (based on the matrix of covariance and correlation). By comparing the five methods evaluated, it was observed that the method of principal components based on a correlation matrix is presented as the most efficient for the estimation of the coefficient of repeatability. The low coefficient of repeatability of AT feature shows high irregularity of one cycle to another, so that the increase in the number of measurements adds little in precision. The estimates of the coefficients of repeatability characteristics of AP, DC, WEIGHT, TSS and vitamin C, show high regularity in the superiority of individuals from one cycle to another, and that on average five cycles of evaluation are sufficient to predict the real value of individuals with level of certainty of 95%. Based on the correlation coefficients between the characters concluded that the selection of fruits with higher content of vitamin C can be carried out indirectly.

**Keywords:** repeatability, principal components, correlation.

## 2. INTRODUÇÃO

Nos programas de melhoramento de plantas com o intuito de lançar novas cultivares ou para escolha de progenitores para recombinação, a certeza da superioridade genética de um indivíduo é de fundamental importância, de modo que para a seleção de genótipos superiores ser eficiente, na maioria das vezes são necessárias medições repetidas (no tempo ou no espaço). Neste contexto, a estimativa do coeficiente de repetibilidade se constitui em uma excelente ferramenta para o melhorista, de forma que este pode prever qual o número necessário de avaliações para se detectar a superioridade dos clones de aceroleira em experimentos de competição de clones.

No melhoramento de plantas perenes como a aceroleira (LOPES *et al.*, 2001), videira (SATO *et al.*, 2000), erva-mate (RESENDE e SILVA, 1991), seringueira (GONÇALVES *et al.*, 1990), cacaueteiro (RESENDE e DIAS, 2000) e coqueiro (SIQUEIRA, 1982), a realização dessas medidas é uma prática comum, contudo, na maioria dos casos são necessários longos períodos de tempo, aumentando os custos com mão-de-obra para realização dos trabalhos de melhoramento.

Segundo Lopes *et al.* (2001), o conhecimento do coeficiente de repetibilidade das características de interesse permite avaliar o dispêndio de tempo e mão-de-obra necessários, para que a seleção de indivíduos geneticamente superiores seja feita com a precisão desejada pelo pesquisador. O coeficiente de repetibilidade mede a capacidade dos organismos em repetir a expressão do caráter ao longo de vários períodos de tempo ou espaço, no decorrer de suas vidas, permitindo ao pesquisador determinar o número de safras a serem adotadas em um programa eficiente de melhoramento genético (RESENDE, 2000). Cruz e Regazzi (1997) citam que a repetibilidade expressa à proporção da variância total que é explicada pelas variações proporcionadas pelos genótipos e pelas alterações permanentes atribuídas ao ambiente comum. Ressalta-se que através do seu estudo é possível estimar o número de medições necessárias para predizer o valor real de um genótipo.

Valores altos da estimativa do coeficiente de repetibilidade do caráter avaliado indicam que é possível predizer o valor real dos indivíduos com um número relativamente pequeno de medições e que, com o aumento do número de medidas repetidas, haverá pouco ganho em precisão (FALCONER, 1987). De acordo com o autor, o coeficiente de repetibilidade representa o limite superior do coeficiente de herdabilidade ( $h^2$ ) e permite estimar quantas observações fenotípicas devem ser feitas em cada indivíduo para que a

seleção seja realizada com eficiência e com o mínimo de trabalho. Para Cruz e Regazzi (1994), na medida em que a variância proporcionada pelos efeitos do ambiente é minimizada, o coeficiente de repetibilidade aproxima-se da estimativa da herdabilidade no sentido amplo.

Todavia quando a repetibilidade é baixa, grande número de repetições será necessário para que se alcance um valor de determinação satisfatório. O conhecimento do coeficiente de repetibilidade permite, portanto, que a fase de avaliação seja executada com eficiência, mas com dispêndio mínimo de tempo e mão-de-obra.

Na literatura é possível verificar que em diferentes culturas, se observa a existência de diferentes métodos que permitem estimar os coeficientes de repetibilidade como por exemplo: análise de variância (ANOVA), componentes principais e análise estrutural, ambos os métodos baseados na matriz de correlação e covariância (ABEYWARDENA, 1972; MANSOUR *et al.*, 1981; CRUZ e REGAZZI, 1997).

A análise de variância tem sido o método mais utilizado para estimação do coeficiente de repetibilidade (CAVALCANTE *et al.*, 2000), contudo, para Cruz e Regazzi (1994), este método tende a subestimar o coeficiente de repetibilidade nas situações em que o fator periodicidade ocorre, uma vez que a análise de variância pode não eliminar este componente do erro experimental. Nestas situações recomenda-se a utilização da técnica dos componentes principais para que o coeficiente de repetibilidade possa ser mais eficientemente estimado (ABEYWARDENA, 1972).

O conhecimento da correlação entre caracteres também se constitui em um importante parâmetro a ser utilizado nos programas de melhoramento de plantas com o objetivo de aumentar a eficiência do processo de seleção. O coeficiente de correlação permite direcionar as estratégias de melhoramento a serem adotadas, maximizando os ganhos genéticos por meio dos ciclos de seleção (FARIAS NETO, 2004). Souza *et al.* 2007, ressaltam que o conhecimento da associação entre caracteres agronômicos e morfológicos pode ser primordial quando existe a necessidade de ser feita seleção simultânea de caracteres.

A correlação existente entre os caracteres permite uma orientação na seleção, pois objetiva o aprimoramento dos genótipos para um conjunto de caracteres e não para os mesmos de forma isolada, tornando possível a seleção indireta de caracteres desejáveis correlacionados positivamente (VENCOVSKY; BARRIGA, 1992). Quando as correlações são positivas e de alta magnitude, os caracteres podem ser considerados uma única unidade de seleção. Por sua vez, as correlações negativas geralmente dificultam a seleção simultânea dos caracteres superiores nos programas de melhoramento.

As correlações quantificam a possibilidade de ganhos via seleção indireta por seleção entre caracteres correlacionados, de tal maneira que caracteres com baixa herdabilidade têm a seleção mais eficiente quando realizada sobre os caracteres de elevada herdabilidade que lhe são correlacionados (CRUZ e REGAZZI, 1994). Santos e Vencovsky (1986) e Carvalho *et al.*, (2004) ressaltam que ao selecionar caracteres de alta herdabilidade e de fácil aferição e que evidenciem alta correlação com o caráter desejado, o melhorista poderá obter progressos mais rápidos em relação ao uso de seleção direta.

Sendo assim, diante da importância apresentada pelo coeficiente de repetibilidade e pelas correlações entre os caracteres avaliados nos programas de melhoramento genético, o presente capítulo foi desenvolvido com o objetivo de comparar os cinco métodos de estimação e determinar o número necessário de repetições para realização de uma seleção eficiente, como também determinar quais são as características correlacionadas entre 25 clones de aceroleira de segundo ciclo de seleção, com base nos seus caracteres agronômicos e de pós-colheita.

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1. Obtenção dos clones

Os clones foram obtidos a partir de seleção preliminar de plantas individuais, realizada no experimento com progênes de acerola de segundo ciclo de seleção, localizado no Campo Experimental de Pacajus-CE, localizado a 4°10' S e 38°27' W, com altitude de 60 m, a partir de um estande de 1.152 plantas (MELO, 2004). Vale destacar que, o clima da região é predominantemente sub-úmido (Aw de Köppen), com pluviosidade média de 933,3 mm/ano e temperatura média de 26,3 °C.

As progênes de segundo ciclo foram submetidas a seleção em duas etapas distintas, a primeira tinha como meta selecionar as plantas mais produtivas. Já a segunda consistiu na seleção com base nos aspectos sanitários e vigor das plantas. As plantas superiores foram selecionadas e clonadas, através da enxertia tipo “fenda cheia” (MELO, 2004).

#### 3.2. Delineamento Experimental

O experimento foi instalado, em dezembro de 2002, em Neossolo Quartzarênico de relevo plano, na Embrapa-CNPAT, no Campo Experimental de Paraipaba - CE, localizado a 3° 27' 47" S e 39° 09' 47" W, com altitude de 31 m acima do nível do mar. O clima da região é classificado como tropical chuvoso (Aw' de Köppen), clima de savana, sendo caracterizado por apresentar o pico de chuvas nos meses de janeiro a junho e pluviosidade anual média de 923,7 mm.

O delineamento utilizado foi de blocos ao acaso com 25 tratamentos (clones), 3 repetições, com 3 plantas por parcela em um espaçamento de 4 m x 4 m, totalizando 225 plantas, ocupando uma área de 3.600 m<sup>2</sup>.

Na tabela 1 pode ser observada a identificação padronizada dos clones, de acordo com o exemplo a seguir: **8/2(6)**, onde o número 8 corresponde a oitava planta selecionada entre as 100 matrizes obtidas na seleção massal, que originou uma família de plantas (progênes) de primeiro ciclo; 2 – corresponde ao número da planta selecionada dentro da progênie de primeiro ciclo, originando a progênie de segundo ciclo 8/2; (6) – o número da



planta selecionada dentro da progênie 8/2 de segundo ciclo de seleção. O uso desta simbologia permite ao melhorista identificar todos os antecessores que deram origem aos clones utilizados neste trabalho.

Tabela 1 - Identificação e origem dos clones de aceroleira selecionados nas progênies de segundo ciclo.

<b>NÚMERO DA PARCELA</b>	<b>CLONES</b>	<b>ORIGEM</b>
101/207/308	23/2(3)	Planta selecionada na progênie de 2º ciclo de seleção em Pacajus.
102/215/306	68/1(9)	“
103/214/320	75/2(7)	“
104/222/307	79/10(9)	“
105/204/303	8/2(3)	“
106/223/313	87/11(7)	“
107/225/314	66/7(5)	“
108/206/302	66/7(6)	“
109/218/321	79/9(6)	“
110/201/323	79/9(7)	“
111/217/315	51/4(7)	“
112/221/317	26/5(4)	“
113/210/305	8/10(1)	“
114/220/312	66/4(8)	“
115/209/324	54/12(2)	“
116/208/301	26/8(4)	“
117/205/322	8/11(2)	“
118/216/318	8/11(5)	“
119/202/309	12/5(3)	“
120/224/304	28/7(4)	“
121/213/325	20/4(8)	“
122/203/310	63/2(2)	“
123/212/316	91/8(2)	“
124/219/311	91/8(6)	“
125/211/319	20/8(7)	“

### **3.3. Manejo e condução do experimento.**

#### **3.3.1. Preparo da área**

Com auxílio de uma grade niveladora realizou-se o nivelamento da área destinada ao plantio dos clones, logo após procedeu-se à instalação do sistema de irrigação. Posteriormente foi realizada a adubação de fundação, 15 dias antes do plantio das mudas. Ao final deste período, as mudas foram retiradas dos tubetes e plantadas no seu local definitivo.

### **3.3.2. Tratos culturais**

Com exceção do período chuvoso, as plantas foram irrigadas diariamente, por microaspersão com vazão de 43 L/h em período de uma hora. A adubação de fundação foi realizada segundo a análise de fertilidade do solo, com a aplicação de 100 g de calcário, 260 g de superfosfato triplo e 50 g de FTE.

A adubação de cobertura foi aplicada convencionalmente, ou via irrigação, em doses de 22 g de uréia e 20 g de cloreto de potássio por planta, a cada dois meses (no primeiro ano). A partir do segundo ano foram aplicados 43 g de uréia, 117 g de superfosfato simples, 40 g de cloreto de potássio e 8 g de FTE. Nos meses de agosto e dezembro de 2005 e março de 2006, foram realizadas adubações orgânica com a aplicação de 15 L/planta de esterco de ovino (curtido), totalizando 45 L/planta após as 3 doses.

## **3.4. Características agronômicas**

### **3.4.1. Morfologia**

As medidas referentes às características morfológicas das plantas tais como a mensuração da altura (m) e do diâmetro da copa (m), foram medidas anualmente, em meados do mês de dezembro nos anos de 2003 a 2007, utilizando-se como instrumento uma trena métrica. Após a realização da coleta desses dados, estimou-se a altura média da planta e o diâmetro médio da copa dos clones em cada parcela.

### **3.4.3. Produção**

Do primeiro (2004) ao quarto ano de produção (2007), avaliou-se a produção média de frutos dos clones. A colheita foi feita separadamente por planta, possibilitando a obtenção da produção por planta por colheita (P/PL/Col). Segundo Cunha Neto (2006) esta variável é bastante precisa e fornece ao produtor uma estimativa de qual o volume de produção que o mesmo pode obter por cada planta no momento da colheita.

A avaliação da produção constou de um total de 68 colheitas sendo que deste somatório, 19, 28, 12 e 9 colheitas foram realizadas nos anos de 2004, 2005, 2006 e 2007, respectivamente. A coleta dos frutos foi realizada no período de maio a outubro, porém no

ano de 2006 as colheitas foram realizadas apenas nos picos de produção que ocorreram no período chuvoso (mês de maio) e seco (meses de setembro a outubro), já em 2007 foram realizadas no período de maio a junho, esta avaliação não prosseguiu até o final do ano em virtude de escassez de recursos financeiros para condução das coletas.

### 3.5. Características de pós-colheita.

As avaliações físico-químicas dos frutos foram realizadas no laboratório de pós-colheita e fisiologia vegetal da Embrapa Agroindústria Tropical, de acordo com a metodologia utilizada no laboratório, descrita nos tópicos a seguir. Foram executadas quatro avaliações nos anos de 2005 a 2007, sendo duas no pico de produção do período seco do ano (2005 e 2006) e duas no pico de produção do período chuvoso dos anos 2006 e 2007. Contudo, neste trabalho não se utilizou os dados referentes à última análise, para as características de firmeza e peso médio de fruto (período chuvoso de 2007), em função de problemas com os equipamentos utilizados nestas análises

Amostras de aproximadamente 1,5 kg de frutos, no estágio intermediário de maturação (Figura 1), foram acondicionadas em sacos plásticos, codificadas com a numeração dos respectivos tratamentos e encaminhadas para o laboratório de pós-colheita da Embrapa-CNPAT, em Fortaleza, e submetidas às primeiras avaliações (firmeza e peso médio) antes do resfriamento em freezer a uma temperatura de 18 °C negativos. Após o descongelamento, os frutos foram submetidos a avaliações para determinação da acidez titulável, pH, °BRIX e teor de vitamina C dos clones.



**Figura 1.** Amostra de frutos submetidos às avaliações de pós-colheita.

### 3.5.1. Peso do fruto

No momento da chegada dos frutos ao laboratório de pós-colheita coletou-se, ao acaso, uma amostra de 40 frutos para pesagem e determinação do peso médio dos frutos de cada clone, com auxílio de uma balança digital semi-analítica com 3 casa decimais.

### 3.5.2. Firmeza

A avaliação de firmeza foi realizada com o auxílio de um penetrômetro (BISHOP FT 327). Os dados de firmeza foram obtidos com base na média de 20 frutos coletados ao acaso dentro da amostra, procedendo-se duas perfurações em cada fruto. Os valores de firmeza fornecidos pelo penetrômetro foram convertidos em unidades de Newton (Sistema Internacional), através da Equação 1, uma vez que o aparelho fornece dados em unidades de libra.

$$N = lb \times K \quad (1)$$

Onde:  $N$  – valores em unidades de Newton;

$lb$  – valores em unidades de libra;

$K$  – fator de conversão ( $K = 4,482$ ).

### 3.5.3. Vitamina C

A determinação do conteúdo de vitamina C nos frutos foi realizada segundo a metodologia proposta por Strohercker e Henning (1997). Após o descongelamento dos frutos efetuou-se a extração da polpa, com auxílio de um processador doméstico. Em seguida pesou-se aproximadamente um grama do suco que foi diluído em 100 mL de ácido oxálico a 0,5%. Desta diluição foram retiradas duas alíquotas de 4,0 mL que por sua vez foram diluídas em Erlenmeyer de 50 mL para posterior titulação em solução de DFI (2,6-diclorofenol-indofenol 0,02%), até atingirem a coloração rósea clara permanente.

### 3.5.4. Sólidos Solúveis Totais (SST)

O suco proveniente da extração da polpa foi submetido à filtragem em papel filtro, para determinação do teor de SST em °BRIX a partir de uma gota do suco filtrado, com o auxílio de um refratômetro digital, ATAGO 101, de acordo com metodologia recomendada pela AOAC (1992).

### 3.5.5. pH e Acidez Titulável (AT)

As determinações de pH e AT foram feitas em um potenciômetro digital com membrana de vidro segundo a metodologia recomendada pela AOAC (1992). O valor do pH foi obtido diretamente do suco de cada clone, e a AT em uma amostra de aproximadamente 1,0 g da polpa dos frutos de cada clone diluída em 50 mL de água destilada, vale salientar que esta diluição foi levada em consideração no cálculo da AT de acordo com a AOAC (1992).

## 3.6. Estimação dos coeficientes de repetibilidade e correlações simples

Os coeficientes de repetibilidade dos 25 clones de aceroleira foram estimados no período de cinco anos, nos quais as medições fenotípicas foram repetidas em cinco ciclos de avaliação (2003 a 2007) para as características AP e DC; em quatro ciclos (2004 a 2007) para a característica P/PL/Col e em três ciclos (2005 a 2006) para as características a seguir: PESO, FIRM, SST, AT, SST/AT, pH e Vit C.

As estimativas dos coeficientes de repetibilidade foram obtidas pelos métodos: análise de variância (ANOVA); componentes principais, com base na matriz de correlações e de covariâncias (COMPCR e COMPCV, respectivamente); e análise estrutural (AE), com base na matriz de correlações e covariâncias entre cada par de medições avaliadas nos genótipos.

Utilizou-se o modelo estatístico com dois fatores de variação (ciclo de produção e indivíduos), citado por Lopes *et. al* (2001):

$$Y_{ij} = m + g_i + a + \varepsilon_{ij}$$

Onde:

$Y_{ij}$ : observação referente ao  $i$ -ésimo indivíduo na  $j$ -ésima medição (ciclo de produção);

m: média geral;

$g_i$ : efeito aleatório do  $i$ -ésimo indivíduo sob a influência do ambiente permanente ( $i = 1, 2, \dots, 25$  clones);

$a_j$ : efeito da  $j$ -ésima medição ( $j = 1, 2$  e  $3$ );

$\varepsilon_{ij}$ : erro experimental associado à observação  $Y_{ij}$ .

O esquema da análise de variância é apresentado na Tabela 2.

Tabela 2 - Esquema da análise de variância no modelo com dois fatores de variação

F V	G L	Q M	E (QM)
Indivíduo	$p - 1$	QMG	$\sigma_\varepsilon^2 + n\sigma_p^2$
Ciclos de avaliação	$a - 1$	QME	-
Resíduo	$(p - 1)(a - 1)$	QMR	$\sigma_\varepsilon^2$

### 3.6.1. Estimação dos coeficientes de repetibilidade.

a) O coeficiente de repetibilidade pelo método da ANOVA é dado por:

$$r = \frac{C\hat{O}V(Y_{IJ}, Y_{IJ})}{\sqrt{\hat{V}(Y_{IJ})\hat{V}(Y_{IJ})}} = \frac{\hat{\sigma}_p^2}{\hat{\sigma}_y^2} = \frac{\hat{\sigma}_p^2}{\hat{\sigma}_\varepsilon^2 + \hat{\sigma}_p^2}$$

Onde:

n: número de medições (anos).

$r$ : coeficiente de repetibilidade;

$\hat{\sigma}_p^2$ : variância genética;

$\hat{\sigma}_\varepsilon^2$ : variância ambiental

b) Método dos componentes principais com base na matriz de covariâncias.

Para o coeficiente de repetibilidade pelo método dos componentes principais (com base na matriz de covariâncias) considera-se a matriz paramétrica ( $\Gamma$ ) de variâncias e covariâncias fenotípicas cujo autovalor  $\hat{\lambda}_1$  é dado por:  $\sigma_Y^2[1 + (\eta - 1)p]$ . O coeficiente de repetibilidade, com base na matriz  $\hat{\Gamma}$  é obtido por meio de:

$$\hat{r} = \frac{\hat{\lambda}_1 - \hat{\sigma}_Y^2}{\hat{\sigma}_Y^2 (\eta - 1)}$$

Onde:

$$\hat{\sigma}_Y^2 = \hat{\sigma}_G^2 + \hat{\sigma}^2;$$

$\hat{\lambda}_1$  = autovalor associado ao autovetor  $\hat{\Gamma}$  cujos elementos têm o mesmo sinal e magnitudes semelhantes;

$\eta$  = número de clones avaliados.

### c) Método dos componentes principais com base na matriz de correlações.

O coeficiente de repetibilidade pelo método dos componentes principais (com base na matriz de correlações) é obtido a partir da correlação entre valores de genótipos observados em cada par de medições obtidas nos clones (matriz R). Por esse método são encontrados os autovalores e os autovetores normalizados de R. O autovetor, cujos elementos apresentam o mesmo sinal e magnitudes próximas expressam a tendência dos genótipos em manter suas posições relativas nos vários intervalos de corte (ABEYWARDENA, 1972). Com base nesse autovalor, estima-se o coeficiente de repetibilidade (RUTLEDGE, 1974) dado por:

$$r = \frac{\hat{\lambda}_1 - 1}{\eta - 1}$$

Onde:

$\hat{\lambda}_1$  = autovalor associado ao auto vetor R, cujos elementos tem o mesmo sinal e magnitudes semelhantes

### d) Método da análise estrutural com base na matriz de correlação.

De acordo com Mansour (1981) o coeficiente de repetibilidade é dado por:

$$r = \frac{\alpha' \hat{R} \alpha - 1}{\eta - 1}$$

Onde:

$\alpha'$  = autovetor com elementos paramétricos, associado ao maior autovalor da matriz de correlação uniforme, dado por:

$$\alpha' = \left[ \frac{1}{\sqrt{\eta}} \dots \frac{1}{\sqrt{\eta}} \right]$$

#### e) Método da análise estrutural com base na matriz de covariância.

De maneira análoga, o coeficiente de repetibilidade com base na matriz de covariância  $\hat{\Gamma}$  é dado por:

$$r = \frac{\alpha' \hat{\Gamma} - \hat{\sigma}_Y^2}{\hat{\sigma}_Y^2(\eta - 1)}$$

Onde:

$$\alpha' \hat{\Gamma} = \frac{1}{\eta} \sum_j \sum_{j'} \hat{\sigma}_{ijj'} = \frac{1}{\eta} \sum_j \sum_{j' \neq j} \hat{\sigma}_{ijj'} + \frac{1}{\eta} \sum_j \hat{\sigma}_j^2;$$

$$\hat{\sigma}_Y^2 = \frac{1}{\eta} \sum_j \hat{\sigma}_j^2 = \hat{\sigma}_g^2 + \hat{\sigma}^2;$$

$\hat{\sigma}_j^2$  = variância entre genótipos no j-ésimo ambiente.

#### 3.6.1.1. Número de medições.

Conforme Cruz e Regazzi (2001) o número mínimo de medições necessárias para prever o valor real dos indivíduos, com base em um coeficiente de determinação ( $R^2$ ) pré-estabelecido (0,90, 0,95 e 0,99), é dado por:

$$\eta_o = \frac{R^2(1 - r)}{(1 - R^2)r}$$

Onde:

$\eta_o$  = número de medições para predição do valor real;

$r$  = coeficiente de repetibilidade obtido de acordo com uma das diferentes metodologias utilizadas;

$R^2$  = coeficiente de determinação.



### 3.6.2. Estimação dos coeficientes de correlação simples ( $r'$ )

O coeficiente de correlação simples é dado pela seguinte expressão:

$$r' = \frac{\widehat{Cov}(X, Y)}{\sqrt{\widehat{V}(X)\widehat{V}(Y)}} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i y_i}{\sqrt{\sum_{i=1}^n x_i^2 \sum_{i=1}^n y_i^2}}$$

Onde:

$r'$ : coeficiente de correlação simples;

$x = X_i - \bar{X}$ ;

$y = Y_i - \bar{Y}$ ;

$$\widehat{Cov}(X, Y) = \frac{\sum_{i=1}^n x_i y_i}{n-1}; \quad \widehat{V}(X) = \frac{\sum_{i=1}^n x_i^2}{n-1} \text{ e } \widehat{V}(Y) = \frac{\sum_{i=1}^n y_i^2}{n-1}$$

Todas as estimativas dos coeficientes de repetibilidade para os cinco métodos analisados neste trabalho assim como os coeficientes de correlações simples foram obtidas através do procedimento de repetibilidade e correlações do programa GENES (Cruz, 2001).

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da análise de variância utilizando-se o modelo com dois fatores de variação (clones e ciclo de produção), resultantes das medidas realizadas em cinco ciclos de avaliação para as características altura de planta (AP) e diâmetro de copa (DC); em quatro ciclos de avaliação para a característica de produção por planta por colheita (P/PL/Col); e três ciclos de avaliação para sete caracteres de pós-colheita nos 25 clones de acerola são apresentados na Tabela 3.

Todos os caracteres avaliados apresentaram diferenças significativas ao nível de 1% de probabilidade indicando, assim, a existência de variabilidade destas características entre os clones avaliados. Na maioria das características avaliadas os coeficientes de variação mantiveram-se em níveis aceitáveis com valores inferiores a 15%, evidenciando desta maneira boa precisão experimental, com exceção dos coeficientes de variação estimados para as características P/PL/Col (37,43%), AT (20,61%) e SST/AT (19,35%).

Na Tabela 4, encontram-se as estimativas do coeficiente de repetibilidade obtidas pelos cinco métodos estatísticos utilizados. Percebe-se que com exceção dos caracteres P/PL/Col, PESO, AT, houve concordância muito grande nas magnitudes dos coeficientes de repetibilidade obtidos pelos diferentes métodos. Para os caracteres AP e DC o coeficiente de repetibilidade foi relativamente alto (acima de 0,70) em quase todos os métodos de estimação com valor real em torno de 92,22%, o que pode ser considerado bastante satisfatório.

As demais características apresentaram coeficientes de repetibilidade menores, com grande amplitude de variação (0,27 a 0,80 para P/PL/Col) com valor médio real em torno de 70%. As menores estimativas foram obtidas pelo método da ANOVA com destaque para os caracteres P/PL/Col, AT e SST/AT que variaram de 0,27 a 0,43 e valor real com amplitude de 60,1 a 69,9%.

A característica de produção apresentou as maiores diferenças nas estimativas dos coeficientes de repetibilidade entre os métodos em estudo, com valores de 0,27 (ANOVA) a 0,80 (CPCOV), resultados semelhantes aos encontrados por Cavalcante *et al.* (2000), em clones de cajueiro-anão precoce. Segundo o autor, a característica de produção sofre grande influência do ambiente, pronunciando-se de forma oscilante, nas avaliações em que o fator periodicidade ocorre. As medidas são afetadas por algumas mudanças regulares, irregulares ou sistemáticas de ordem fisiológica que ocorrem nos organismos.

Tabela 3 - Resumo da análise de variância e estimativas dos componentes de variância genética e ambiental das variáveis: altura de planta (AP), diâmetro de copa (DC) em cinco ciclos de avaliação; produção por planta por colheita (P/PL/Col), em quatro ciclos de avaliação; peso médio de frutos (PESO), firmeza de frutos (FIRM), teor de sólidos solúveis totais (SST), acidez titulável (AT), relação SST/AT, Ph e vitamina C (Vit C), em três ciclos de avaliação.

F. V	Q. M. dos caracteres									
	AP (m)	DC (m)	P/PL/Col (kg)	Peso (g)	Firm (N)	SST (°BRIX)	AT (% ác. Málico)	SST/AT	pH	Vit C (mg/100 g de polpa)
Ciclo	3,1697	11,1431	2,3237	16,2837	5,8543	10,5148	5,0984	81,0331	0,8050	108164,5142
Clones	0,676**	0,2380**	0,1737**	3,7797**	0,5131**	2,1678**	0,2299**	4,2272**	0,0384**	92935,2493**
Resíduo	0,0062	0,0216	0,0693	1,0314	0,1432	0,3759	0,0842	1,2722	0,0106	21467,4257
Média	1,6767	2,2618	0,7034	6,9679	3,2349	7,28	1,4676	5,8275	3,3124	1114,473
CV (%)	4,70	6,47	37,43	14,57	11,69	8,42	20,61	19,35	3,10	13,15
$\sigma_g^2$	0,123	0,4330	0,0261	0,9161	0,1233	0,5973	0,486	0,985	0,0093	23822,6078
$\sigma_e^2$	0,0062	0,0216	0,0693	1,9475	0,1432	0,3759	0,0842	1,2722	0,0106	21467,4257

\*\* , \*: significativo a 1 e 5 % de probabilidade, respectivamente pelo teste F.

Tabela 4 - Estimativas de repetibilidade para altura de planta (AP), diâmetro de copa (DC), produção por planta por colheita (P/PL/Col), peso médio de frutos (PESO), firmeza de frutos (FIRM), teor de sólidos solúveis totais (SST), acidez titulável (AT), relação SST/AT, ph e vitamina C (Vit C).

Caráter	Anova	Componentes principais		Análise estrutural	
		Covariância	Correlação	Correlação	Covariância
AP	0,663 (90,8) <sup>1</sup>	0,797 (95,1)	0,717 (92,6)	0,710 (92,4)	0,663 (90,8)
DC	0,667 (90,9)	0,754 (93,8)	0,714 (92,6)	0,709 (92,4)	0,667 (90,9)
P/PL/Col	0,273 (60,1)	0,807 (94,3)	0,464 (77,6)	0,460 (77,3)	0,273 (60,1)
PESO	0,740 (72,7)	0,626 (56,5)	0,534 (77,4)	0,530 (77,1)	0,470 (72,7)
FIRM	0,462 (72,1)	0,528 (77,0)	0,479 (73,3)	0,471 (72,7)	0,462 (72,1)
SST	0,613 (82,6)	0,649 (84,7)	0,624 (83,3)	0,621 (83,1)	0,613 (82,6)
AT	0,365 (63,3)	0,539 (77,8)	0,499 (74,9)	0,486 (73,9)	0,365 (63,3)
SST/AT	0,436 (69,9)	0,510 (75,8)	0,450 (71,1)	0,431 (69,4)	0,436 (69,9)
ph	0,467 (74,4)	0,474 (72,9)	0,470 (72,6)	0,468 (72,5)	0,467 (72,4)
Vit C	0,526 (76,9)	0,585 (80,9)	0,535 (77,5)	0,532 (77,3)	0,526 (76,9)

<sup>1</sup>Valores referentes ao coeficiente de determinação associado ao coeficiente de repetibilidade.

Em todos os métodos observa-se que as características AP, DC e SST apresentaram maior acurácia, com elevados coeficientes de determinação (variação de 82,6 a 95,1%) demonstrando a regularidade da superioridade dos indivíduos, para esta característica, de um ciclo para o outro, e que a expressão das características tem um bom controle genético. Estes resultados contrastam com os obtidos por Lopes *et al.* (2001), no qual os autores observaram que a característica SST apresentou coeficientes de repetibilidade inferiores a 0,60.

Cruz e Regazzi (1994) ressaltam que o método da ANOVA não permite isolar o fator periodicidade que, quando ocorre, fica incluído no erro experimental, elevando seu valor, de tal forma que a repetibilidade dos caracteres é subestimada. Dessa maneira, o coeficiente de repetibilidade pelo método dos componentes principais é mais eficientemente estimado, visto que leva em consideração o comportamento cíclico do caráter (KENDALL, 1975).

De fato como observado na Tabela 4, o método da ANOVA em comparação com os demais apresentou coeficientes de repetibilidade menores ou iguais às estimativas obtidas pelos demais métodos, ao passo que o método dos componentes principais (baseado na matriz de covariâncias) mostra estimativas maiores ou iguais às obtidas pelos demais métodos, semelhante aos resultados encontrados por Lopes *et al.* (2001).

Trabalhos nos quais foram obtidas e comparadas estimativas de repetibilidade de características de plantas perenes pelo método da ANOVA e métodos multivariados (análise estruturais e componentes principais), como seringueira (VASCONCELLOS *et.al.*, 1985) e

*Pinus* (CORNACCHIA *et. al.*, 1995), mostraram que as estimativas obtidas pelo método da ANOVA foram sempre inferiores às obtidas pela análise multivariada.

O método da análise estrutural proposto por Mansour *et al.* (1981) apresenta apenas diferenças conceituais em relação ao método dos componentes principais, de maneira que as estimativas obtidas pelos respectivos métodos tendem a ser próximas (CRUZ e REGAZZI 1997).

Quando os valores das estimativas do coeficiente de repetibilidade são menores, a diferença entre os resultados obtidos pelos diferentes métodos aumenta, como ocorrem com as características P/PL/Col, PESO e AT, estes resultados também foram verificados por Vasconcellos *et. al.* (1985) e Lopes *et. al* (2001).

Observa-se que o método dos componentes principais com base na matriz de covariância foi o mais preciso, com coeficientes de determinação variando de 56,5 a 95,1%. Com base neste método (Tabela 5) observa-se que de 2 a 10 avaliações são suficientes para que os indivíduos expressem sua real potencialidade, com um coeficiente de determinação de 90%, para todas as características. Esses resultados diferem aos encontrados por Lopes *et al.* (2001), em seu trabalho os autores observaram que para a característica Vit C são necessárias apenas duas repetições para se obter a predição real do valor do indivíduo com o mesmo nível de confiabilidade.

Na Tabela 5, encontram-se as estimativas do número de medições necessárias para se ter diferentes valores de predição do valor real, obtidos a partir dos coeficientes de repetibilidade estimados pelo método dos componentes principais, baseados na matriz de covariância. Percebe-se que para os caracteres AP, DC, P/PL/Col e SST, são necessárias de 5 a 10 medições para se obter predições com 95% de confiabilidade, contudo, resultados satisfatórios com um nível de precisão de 90% podem ser obtidos com 2 a 6 medições para as mesmas características.

A repetibilidade representa o valor máximo que a herdabilidade, no sentido amplo pode atingir (Cruz e Regazzi, 1997). A diferença entre a repetibilidade e a herdabilidade se deve ao fato de que a variância genotípica utilizada para estimar a repetibilidade não é somente de origem genética, uma vez que o componente de variância do ambiente entre indivíduos permanece confundido com esta. Contudo, à medida que a variância proporcionada pelos efeitos permanentes do ambiente é minimizada, a repetibilidade tende a se aproximar da herdabilidade (LOPES *et. al.*, 2001). Se a variância genotípica estimada fosse puramente de natureza genética, os coeficientes de repetibilidade estimados corresponderiam à herdabilidade das características.

Tabela 5 - Estimativas dos coeficientes de repetibilidade pelo método dos componentes principais (covariância) e número de medições, associados a vários coeficientes de determinação ( $R^2$ ), para altura de planta (AP), diâmetro de copa (DC), produção por planta por colheita (P/PL/Col), peso médio de frutos (PESO), firmeza de frutos (FIRM), teor de sólidos solúveis totais (SST), acidez titulável (AT), relação SST/AT, Ph e vitamina C (Vit C).

<b>Caracteres</b>	<b>Repetibilidade</b>	<b><math>R^2 = 0,90</math></b>	<b><math>R^2 = 0,95</math></b>	<b><math>R^2 = 0,99</math></b>
AP	95,1	2	5	25
DC	93,8	3	6	32
P/PL/Col	94,3	2	4	23
PESO	56,5	5	11	59
FIRM	77,0	8	17	88
SST	84,7	5	10	53
AT	77,8	8	16	85
SST/AT	75,8	9	18	95
pH	72,9	10	21	109
Vit C	80,9	6	13	70

Observa-se que para as com exceção das características AP, DC, P/PL/Col e SST, seriam necessárias em torno de 11 a 21 medições para se obter predições com confiabilidade de 95%. Dessa maneira constata-se que o aumento no número de repetições visando aumentar a eficiência da seleção para estas características não é vantajoso, uma vez que seriam necessárias 59 a 109 medições para se obter uma predição real do valor dos indivíduos com uma confiabilidade de 99%, o que seria praticamente inviável.

As estimativas dos coeficientes de correlação podem ser úteis quando determinado caráter de interesse é de difícil avaliação e/ou quando apresenta valores baixos de herdabilidade. Neste caso, o processo de seleção pode se tornar mais simples se o caráter em questão apresentar alta correlação positiva com outro de fácil avaliação, uma vez que, aumentos em um caráter tendem a ser acompanhados de aumentos no outro e vice-versa, não necessitando de adoções de restrições na seleção para obtenção de ganhos no sentido desejado (FARIAS NETO, 2004).

Na Tabela 6, apresentam-se os resultados das estimativas das correlações fenotípicas para as variáveis agrônomicas dos clones de aceroleira e de pós-colheita. As estimativas dos coeficientes de correlação fenotípica para os caracteres avaliados possibilitam avaliar a magnitude e o direcionamento das influências de um caráter sobre o outro, indicativo simples de uma associação entre os caracteres analisados.

Tabela 6 - Coeficientes de correlação simples entre as características dos clones de aceroleira: altura de planta (AP), diâmetro de copa (DC), produção por planta por colheita (P/PL/Col), peso médio de frutos (PESO), firmeza média do fruto (FIRM), teor de sólidos solúveis totais (SST), acidez titulável (AT), relação SST/AT, pH dos frutos (pH) e teor de vitamina C(VIT C).

	AP	DC	P/PL/COL	PESO	FIRM	SST	AT	SST/AT	pH	VIT C
AP	1,00									
DC	0,72**	1,00								
P/PL/COL	0,30	0,36	1,00							
PESO	0,13	0,00	0,00	1,00						
FIRM	-0,23	0,10	-0,19	-0,15	1,00					
SST	-0,08	-0,22	-0,33	0,00	0,25	1,00				
AT	0,13	-0,16	-0,39	0,32	-0,15	0,33	1,00			
SST/AT	-0,15	0,05	0,23	-0,41*	0,29	0,19	-0,81**	1,00		
Ph	-0,19	0,01	0,16	-0,47*	0,19	0,07	-0,65**	0,81**	1,00	
VIT C	0,23	0,13	-0,35	0,23	0,09	0,39	0,68**	-0,55**	-0,53**	1,00

\*\* , \* : significativo ao nível de 1 e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste t.

Para a maioria dos valores observados os coeficientes de correlação não foram significativos, nos casos em que ocorreram correlações significativas observou-se que os coeficientes apresentaram uma variação de  $-0,81$  a  $0,81$ . A estimativa positiva e elevada de correlação entre AP e DC ( $0,72$ ) indica que plantas com maior diâmetro de copa representam plantas com altura mais elevada. Portanto, a seleção de plantas com maior diâmetro e menor altura será bastante difícil. Neste caso a seleção direta será mais eficiente do que a indireta. Observa-se também que a característica de produção não apresentou correlação significativa com os caracteres de altura de planta e diâmetro de copa, desta maneira conclui-se que a seleção de plantas com porte mais elevado não está associada a plantas mais produtivas e vice-versa.

A correlação significativa entre PESO x SST/AT ( $-0,42$ ) e PESO x pH ( $-0,41$ ), apesar de ter sido baixa assegura que a seleção de frutos grandes resultará em frutos mais azedos, ideais para a agroindústria processadora de frutos. Desta maneira a seleção para frutos destinados ao consumo “in natura”, ou seja, fruto de tamanho grande e de sabor doce só será eficiente se realizada de forma direta. A acidez titulável (AT) apresentou uma correlação significativa e negativa com o pH dando um indicativo de que quanto maior a acidez titulável menor será o pH. Esses resultados também foram observados em frutos de jenipapo e de umbu-cajá (SOUZA *et al.*, 2007, SOUZA *et al.*, 2008).

A relação SST/AT apresentou correlação significativa com pH ( $0,81$ ) e vitamina C ( $-0,55$ ), de acordo com Souza *et al.* (2008), este parâmetro é considerado o mais importante na determinação da maturação e da palatabilidade dos frutos. Estes resultados são semelhantes aos encontrados por Souza *et al.*, (2007 e 2008), contudo, em seu trabalho com jenipapo e umbu-cajá os autores não observaram correlação significativa entre a relação SST/AT e teor de vitamina C.

Verifica-se também que as correlações altamente significativas entre as características AT x pH ( $-0,65$ ), AT x Vit C ( $0,68$ ) e pH x Vit C ( $-0,53$ ), asseguram que a seleção de plantas com maior teor de acidez titulável resultaram em plantas com menor pH e conseqüentemente maior teor de vitamina C em seus frutos, resultado semelhante ao observado por Cordeiro (2000) em progênies de aceroleira de primeiro ciclo de seleção. Assim a seleção indireta para plantas com frutos mais ricos em vitamina C pode ser conduzida de maneira eficiente via seleção para plantas com maior conteúdo de AT em seus frutos.



## 5. CONCLUSÕES.

- a) O método dos componentes principais com base na matriz de covariâncias se apresenta como o mais eficiente para a estimação do coeficiente de repetibilidade para estes clones de aceroleiras.
- b) O baixo valor do coeficiente de repetibilidade da característica AT mostra alta irregularidade de um ciclo para outro, de forma que um número maior de medições é necessário para que se aumente a precisão dos resultados.
- c) As estimativas dos coeficientes de repetibilidade das características AP, DC e P/PL/Col, demonstram alta regularidade na superioridade dos indivíduos de um ciclo para outro de modo que de 4 a 6 avaliações são suficientes para predizer o valor real dos indivíduos com nível de certeza de 95%.
- d) Com base nos coeficientes de correlação entre os caracteres conclui-se que a seleção de frutos com maior conteúdo de vitamina C pode ser realizada de forma indireta por meio do pH e/ou AT.

## 6. REFERÊNCIAS

ABEYWARDENA, V. An application of component analysis in genetics. **Journal of Genetics**, Sadashivanagar v. 61, p. 27-51, 1972.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTRY. **Official methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemistry**. 11.ed. Washington: AOAC. 1115p., 1992.

CARVALHO, F.I.F.; LORENCETTI, C.; BENIN, G. **Estimativas e implicações da correlação no melhoramento vegetal**. Pelotas : UFPel. 142p, 2004.

CAVALCANTE, J. J.; PAIVA, J. R.; BARROS, L. M.; CRISÓSTOMO, J. R.; CORRÊA, M. P.F. Repetibilidade de caracteres de produção e porte da planta em clones de cajueiro-anão precoce. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 4, p. 773-774, abr. 2000.

CORDEIRO, E. R. Seleção de progênies de polinização livre e estimativa de parâmetros genéticos em acerola (*Malpighia emarginata* D. C.). Fortaleza, UFC, 2000. 63p. **Dissertação** (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal do Ceará, 2000.

CORNACCHIA, G.; CRUZ, C. D.; LOBO, P. R.; PIRES, I. E. Estimativas do coeficiente de repetibilidade para características fenotípicas de procedências de *Pinus tecunumanii* (Schw.) Eguluz, Perry e *Pinus caribaea* var. *hondurensis* Barret, Golfari. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 19, n. 3, p. 333-345, 1995.

CRUZ, C. D. **Programa GENES**: aplicativo computacional em genética e estatística. Viçosa: UFV, 2001. 648p.

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 2. ed. Viçosa, MG: UFV, 1997. 390 p.

CUNHA NETO, J.; Potencial agrônômico e de pós-colheita em clones de aceroleira de segundo ciclo de seleção. **Monografia** (Graduação em Agronomia) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2006.

FALCONER, D. S. **Introdução a genética quantitativa**. Viçosa : UFV, 1987. 279 p. for reducing environmental variation of berry traits in grape breeding. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 85, p. 75-83, 2000.

FARIAS NETO, J. T.; DE CARVALHO, J. U.; MULLER, C. H. Estimativas de correlação e repetibilidade para caracteres do fruto de bacurizeiro. **Ciênc. agrotec.**, Lavras, v. 28, n. 2, p. 300-305, mar./abr., 2004

GONÇALVES, P. S.; CARDOSO, M.; SAES, L. A. Estimativas de repetibilidade na seleção de árvores de seringueiras. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 25, n. 7, p. 1031 – 1038, 1990

KENDALL, M. G. **Multivariate analysis**. New York: MacMillan, 1975. 210 p.

LOPES, R.; BRUCKNER, C. H.; CRUZ, C. D.; LOPES, M. T. G.; FREITAS, G. B. Repetibilidade de características do fruto de aceroleira. **Pesquisa. Agropecuária. Brasileira**, Brasília, v. 36, n. 3, p. 507-513, mar. 2001.

MANSOUR, H.; NORDHEIM, E. V.; RUTLEDGE, J. J. Estimations of repeatability. **Theoretical and Applied Genetics**, Berlin, v. 60, p. 151-156, 1981.

MELO, D. S. Obtenção e avaliação de clones de aceroleira originados de progênes de segundo ciclo de seleção. **Monografia** (Graduação em Agronomia) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 44p, 2004.

RESENDE, M. D. V. de **Genética biométrica e estatística no melhoramento de plantas perenes**. Embrapa Informação Tecnológica. Brasília. 167 – 168, 2000.

RESENDE, M. D. V. de, SILVA, H. D. Estratégia de melhoramento para erva-mate baseada no coeficiente de repetibilidade. In: CONGRESSO FLORESTAL E DO MEIO AMBIENTE DO PARANÁ, 3., 1991, Curitiba. **Anais...** Curitiba: Associação Paranaense de Engenheiros Florestais, 1991. p. 241 – 251.

RESENDE, M. D. V. de; DIAS, L. A. S. Aplicação da metodologia de modelos mistos (REML/BLUP) na estimação de parâmetros genéticos e predição de valores genéticos em espécies fruteiras. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 22, n. 1, p. 44 – 52, 2000.

RUTLEDGE, J. J. A scaling which removes bias of Abeywardena's estimator of repeatability. **J. Genet.**, **Bangalore**, v.61, p.247-250, 1974.

SATO, A.; YAMADA, M.; IWANAMI, H.; HIRAKAWA, N. Optimal spatial and temporal measurement repetition for reducing environmental variation of berry traits in grape breeding. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 85, p. 75-83, 2000.

VENCOVSKY, R. Correlação fenotípica e genética entre alguns caracteres agrônômicos do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris*, L.). **Ciência e Prática**, 10:.(3): 265-272, 1986.

SIQUEIRA, E. R. Coeficientes de repetibilidade da produção de frutos de coqueiro comum. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 17, n. 3, p. 573 – 574, 1982.

SOUSA, C. S.; FONSECA, A. A. O.; HANSEN, D. S.; BITENCOUT, R. M. Coeficientes de correlação fenotípica entre caracteres Físicos e químicos em frutos de umbu-caja. In: **XX Congresso Brasileiro de Fruticultura**. 54th Annual Meeting of the Interamerican Society for Tropical Horticulture. Vitória/ES, Out. 2008.

SOUSA, C. S.; SILVA, S. A.; HANSEN, D. S.; FONSECA, A. A. O. Correlações entre caracteres físicos e químicos de jenipapeiros nativos do recôncavo baiano. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 5, supl. 2, p. 270-272, jul. 2007.

STROHECKER, R., HENNING, H. M. Analisis de vitaminas: métodos comprobados. Madrid: Paz Montalvo,. 428p., 1967

VASCONCELLOS, M. E. C.; GONÇALVES, P. S.; PAIVA, J. R.; VALOIS, A. C. C. Métodos de estimação do coeficiente de repetibilidade no melhoramento da seringueira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 20, n. 4, p. 433-437, abr. 1985.

VENCOVSKY, R.; BARRIGA, P. **Genética biométrica no fitomelhoramento**. Ribeirão Preto : Sociedade Brasileira de Genética, 1992. 496p.

### **Capítulo III: Seleção de clones de aceroleira por meio das componentes principais e índices de seleção.**

#### **1. RESUMO**

No melhoramento da aceroleira assim como nas demais culturas, a seleção univariada é a maneira mais fácil e prática de obter ganhos para uma única característica como elevado teor de vitamina C, por exemplo. Contudo, na maioria dos casos a seleção baseada em uma ou poucas características pode se mostrar inadequada por não levar a um produto final superior com relação a vários caracteres que atendam a todas ou em pelo menos parte das exigências da cadeia produtiva da cultura, como por exemplo: clones de alta produtividade e frutos com elevado teor de vitamina C, de maneira que possa satisfazer as exigências tanto dos produtores como das agroindústrias processadoras de frutas. Nesse contexto os índices de seleção são ferramentas vantajosas, pois proporcionam maiores ganhos totais, com distribuição entre os caracteres mais adequados aos propósitos do melhoramento. Com o objetivo de selecionar três clones de aceroleira superiores que possuam, simultaneamente, atributos agronômicos e de pós-colheita favoráveis construiu-se o índice de seleção de Mulamba & Mock (RANK), auxiliado pelas componentes principais, para eleição dos melhores genótipos. O experimento foi instalado no Campo Experimental de Paraipaba (CE), sob delineamento de blocos ao acaso com 25 tratamentos, três repetições com três plantas por parcelas no espaçamento de 4 m x 4 m. Entre os 25 clones de aceroleira avaliados neste trabalho, é recomendada a seleção dos genótipos 87/11 (7), 79/10 (9) e 91/8 (2) por apresentarem uma série de atributos favoráveis, com potencial para serem avaliados e recomendados para plantio comercial em pequena escala (nível local) e em experimentos de larga escala em diferentes regiões do Estado do Ceará.

**Palavras-chave:** índice de seleção, componentes principais, seleção simultânea.

## 1.2. ABSTRACT

Improving the aceroleira as well as in other cultures, the univariate selection is the easiest way to practice and gain for a single feature as high content of vitamin C, for example. However, in most cases a selection based on one or a few characteristics can show inadequate for not lead to a higher end product with respect to several characters that serve all or at least part of the requirements of the productive chain of the culture, for example, clones of high productivity and fruits with high content of vitamin C, so that it can meet the demands of both the producers and agribusinesses processing of fruit. In this context the selection indices are tools advantageous therefore provide higher total gains, with distribution between the characters more suited to the purposes of improvement. With the purpose of selecting three clones of aceroleira higher possessing both Attributes agronomic and post-harvest favorable built up the selection index of Mulamba & Mock, assisted by the main components for election of the best genotypes. The experiment was installed in the Experimental of Paraipaba (EC), under a randomized block design with 25 treatments, three replicates with three plants per plot in the spacing of 4 m x 4 m. Among the 25 clones of aceroleira evaluated in this study, it recommended the selection of genotypes 87/11 (7), 79/10 (9) and 91 / 8 (2) by submitting a series of favorable Attributes, with potential to be evaluated in large-scale experiments in various regions of the state of Ceará.

**Keywords:** Index of selection, principal components, simultaneous selection.

## 2. INTRODUÇÃO.

A presença de variabilidade genética é uma condição fundamental para o sucesso dos programas de melhoramento com vistas à seleção de genótipos que reúnam uma série de atributos favoráveis. Contudo, Paterniani e Miranda Filho (1987), citam que no método de seleção adotado, a precisão nas avaliações dos genótipos, a correta interpretação dos efeitos do ambiente, as interações genótipos x locais e genótipos x anos, a identificação de efeitos pleiotrópicos e das correlações genéticas e fenotípicas entre caracteres devem ser considerados. Assim como o tipo de ação gênica envolvida e a precisão experimental, também são fatores cruciais para obtenção de sucesso na busca por aumentos nas frequências gênicas das populações (VENCOVSKY, 1987).

No melhoramento da aceroleira assim como nas demais culturas, a seleção univariada é a maneira mais fácil e prática de obter ganhos para uma única característica como elevado teor de vitamina C, por exemplo. Contudo, na maioria dos casos a seleção baseada em uma ou poucas características pode se mostrar inadequada por não levar a um produto final superior com relação a vários caracteres que atendam a todas ou em pelo menos parte das exigências da cadeia produtiva da cultura, como por exemplo: clones de alta produtividade e frutos com elevado teor de vitamina C, de maneira que possa satisfazer as exigências tanto dos produtores como das agroindústrias processadoras de frutas. De acordo com Resende (2000) a avaliação de um caráter pode não ser adequada para representar o mérito econômico de uma planta, pois pode resultar no desenvolvimento de tipos economicamente insatisfatórios, seja pela não consideração de outros caracteres de importância econômica ou pelas correlações negativas entre estes.

Apesar dos índices de seleção apresentarem algumas dificuldades e/ou limitações, ainda são ferramentas vantajosas, pois proporcionam maiores ganhos totais, com distribuição entre os caracteres mais adequados aos propósitos do melhoramento, como alguns trabalhos têm apontado ( PAULA, 1997; MARTINS, 1999; MARTINS *et al.*, 2003). Deste modo, deve-se considerar também a seleção para múltiplos caracteres, necessários à obtenção de materiais genéticos que possuam uma série de atributos favoráveis e, portanto, mais produtivos e adaptados. Assim uma alternativa viável seria a utilização de índices de seleção (SILVA, 1982; CRUZ e REGAZZI, 1994).

Segundo Paiva *et al.* (2007), a utilização de metodologias que permitem selecionar plantas, considerando vários caracteres simultaneamente, deve ser analisada

visando o seu emprego futuro como ferramenta auxiliar no melhoramento. A utilização de índices de seleção, estabelecida pela combinação ótima de vários caracteres, é uma técnica biométrica que permite efetuar com eficiência, a seleção simultânea de múltiplos caracteres (Cruz e Regazzi, 2001). A adoção da teoria de índices de seleção permite combinar as múltiplas informações contidas nas unidades experimentais, de modo a selecionar com base em um grupo de características (MARTINS *et al.*, 2006).

Neves (2006) ressalta, que mesmo apresentando algumas limitações o uso dos índices de seleção proporcionam maiores ganhos totais, com distribuição entre os caracteres mais adequados aos propósitos do melhoramento, como alguns trabalhos têm apontado. A utilização de índices de seleção consiste em estabelecer um novo caráter que é uma combinação linear dos caracteres envolvidos, cujos coeficientes de ponderação são estimados de modo a maximizar a correlação entre o índice e o agregado genotípico (SILVA, 1980; WHITE e HODGE, 1989; CRUZ e REGAZZI, 1994). Assim, é importante a identificação de critérios de seleção capazes de promover alterações no sentido desejado, nas características de interesse dentro de um programa de melhoramento (REIS *et al.*, 2004).

Cruz e Regazzi (1994) descrevem os índices como um caráter adicional, estabelecido pela combinação linear ótima de vários caracteres preferencialmente não correlacionados. O valor observado para cada característica é ponderado por um coeficiente representado por:  $I = b_1\rho_1 + \dots + b_i\rho_i$ , onde I é o índice de seleção,  $P_i$  representa o valor fenotípico observado para a i-ésima característica e  $b_i$  é o coeficiente atribuído à i-ésima característica no índice de seleção. Deste modo a seleção simultânea de caracteres com base nos valores genéticos dos indivíduos ou famílias pode ser efetuada eficientemente (BARBOSA e PINTO, 1997).

Na literatura é possível encontrar vários trabalhos que citam o sucesso na seleção simultânea com diferentes índices, como por exemplo: na cultura da aceroleira (PAIVA *et al.*, 2002), na cultura do café (FERREIRA *et al.*, 2005), na cultura do maracujá (GONÇALVES *et al.*, 2007; SANTOS *et al.*, 2008), e em espécies florestais como *Eucalyptus grandis* (MARTINS *et al.*, 2003). Entre os índices mais utilizados destacam-se o índice clássico de Smith (1936) e Hazel (1943), o índice de Pesek e Baker (1969) e o índice de classificação de Mulamba & Mock (1978).

De modo geral, os métodos mais utilizados são caracterizados pela necessidade de estimar variâncias e covariâncias fenotípicas e genotípicas e de estabelecer pesos econômicos relativos aos vários caracteres (Smith, 1936; Hazel, 1943). Por outro lado, Williams (1962) sugeriu ponderar os valores fenotípicos pelos seus respectivos pesos econômicos, evitando



desta forma a interferência das imprecisões das matrizes de variâncias e covariâncias, Cruz (1990) sugeriu estimá-los a partir de estatísticas dos próprios dados experimentais.

Contudo outros índices como o de Mulamba & Mock, (1978), descritos por Cruz e Regazzi (1997), são caracterizados por eliminar a necessidade de estabelecer pesos econômicos e estimar variâncias e covariâncias. FARIAS *et al.* (2005) ao utilizarem diferentes índices de seleção em cultivares de algodão herbáceo citam que o emprego dos índices não lineares ou não paramétricos se enquadram nos programas de melhoramento em que se realizam avaliação de genótipos em fase final de teste. PAIVA *et al.* (2002) mostraram a eficiência deste método na seleção de progênies de aceroleira, em comparação ao método tradicional de seleção, destacando sua praticidade de execução.

Todavia, Barbosa *et al.*, (2005), ressalta que uma das dificuldades da análise conjunta, é definir quais são as características que deveriam ser medidas em programas de melhoramento. Para contorná-lo, o autor sugere o uso de técnicas de análise multivariada, às características quantitativas ou o conjunto delas que seriam responsáveis pela maior parte da variação total observada, ou seja, avaliar a informação adicional provida por algumas medidas quando outras já estiverem disponíveis.

A técnica de componentes principais, um dos procedimentos multivariados, visa resumir um grande conjunto de características em outro menor, de sentido biológico, além de examinar as correlações entre as características estudadas, avaliar a importância de cada caráter e promover a eliminação daquelas que contribuem pouco (BARBOSA *et al.*, 2005).

Os componentes principais são apresentadas em ordem decrescente de importância, isto é, o primeiro explica o máximo possível da variabilidade dos dados originais, já o segundo, o máximo possível da variabilidade ainda não explicada após o efeito do primeiro componente principal, e assim por diante. O último componente será o de menor contribuição para explicar a variabilidade total dos dados originais. O conjunto final das combinações envolvendo os coeficientes normalizados constitui uma solução única, uma vez que explicam toda a variabilidade além de serem ortogonais a qualquer combinação jamais definida (SILVA e PADOVANI, 2006).

De acordo com Barbosa (2003), o método de análise de componentes principais a partir da matriz de correlação, consiste em transformar um conjunto de variáveis  $Z_1, Z_2, \dots, Z_p$  em novo conjunto de variáveis  $Y_1 (CP1), Y_2 (CP2), \dots, Y_p (CPp)$ , não-correlacionadas entre si e arranjadas numa ordem decrescente de variância. A idéia principal desse procedimento é de que poucos, dentre os primeiros componentes principais, contenham a

maior variabilidade dos dados originais, assim, os demais componentes podem ser descartados, o que reduz o número de variáveis.

Diante do exposto acima, este capítulo foi desenvolvido com o propósito de selecionar três genótipos em experimento de competição com 25 clones de aceroleira, com uma série de atributos simultâneos favoráveis para as características agrônômica e de pós-colheita, além de verificar a eficiência do uso das componentes principais como ferramenta auxiliar ao índice de seleção de Mulamba & Mock.

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1. Obtenção dos clones

Os clones foram obtidos a partir de seleção preliminar de plantas individuais, realizada no experimento com progênes de acerola de segundo ciclo de seleção, localizado no Campo Experimental de Pacajus-CE, localizado a 4°10' S e 38°27' W, com altitude de 60 m, a partir de um estande de 1.152 plantas (MELO, 2004). Vale destacar que, o clima da região é predominantemente sub-úmido (Aw de Köppen), com pluviosidade média de 933,3 mm/ano e temperatura média de 26,3 °C.

As progênes de segundo ciclo foram submetidas a seleção em duas etapas distintas, a primeira tinha como meta selecionar as plantas mais produtivas. Já a segunda consistiu na seleção com base nos aspectos sanitários e vigor das plantas. As plantas superiores foram selecionadas e clonadas, através da enxertia tipo “fenda cheia” (MELO, 2004).

#### 3.2. Delineamento Experimental

O experimento foi instalado, em dezembro de 2002, em Neossolo Quartzarênico de relevo plano, na Embrapa-CNPAT, no Campo Experimental de Paraipaba - CE, localizado a 3° 27' 47" S e 39° 09' 47" W, com altitude de 31 m acima do nível do mar. O clima da região é classificado como tropical chuvoso (Aw' de Köppen), clima de savana, sendo caracterizado por apresentar o pico de chuvas nos meses de janeiro a junho e pluviosidade anual média de 923,7 mm.

O delineamento utilizado foi de blocos ao acaso com 25 tratamentos (clones), 3 repetições, com 3 plantas por parcela em um espaçamento de 4 m x 4 m, totalizando 225 plantas, ocupando uma área de 3.600 m<sup>2</sup>.

Na tabela 1 pode ser observada a identificação padronizada dos clones, de acordo com o exemplo a seguir: **8/2(6)**, onde o número 8 corresponde a oitava planta selecionada entre as 100 matrizes obtidas na seleção massal, que originou uma família de plantas (progênes) de primeiro ciclo; 2 – corresponde ao número da planta selecionada dentro da progênie de primeiro ciclo, originando a progênie de segundo ciclo 8/2; (6) – o número da planta selecionada dentro da progênie 8/2 de segundo ciclo de seleção. O uso desta

simbologia permite ao melhorista identificar todos os antecessores que deram origem aos clones utilizados neste trabalho.

Tabela 1 - Identificação e origem dos clones de aceroleira selecionados nas progênies de segundo ciclo.

<b>NÚMERO DA PARCELA</b>	<b>CLONES</b>	<b>ORIGEM</b>
101/207/308	23/2(3)	Planta selecionada na progênie de 2 <sup>o</sup> ciclo de seleção em Pacajus.
102/215/306	68/1(9)	“
103/214/320	75/2(7)	“
104/222/307	79/10(9)	“
105/204/303	8/2(3)	“
106/223/313	87/11(7)	“
107/225/314	66/7(5)	“
108/206/302	66/7(6)	“
109/218/321	79/9(6)	“
110/201/323	79/9(7)	“
111/217/315	51/4(7)	“
112/221/317	26/5(4)	“
113/210/305	8/10(1)	“
114/220/312	66/4(8)	“
115/209/324	54/12(2)	“
116/208/301	26/8(4)	“
117/205/322	8/11(2)	“
118/216/318	8/11(5)	“
119/202/309	12/5(3)	“
120/224/304	28/7(4)	“
121/213/325	20/4(8)	“
122/203/310	63/2(2)	“
123/212/316	91/8(2)	“
124/219/311	91/8(6)	“
125/211/319	20/8(7)	“

### **3.3. Manejo e condução do experimento.**

#### **3.3.1. Preparo da área**

Com auxílio de uma grade niveladora realizou-se o nivelamento da área destinada ao plantio dos clones, logo após procedeu-se à instalação do sistema de irrigação. Posteriormente foi realizada a adubação de fundação, 15 dias antes do plantio das mudas. Ao final deste período, as mudas foram retiradas dos tubetes e plantadas no seu local definitivo.

### **3.3.2. Tratos culturais**

Com exceção do período chuvoso, as plantas foram irrigadas diariamente, por microaspersão com vazão de 43 L/h em período de uma hora. A adubação de fundação foi realizada segundo a análise de fertilidade do solo, com a aplicação de 100 g de calcário, 260 g de superfosfato triplo e 50 g de FTE.

A adubação de cobertura foi aplicada convencionalmente, ou via irrigação, em doses de 22 g de uréia e 20 g de cloreto de potássio por planta, a cada dois meses (no primeiro ano). A partir do segundo ano foram aplicados 43 g de uréia, 117 g de superfosfato simples, 40 g de cloreto de potássio e 8 g de FTE. Nos meses de agosto e dezembro de 2005 e março de 2006, foram realizadas adubações orgânica com a aplicação de 15 L/planta de esterco de ovino (curtido), totalizando 45 L/planta após as 3 doses.

## **3.4. Características agronômicas**

### **3.4.1. Morfologia**

As medidas referentes às características morfológicas das plantas tais como a mensuração da altura (m) e do diâmetro da copa (m), foram medidas anualmente, em meados do mês de dezembro nos anos de 2003 a 2007, utilizando-se como instrumento uma trena métrica. Após a realização da coleta desses dados, estimou-se a altura média da planta e o diâmetro médio da copa dos clones em cada parcela.

### **3.4.3. Produção**

Do primeiro (2004) ao quarto ano de produção (2007), avaliou-se a produção média de frutos dos clones. A colheita foi feita separadamente por planta, possibilitando a obtenção da produção por planta por colheita (P/PL/Col). Segundo Cunha Neto (2006) esta variável é bastante precisa e fornece ao produtor uma estimativa de qual o volume de produção que o mesmo pode obter por cada planta no momento da colheita.

A avaliação da produção constou de um total de 68 colheitas sendo que deste somatório, 19, 28, 12 e 9 colheitas foram realizadas nos anos de 2004, 2005, 2006 e 2007, respectivamente. A coleta dos frutos foi realizada no período de maio a outubro, porém no

ano de 2006 as colheitas foram realizadas apenas nos picos de produção que ocorreram no período chuvoso (mês de maio) e seco (meses de setembro a outubro), já em 2007 foram realizadas no período de maio a junho, esta avaliação não prosseguiu até o final do ano em virtude de escassez de recursos financeiros para condução das coletas.

### 3.5. Características de pós-colheita.

As avaliações físico-químicas dos frutos foram realizadas no laboratório de pós-colheita e fisiologia vegetal da Embrapa Agroindústria Tropical, de acordo com a metodologia utilizada no laboratório, descrita nos tópicos a seguir. Foram executadas quatro avaliações nos anos de 2005 a 2007, sendo duas no pico de produção do período seco do ano (2005 e 2006) e duas no pico de produção do período chuvoso dos anos 2006 e 2007. Contudo, neste trabalho não se utilizou os dados referentes à última análise, para as características de firmeza e peso médio de fruto (período chuvoso de 2007), em função de problemas com os equipamentos utilizados nestas análises

Amostras de aproximadamente 1,5 kg de frutos, no estágio intermediário de maturação (Figura 1), foram acondicionadas em sacos plásticos, codificadas com a numeração dos respectivos tratamentos e encaminhadas para o laboratório de pós-colheita da Embrapa-CNPAT, em Fortaleza, e submetidas às primeiras avaliações (firmeza e peso médio) antes do resfriamento em freezer a uma temperatura de 18 °C negativos. Após o descongelamento, os frutos foram submetidos a avaliações para determinação da acidez titulável, pH, °BRIX e teor de vitamina C dos clones.



**Figura 1.** Amostra de frutos submetidos às avaliações de pós-colheita.

### 3.5.1. Peso do fruto

No momento da chegada dos frutos ao laboratório de pós-colheita coletou-se, ao acaso, uma amostra de 40 frutos para pesagem e determinação do peso médio dos frutos de cada clone, com auxílio de uma balança digital semi-analítica com 3 casa decimais.

### 3.5.2. Firmeza

A avaliação de firmeza foi realizada com o auxílio de um penetrômetro (BISHOP FT 327). Os dados de firmeza foram obtidos com base na média de 20 frutos coletados ao acaso dentro da amostra, procedendo-se duas perfurações em cada fruto. Os valores de firmeza fornecidos pelo penetrômetro foram convertidos em unidades de Newton (Sistema Internacional), através da Equação 1, uma vez que o aparelho fornece dados em unidades de libra.

$$N = lb \times K \quad (1)$$

Onde:  $N$  – valores em unidades de Newton;

$lb$  – valores em unidades de libra;

$K$  – fator de conversão ( $K = 4,482$ ).

### 3.5.3. Vitamina C

A determinação do conteúdo de vitamina C nos frutos foi realizada segundo a metodologia proposta por Strohercker e Henning (1997). Após o descongelamento dos frutos efetuou-se a extração da polpa, com auxílio de um processador doméstico. Em seguida pesou-se aproximadamente um grama do suco que foi diluído em 100 mL de ácido oxálico a 0,5%. Desta diluição foram retiradas duas alíquotas de 4,0 mL que por sua vez foram diluídas em Erlenmeyer de 50 mL para posterior titulação em solução de DFI (2,6-diclorofenol-indofenol 0,02%), até atingirem a coloração rósea clara permanente.

### 3.5.4. Sólidos Solúveis Totais (SST)

O suco proveniente da extração da polpa foi submetido à filtração em papel filtro, para determinação do teor de SST em °BRIX a partir de uma gota do suco filtrado, com o

auxílio de um refratômetro digital, ATAGO 101, de acordo com metodologia recomendada pela AOAC (1992).

### 3.5.5. pH e Acidez Titulável (AT)

As determinações de pH e AT foram feitas em um potenciômetro digital com membrana de vidro segundo a metodologia recomendada pela AOAC (1992). O valor do pH foi obtido diretamente do suco de cada clone, e a AT em uma amostra de aproximadamente 1,0 g da polpa dos frutos de cada clone diluída em 50 mL de água destilada, vale salientar que esta diluição foi levada em consideração no cálculo da AT de acordo com a AOAC (1992).

### 3.6. Análises estatísticas

Os dados de altura de planta (AP), diâmetro de copa (DC) e produção por planta por colheita do ano de 2007 foram submetidos a análise de variância com o objetivo de observar o comportamento dos clones no quinto ano de idade. O modelo estatístico (Equação 2) de blocos ao acaso utilizado na análise de variância por idade, citado por Banzato e Krona (1989) para os caracteres de morfologia e produção encontram-se a seguir:

$$Y_{ij} = \mu + g_i + b_j + \varepsilon_{ij} \quad (2)$$

onde:

$Y_{ij}$ : valor observado no i-ésimo tratamento no j-ésimo bloco;

$\mu$ : média geral do ensaio;

$g_i$ : efeito do i-ésimo tratamento;

$b_j$ : efeito do j-ésimo bloco;

$\varepsilon_{ij}$ : efeito residual do i-ésimo tratamento no j-ésimo bloco.

O esquema da análise de variância pode ser observado na Tabela 2.



Tabela 2. Esquema da análise de variância simples segundo delineamento de blocos casualizados, com respectivas esperanças dos quadrados médios, ao nível de média por parcela.

F V	G L	S Q	Q M	F	E (Q.M.)
Blocos	$r - 1$	SQB	QMB		
Tratamentos	$g - 1$	SQT	QMT	QMT/QMR	$\sigma^2 + r \sum \frac{g_i^2}{t} - 1$
Resíduo	$(r - 1)(g - 1)$	SQR	QMR		$\sigma_e^2$
Total	$Gr - 1$	SQT <sub>0</sub>			
Média	$M$				
CV %	$(100\sqrt{QMR}) / m$				

Onde: FV – Fonte de variação; G L – Graus de liberdade; SQ – Soma de quadrados; SQB – Soma de quadrados dos blocos; SQT – Soma de quadrados dos tratamentos; SQR – Soma de quadrados dos resíduos; SQT<sub>0</sub> – soma de quadrados totais; QM – Quadrados médios; QMB – Quadrados médios dos blocos; QMT – Quadrados médios dos tratamentos; QMR – Quadrados médios dos resíduos; F – Teste F; r – Número de blocos; g – Número de tratamentos; m – Média;  $\frac{\sum g_i^2}{t} - 1 = \sigma_g^2$ : variabilidade genética;  $\sigma_e^2$ : variância do erro experimental; obs: o efeito devido a repetição foi considerado aleatório e o efeito de tratamento, fixo.

### 3.6. 1. Componentes principais

Em razão do grande número de variáveis com unidades diferentes os dados originais foram padronizados com vistas a minimizar os efeitos das diferentes escalas de mensuração. A padronização (Equação 3) foi realizada utilizando-se a média  $X_{ij}$  da j-ésima variável ( $j = 1, 2, \dots, 10$ ) avaliada no i-ésimo clone ( $i = 1, 2, \dots, 25$ ), gerando média zero e variância unitária (CRUZ e REGAZZI, 1997). A padronização se faz necessária uma vez que as combinações lineares das variáveis originais acarretariam dificuldades de interpretação dos resultados, as quais com pouco sentido biológico (SILVA e PADOVANI, 2006).

(3)

Onde:  $\sigma_{ij}^2$  é a variância do i-ésimo clone na j-ésima característica avaliada.

De acordo com Resende (2002), a variável descartada será a que domina, ou seja, aquela com maior correlação no componente principal de menor autovalor (menor variância) deve ser menos importante para explicar a variância total e, portanto, passível de descarte. Para o descarte de variáveis, adotou-se a recomendação de Jolliffe (1972, 1973) pela qual o número de variáveis descartadas deveria ser igual ao número de componentes cuja variância (autovalor) fosse inferior a 0,7 (BARBOSA *et al.*, 2005). Após a determinação de quais as variáveis utilizadas no processo de seleção, procedeu-se à construção do índice de seleção de Mulamba & Mock (1978), conforme descrito por Cruz e Regazzi (1997).

### 3.6.2. Índice de Mulamba & Mock

O índice de Mulamba & Mock (RANKS), consiste na classificação dos materiais genotípicos em relação a cada um dos caracteres, em ordem favorável ao melhoramento. Uma vez classificados, são somadas as ordens de cada material genético referente a cada caráter, resultando uma medida adicional tomada como índice de seleção (CRUZ e REGAZZI 1997).

Neste trabalho foram construídos dois índices de seleção, o primeiro somente com as variáveis recomendadas após o descarte das menos importantes, de acordo com os resultados obtidos pela análise das componentes principais e o segundo com todas as variáveis avaliadas no experimento, com o objetivo de comparar se o uso das componentes principais traz algum benefício ao processo de seleção. A seleção com base no índice (RANKS) foi feita pela soma total da média de cinco anos, considerando a soma de pontos do desempenho médio de cada clone para as características altura de planta (AP), diâmetro e copa (DC), produção por planta por colheita (P/PL/Col), medida tomada a partir do segundo ano de avaliação do experimento. Também considerou-se o desempenho médio dos clones com base nas características de pós-colheita dos frutos.

Para AP e DC a ordenação dos clones foi crescente, ou seja, seleção para plantas de porte baixo e copa tipo “guarda-chuva”, enquanto a produção de frutos foi decrescente, isto é, seleção dos clones mais produtivos. Com relação as características de pós-colheita a ordenação foi decrescente para PESO, FIRM, SST, SST/AT, pH e Vit C, ou seja, seleção de clones com frutos grandes, firmes, com sabor doce e agradável e com elevado teor de vitamina C. Enquanto a ordenação para AT foi decrescente, ou seja, seleção de clones com

frutos menos ácidos. Vale ressaltar que este método é bastante flexível de forma que o melhorista pode direcionar a seleção de acordo com o seu objetivo.

Todas as análises estatísticas utilizadas foram realizadas com a utilização do programa computacional GENES (CRUZ, 2001).

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da análise de variância, no ano de 2007, referente aos caracteres de altura de planta (AP), diâmetro de copa (DC) e produção por planta por colheita (P/PL/Col), encontram-se na Tabela 2.

Tabela 2 - Quadrados médios de blocos (QMb), clones (QMc) e do resíduo (QMr) das análises de variância e respectivas significâncias; médias, valores máximos, mínimos (em metro) e coeficientes de variação experimental (CV) para altura de planta (AP), diâmetro de copa (DC) e produção por planta por colheita (P/PL/Col) de 25 clones de aceroleira no quinto ano de idade.

Fonte de variação	2007		
	AP	DC	P/PL/COL
QMb	0,2315	0,5298	7,08
QMc	0,0671ns	0,2545ns	0,9040ns
QMr	0,0690	0,2249	0,5498
Valor mínimo	1,55	1,60	0,07
Valor máximo	2,73	4,30	5,85
Média	2,18	3,15	1,06
CVe (%)	12,06	15,08	69,94

ns: não significativo ao nível de 5 e 1%, respectivamente, pelo teste F.

A análise de variância para os caracteres altura de planta (AP), diâmetro de copa (DC) e produção por planta por colheita (P/PL/Col) mostrou que não houve diferenças significativas entre clones, para estes caracteres no quinto ano de idade das plantas. Provavelmente, devido à elevada intensidade de seleção para estas características que pode ter reduzido drasticamente o nível de variabilidade genética (PAIVA *et al*, 2007), indicando que a seleção com base nestas características não proporcionará ganhos satisfatórios. A média da altura de planta variou de 1,55 m a 2,63 m no quinto ano, enquanto que para diâmetro de copa a variação foi de 1,60, m a 4,30 m. A produtividade média dos 25 clones no quinto ano de idade das plantas, equivalente ao quarto ano de avaliação da produção, foi de 1,06 kg/planta/colheita.

Nos trabalhos de melhoramento da aceroleira, o porte da planta é um caráter muito importante, assim como nas demais plantas perenes, uma vez que o porte baixo facilita a colheita e as práticas de manejo como poda e combate a pragas e doenças. A uniformidade da copa é importante para manter um bom ordenamento das plantas no pomar de acordo com a densidade populacional estabelecida, refletindo boa produtividade e um bom manejo do

pomar (LOPES e PAIVA, 2002). Clones de Aceroleiras com copa globosa, volumosa e porte mais baixo, em torno de 2 m de altura, são considerados ideais para o processo de colheita, já que o mesmo é manual, reduzindo os custos da produção (CORDEIRO, 2000).

Na Tabela 3, encontram-se as médias dos 25 clones de aceroleira após cinco anos de avaliação para as características altura de planta (AP), diâmetro de copa (DC) e produção por planta por colheita (P/PL/Col), esta última teve sua mensuração somente a partir do segundo ano do experimento.

Tabela 3 - Médias dos clones de aceroleira de segundo ciclo, obtidas nos cinco anos avaliação, para as características altura de planta (AP), diâmetro de copa (DC) e produção por planta por colheita (P/PL/COL), a partir do segundo ano do experimento.

<b>Clones</b>	<b>AP (m)</b>	<b>DC (m)</b>	<b>P/PL/Col (kg)</b>
23/2 (3)	1,83	2,38	0,70
68/1 (9)	1,75	2,65	0,81
75/2 (7)	1,83	2,59	1,22
79/10 (9)	1,96	2,54	0,79
8/2 (3)	1,58	2,14	0,80
87/11 (7)	1,51	2,06	0,45
66/7 (5)	1,72	2,41	0,78
66/7 (6)	1,70	2,38	0,33
79/9 (6)	1,67	2,16	0,68
79/9 (7)	1,83	2,42	0,88
51/4 (7)	1,84	2,63	1,05
26/5 (4)	1,78	2,37	0,69
8/10 (1)	1,72	2,50	0,59
66/4 (8)	1,78	2,34	0,50
54/12 (2)	1,85	2,42	0,63
26/8 (4)	1,92	2,61	0,53
8/11 (2)	1,69	2,18	0,69
8/11 (5)	1,62	2,15	0,79
12/5 (3)	1,79	2,66	0,50
28/7 (4)	1,67	2,38	0,77
20/4 (8)	1,75	2,50	0,91
63/2 (2)	1,88	2,53	0,82
91/8 (2)	1,79	2,12	0,52
91/8 (6)	1,66	2,29	0,33
20/8 (7)	1,71	2,41	0,80

As características AP e DC apresentaram pequena amplitude de variação com valores de 1,51 m, clone 87/11 (7), a 1,96 m, clone 79/10 (9) para a característica altura e 2,06 m a 2,66 m para diâmetro de copa dos clones 87/11 (7) e 12/5 (3), respectivamente. A P/PL/Col apresentou elevada amplitude de variação com valores de 0,33 a 1,22 kg/planta/colheita nos clones 66/7 (6) e 75/2 (7), respectivamente.

Os valores médios referentes as características qualitativas dos frutos dos 25 clones de aceroleira, obtidos após a realização de três colheitas durante o pico de produção estão apresentados na Tabela 4.

Tabela 4 - Média das características de pós-colheita: peso médio de frutos (PESO), firmeza de frutos (FIRM), teor de sólidos solúveis totais (SST), acidez titulável (AT), relação SST/AT, pH da polpa dos frutos e teor de vitamina C (Vit C) das frutas em 25 clones de aceroleira, com base na média de três colheitas.

<b>Clones</b>	<b>PESO (g)</b>	<b>FIRM (N)</b>	<b>SST</b>	<b>AT</b>	<b>SST/AT</b>	<b>pH</b>	<b>Vit C</b>
23/2 (3)	8,16	2,41	6,13	1,46	4,71	3,32	1119,58
68/1 (9)	6,56	3,17	7,65	1,26	6,66	3,44	1160,05
75/2 (7)	7,66	3,39	7,15	1,12	7,09	3,42	994,84
79/10 (9)	8,32	3,03	7,75	1,63	5,06	3,23	1347,36
8/2 (3)	5,85	2,98	6,25	1,11	6,31	3,39	961,94
87/11 (7)	7,15	4,21	9,03	1,72	5,88	3,30	1291,29
66/7 (5)	8,07	3,39	7,73	1,14	6,88	3,34	1076,48
66/7 (6)	5,63	3,31	8,05	1,43	6,67	3,33	1141,39
79/9 (6)	7,99	3,33	5,58	1,33	4,52	3,19	819,02
79/9 (7)	6,48	3,00	7,38	1,54	5,32	3,18	1031,65
51/4 (7)	7,02	3,74	7,45	1,21	6,35	3,27	1177,16
26/5 (4)	7,77	2,67	6,30	1,72	3,95	3,13	1272,82
8/10 (1)	7,92	3,52	6,95	8,45	3,99	3,17	1434,86
66/4 (8)	8,61	3,00	7,48	1,20	6,60	3,35	1067,23
54/12 (2)	5,41	3,11	7,38	1,01	7,35	3,33	880,54
26/8 (4)	8,12	3,03	7,45	1,54	5,33	3,16	1090,41
8/11 (2)	7,83	2,86	7,50	1,43	5,45	3,20	971,30
8/11 (5)	6,75	2,70	6,80	1,38	5,36	3,17	1178,37
12/5 (3)	8,02	3,89	5,90	1,40	4,37	3,13	1191,03
28/7 (4)	5,43	3,42	6,13	0,89	7,30	3,47	863,38
20/4 (8)	6,01	3,56	6,48	0,78	8,98	3,50	744,51
63/2 (2)	4,52	3,19	6,33	1,47	4,76	3,22	1246,41
91/8 (2)	6,29	3,39	8,43	1,44	6,31	3,31	1277,81
91/8 (6)	5,94	3,76	7,05	1,24	6,65	3,40	1225,72
20/8 (7)	6,69	2,81	6,78	1,20	5,77	3,24	1028,12
Mínimo	4,52	2,41	5,58	0,78	3,95	3,13	744,51
Máximo	8,61	4,21	9,03	8,45	8,98	3,50	1434,86
Média	6,97	3,24	7,08	1,60	5,91	3,29	1103,73

Com relação às características de pós-colheita observa-se que os clones apresentaram peso médio de 6,97 g com amplitude de variação de 4,52 a 8,61 g, para os clones 63/2 (11) e 66/4 (17), respectivamente. Detectou-se predominância de frutos com peso superior a 7,5 g (48%), destaque para o clone 66/4 (17) com maior peso médio. Cordeiro (2000), ao avaliar as progênies de segundo ciclo que deram origem aos clones deste experimento verificou que apenas 8% das progênies avaliadas apresentavam peso acima de 7,5 g mostrando eficiência na seleção realizada por Melo (2004), para esta característica.

Na característica firmeza, observou-se média de 3,24 N com amplitude de variação de 2,41 N a 4,21 N, destaque para o clone 87/11 (16) com maior valor médio de firmeza. Para o teor de sólidos solúveis totais (SST), ocorreu variação de 9,03 °BRIX a 5,58 °BRIX onde se destacou o clone 87/11 (16) com teor de sólidos solúveis totais superiores, inclusive ao encontrado por Paiva *et al.* (2003).

No que se refere ao pH, se observa pequena amplitude de variação (3,50 a 3,13) e média de pH igual a 3,29. Verifica-se frequência de 20% de clones com teores de pH acima de 3,4, inferior ao valor encontrado por Cordeiro (2000) em avaliação com as progênies que originaram os clones avaliados neste trabalho. Moura *et al.* (1997) ao avaliar uma amostra de 55 plantas das progênies de primeiro ciclo de seleção, descreve uma correlação negativa entre o pH e teor de vitamina C. Segundo Cordeiro (2000) a seleção indireta para o teor de vitamina C com base no pH proporcionará diminuição do teor de vitamina C. Contudo, Simão (1971) menciona que variedades de acerolas mais ácidas apresentam teores mais altos de vitamina C. Este fato foi constatado por Lima *et al.* (2002), que caracterizando acerolas maduras encontraram teor de ácido ascórbico variando de 1.066,66 a 1.845,79 mg/100 mL de polpa, e frutos menos ácidos com menores teores de vitamina C.

O conteúdo de vitamina C apresentou grande amplitude de variação (1.434,86 a 744,51 mg/100 g de polpa) com média de 1.103,73 mg/100 g de polpa. Pode-se destacar o clone 8/10 (10) que teve o maior conteúdo de vitamina C. Este clone superou o valor encontrado por Cunha Neto (2006) com o clone 79/10 (9), contudo ainda apresenta conteúdo de vitamina C inferior aos encontrados por Paiva *et al.* (2003), nos quatro clones recomendados pela Embrapa CNPAT.

Os resultados obtidos para os componentes principais, os autovalores e as percentagens das variâncias explicadas pelas componentes principais encontram-se na Tabela 5. O primeiro componente principal explica 34,73% da variância e os quatro primeiros explicaram 79,87% da variação total. O grau de distorção sofrido na redução da dimensão foi

de 20,13%, considerado satisfatório, de acordo com Santos *et al.* (2004) ao aplicar a técnica das componentes principais para distinguir grupos ecológicos de espécies florestais.

Tabela 5 - Componentes principais (CP), autovalores ( $Y_i$ ) e percentagem de variância explicada pelos componentes principais (% Var. CP) das características de desempenho.

<b>Componentes principais</b>	<b><math>Y_i</math></b>	<b>% da variação explicada</b>	<b>% da variação da CP acumulada</b>
CP1	3,473548	34,73548	34,73548
CP2	2,177766	21,77766	56,51314
CP3	1,493083	14,93083	71,44396
CP4	0,842524	8,425243	79,86921
CP5	0,792143	7,921432	87,79064
CP6	0,504157	5,041566	92,83221
CP7	0,277259	2,772593	95,6048
CP8	0,255364	2,553643	98,15844
CP9	0,15207	1,520697	99,67914
CP10	0,032197	0,321965	100,0011

Observando-se apenas a Tabela 5, conclui-se que as seis últimas componentes principais já poderiam ser descartadas (60% das 10 características avaliadas), uma vez que são combinações lineares das quatro primeiras e dão pouca contribuição na variância total. Strapasson *et al.* (2000), ao utilizarem a análise de componentes principais em forrageiras do gênero *Paspalum*, observaram redução de 53, 68 e 43% nos descritores reprodutivos, vegetativos e agrônômicos, respectivamente, do conjunto inicialmente considerado.

Contudo, de acordo com o critério estabelecido por Jolliffe (1972, 1973) no qual os caracteres de menor importância seriam aqueles que apresentassem o maior coeficiente de ponderação em cada componente com autovalor menor que 0,70, as cinco componentes principais devem ser descartadas, ao invés de 6 como citado anteriormente. Rosse e Fernandes (2002) ressaltam que o critério acima adotado é mais eficiente em discriminar os caracteres menos informativos, quando se considera um conjunto formado por, no mínimo, dez caracteres. O que de fato ocorre no presente estudo.

Na Tabela 6, encontram-se os coeficientes de ponderação (CP) das características com os cinco últimos componentes principais menos importantes para explicar a variação total das dez características avaliadas nos 25 clones de aceroleira.



Tabela 6 - Autovalores das cinco últimas componentes principais das características dos 25 clones de aceroleira.

<b>Componentes principais</b>	<b>CP10</b>	<b>CP9</b>	<b>CP8</b>	<b>CP7</b>	<b>CP6</b>
AP	- 0,7735	0,8474	0,8941	<b>- 0,9062</b>	- 0,1814
DC	- 0,0942	- 0,1658	- 0,1503	- 0,1573	<b>- 0,5657</b>
P/PL/Col	<b>0,4535*</b>	0,1708	0,2685	0,0518	0,5537
PESO	- 0,0372	- 0,1834	- 0,0590	- 0,1793	- 0,3092
FIRM	- 0,0749	0,0718	<b>0,2319</b>	- 0,0254	0,4539
SST	0,1068	- 0,1485	- 0,0765	0,1159	0,1014
AT	0,3930	0,1150	0,0406	- 0,1726	- 0,0868
SST/AT	- 0,0265	<b>0,3825</b>	- 0,1542	0,2515	- 0,0747
pH	- 0,1158	- 0,0639	- 0,0193	0,0442	0,1080
Vit C	0,0144	- 0,0274	0,1301	0,1010	- 0,0618

\* variáveis com valores em negrito foram descartadas.

As cinco variáveis que apresentaram os maiores coeficientes, em valor absoluto, a partir do último componente principal, são passíveis de descarte, conforme apresentado na Tabela 6. Isso decorre da correlação existente entre essas variáveis e as componentes principais que contém a menor variação total (BARBOSA *et al.*, 2005). Dessa maneira, as cinco características passíveis de descarte são, respectivamente, em ordem de menor importância para explicar a variação total: FIRM, SST/AT, P/PL/Col, DC e AP. Com base nesses resultados, recomendam-se as seguintes variáveis para serem utilizadas no processo de seleção dos 25 clones de aceroleira: PESO, SST, AT, pH e Vit C. Vale ressaltar que em virtude do modelo utilizado neste trabalho (fixo) todas as conclusões tiradas neste trabalho só dizem respeito aos clones de aceroleira utilizados neste trabalho.

Barbosa *et al.* (2005), ao utilizar esta metodologia em trabalho de seleção de suínos, com base em 11 características de desempenho, cita que a existência de correlação significativa entre os caracteres explica, em parte, o fato das variáveis terem sido sugeridas para descarte. De fato ao se analisar a correlação existente entre os 10 caracteres, disponível no capítulo anterior, verifica-se que, com exceção da característica P/PL/Col e FIRM, todas as demais sugeridas para descarte (Tabela 6) apresentaram correlação significativa entre si e conseqüentemente o uso destas características no processo de seleção não trará grandes ganhos no processo.

O critério apresentado por Jolliffe mostra-se adequado, pois nessa situação os caracteres altamente correlacionados (ROSSE e FERNANDES, 2002) com os demais, no

caso altura da planta, diâmetro de copa, acidez titulável e a relação SST/AT, praticamente não contribuirão para o aumento da eficiência seletiva.

Na Tabela 7 consta a somatória dos valores da classificação dos clones de acerola com base no índice de Mulamba & Mock (RANK), após o descarte das variáveis de menor importância, de acordo com a metodologia descrita por Barbosa *et al.* (2005), tomando-se como referência os caracteres PESO, SST, AT, pH da polpa dos frutos e teor de vitamina C (Vit C).

Tabela 7 - Valores médios referentes as características peso médio de frutos (PESO), firmeza média de frutos (FIRM), teor de sólidos solúveis totais da polpa (SST), pH da polpa, teor de vitamina C e classificação dos 25 clones de aceroleira com base no índice de seleção de Mulamba & Mock (RANK).

Clones	PESO (kg)	SST (°BRIX)	AT	pH	Vit C (mg/100g de polpa)	RANK
23/2 (3)	8,16	6,13	1,59	3,32	1103,30	10
68/1 (9)	6,56	7,83	1,40	3,45	1130,49	8
75/2 (7)	7,66	7,23	1,17	3,44	996,03	15
<b>79/10 (9)*</b>	8,32	7,93	1,75	3,26	1353,36	1
8/2 (3)	5,85	6,10	1,15	3,42	941,04	24
<b>87/11 (7)</b>	7,15	9,23	1,86	3,30	1289,90	2
66/7 (5)	8,07	7,93	1,18	3,35	1062,91	11
66/7 (6)	5,63	8,30	1,66	3,35	1161,20	4
79/9 (6)	7,99	5,70	1,43	3,19	781,47	22
79/9 (7)	6,48	7,73	1,58	3,25	1088,72	13
51/4 (7)	7,02	7,47	1,26	3,24	1221,06	17
26/5 (4)	7,77	6,83	1,95	3,14	1329,07	9
8/10 (1)	7,92	6,83	1,33	3,17	1441,74	12
66/4 (8)	8,61	7,60	1,27	3,37	1102,13	5
54/12 (2)	5,41	7,53	1,00	3,35	907,82	23
26/8 (4)	8,12	7,70	1,67	3,17	1150,56	6
8/11 (2)	7,83	7,70	1,48	3,24	982,91	14
8/11 (5)	6,75	7,17	1,48	3,18	1187,03	18
12/5 (3)	8,02	6,03	1,48	3,17	1227,65	16
28/7 (4)	5,43	6,23	0,94	3,50	858,33	25

Tabela 7 - Valores médios referentes as características peso médio de frutos (PESO), firmeza média de frutos (FIRM), teor de sólidos solúveis totais da polpa (SST), pH da polpa, teor de vitamina C e classificação dos 25 clones de aceroleira com base no índice de seleção de Mulamba & Mock (RANK).

Clones	PESO (kg)	SST (°BRIX)	AT	pH	Vit C (mg/100g de polpa)	RANK
20/4 (8)	6,01	6,70	0,80	3,57	736,99	21
63/2 (2)	4,52	6,57	1,53	3,28	1235,10	19
<b>91/8 (2)</b>	6,29	8,33	1,49	3,36	1248,30	3
91/8 (6)	5,94	7,87	1,44	3,42	1214,34	7
20/7 (8)	6,69	7,30	1,29	3,30	1102,22	20

\* clones selecionados pelo índice de seleção

Pela avaliação conjunta das características de pós-colheita, utilizando-se como referência a média dos 25 clones de aceroleira elegeram-se os clones 79/10 (9), 87/11 (7) e 91/8 (2) por apresentarem respectivamente as 1º, 2º e 3º posições, como os mais promissores e com boas perspectivas para teste em larga escala e plantio comercial em cultivo na região litorânea do Estado do Ceará.

O peso médio dos frutos variou de 6,29 g, clone 91/8 (2), a 8,32 g, clone 79/10 (9), enquanto a firmeza média dos frutos variou de 3,03 a 4,21N, respectivamente para os clones 79/10 (9) e 87/11 (7). O maior teor de sólidos solúveis totais (SST) foi para o clone 87/11 (7) com 9,23°BRIX, os clones 91/8 (2) e 79/10 (9) apresentaram 7,93 e 8,33°BRIX, respectivamente. Com relação à firmeza observa-se variação de 3,03 a 4,21 N com destaque para o clone 87/11 (7), indicado para o consumo “in natura” por apresentar maior resistência física. O teor de vitamina C entre os três clones selecionados apresentou pequena amplitude de variação com valores de 1.248,30 a 1.353,36 mg/100g de polpa para os clones 91/8 (2) e 79/10 (9), respectivamente.

Ao se analisar a Tabela 8, na qual todas as características avaliadas foram utilizadas no processo de seleção com base no índice de Mulamba & Mock (1978), observa-se que entre os três clones selecionados não houve coincidência entre os genótipos, com exceção do clone 87/11 (7) visto que foi eleito pelos dois métodos. Pela avaliação conjunta do porte da planta, produção e características qualitativas dos seus frutos, utilizando-se como referência a média dos 25 clones de aceroleira elegeram-se como os mais promissores os clones 66/7 (5), 87/11 (7) e 91/8 (6) por apresentarem respectivamente as 1º, 2º e 3º posições.

Contudo, ao confrontar as duas seleções (Tabelas 7 e 8) é possível verificar que a seleção de clones de aceroleira com base no índice de seleção (RANK) quando auxiliada pelo

método dos componentes principais foi mais eficiente, visto que os clones selecionados no primeiro método foram superiores, aos três outros genótipos selecionados pelo segundo método, para a maioria das características principalmente em relação ao conteúdo de vitamina C.

Ao comparar os dados obtidos no primeiro capítulo deste trabalho com os resultados deste capítulo verifica-se que houve coincidência na seleção com base no índice de Mulamba & Mock, auxiliada pelo método das componentes principais, na qual os clones 87/11 (7), 79/10 (9) e 91/8 (2) foram eleitos como superiores em relação aos 25 demais avaliados. Com exceção do clone 91/8 (2) que no primeiro capítulo não apresentou destaque.

Tabela 8. Médias dos caracteres altura de planta (A), diâmetro de copa (DC), produção por planta por colheita (P/PL/Col), peso médio de frutos (PESO) firmeza de frutos (FIRM), teor de sólidos solúveis totais (SST), acidez titulável (AT), relação SST/AT, pH da polpa, teor de vitamina C (Vit C) e escores relativos a três métodos de seleção, estimados em 25 clones de aceroleira de segundo ciclo de seleção.

CLONES	AP	DC	P/PL/COL	PESO	FIRMEZA	SST	AT	SST/AT	ph	VIT C	RANK2
23/2 (3)	1,83	2,38	0,70	8,16	2,41	6,13	1,59	4,35	3,32	1103,30	21
68/1 (9)	1,75	2,65	0,81	6,56	3,17	7,83	1,40	5,98	3,45	1130,49	10
75/2 (7)	1,83	2,59	1,22	7,66	3,39	7,23	1,17	7,05	3,44	996,03	6
79/10 (9)	1,96	2,54	0,79	8,32	3,03	7,93	1,75	4,87	3,26	1353,36	17
8/2 (3)	1,58	2,14	0,80	5,85	2,98	6,10	1,15	6,19	3,42	941,04	9
<b>87/11 (7)*</b>	1,51	2,06	0,45	7,15	4,21	9,23	1,86	5,67	3,30	1289,90	2
<b>66/7 (5)</b>	1,72	2,41	0,78	8,07	3,39	7,93	1,18	6,83	3,35	1062,91	1
66/7 (6)	1,70	2,38	0,33	5,63	3,31	8,30	1,66	5,62	3,35	1161,20	15
79/9 (6)	1,67	2,16	0,68	7,99	3,33	5,70	1,43	4,38	3,19	781,47	19
79/9 (7)	1,83	2,42	0,88	6,48	3,00	7,73	1,58	5,61	3,25	1088,72	20
51/4 (7)	1,84	2,63	1,05	7,02	3,74	7,47	1,26	6,14	3,24	1221,06	11
26/5 (4)	1,78	2,37	0,69	7,77	2,67	6,83	1,95	3,77	3,14	1329,07	24
8/10 (1)	1,72	2,50	0,59	7,92	3,52	6,83	1,33	5,24	3,17	1441,74	12
66/4 (8)	1,78	2,34	0,50	8,61	3,00	7,60	1,27	6,41	3,37	1102,13	8
54/12 (2)	1,85	2,42	0,63	5,41	3,11	7,53	1,00	7,56	3,35	907,82	18
26/8 (4)	1,92	2,61	0,53	8,12	3,03	7,70	1,67	5,18	3,17	1150,56	25
8/11 (2)	1,69	2,18	0,69	7,83	2,86	7,70	1,48	5,43	3,24	982,91	16
8/11 (5)	1,62	2,15	0,79	6,75	2,70	7,17	1,48	5,39	3,18	1187,03	14
12/5 (3)	1,79	2,66	0,50	8,02	3,89	6,03	1,48	4,25	3,17	1227,65	23
28/7 (4)	1,67	2,38	0,77	5,43	3,42	6,23	0,94	7,14	3,50	858,33	7
20/4 (8)	1,75	2,50	0,91	6,01	3,56	6,70	0,80	9,21	3,57	736,99	4
63/2 (2)	1,88	2,53	0,82	4,52	3,19	6,57	1,53	4,91	3,28	1235,10	22
91/8 (2)	1,79	2,12	0,52	6,29	3,39	8,33	1,49	6,14	3,36	1248,30	5
<b>91/8 (6)*</b>	1,66	2,29	0,33	5,94	3,76	7,87	1,44	6,50	3,42	1214,34	3
20/8 (7)	1,71	2,41	0,80	6,69	2,81	7,30	1,29	5,87	3,30	1102,22	13

\* clones selecionados pelo índice de seleção considerando-se todas as características avaliadas.

## 5. CONCLUSÕES

- a) O uso das componentes principais como ferramenta auxiliar no processo de seleção se constitui em uma ótima ferramenta para o melhorista, de modo que o mesmo pode realizar a seleção com um menor número de variáveis, porém sem diminuir a eficiência na escolha dos melhores genótipos.
- b) As variáveis correlacionadas fortemente com outras assim como aquelas de menor variabilidade como altura de planta, diâmetro de copa e produção por planta por colheita podem ser descartadas no momento da seleção visto que dão pouca contribuição na escolha dos melhores clones. Vale ressaltar que em virtude da natureza do modelo estatístico utilizado neste trabalho (fixo) esta conclusão só diz respeito aos clones utilizados neste trabalho.
- c) Entre os 25 clones de aceroleira avaliados neste trabalho é recomendada a seleção dos genótipos 79/10 (9), 87/11 (7) e 91/8 (2) por apresentarem uma série de atributos favoráveis, com potencial para serem avaliados em experimentos de larga escala em diferentes regiões do Estado do Ceará

## 6. REFERÊNCIAS

ASSOCIATION OF OFICIAL ANALYTICAL CHEMISTRY. **Official methods of analyses of Association of Official Analytical Chemistry**. 10. ed. Washington: AOAC, 1992.115.

BARBOSA, L. Utilização de técnicas de análise multivariada na avaliação de características quantitativas de uma população F2 de suínos. 2003. 80f. **Dissertação** (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

BARBOSA, L.; LOPES P. S., REGAZZI, A. J.; GUIMARÃE, S. E. F.; TORRES, R. A. Seleção de variáveis de desempenho de suínos por meio da análise de componentes principais. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.*, v.57, n.6, p.805-810, 2005.

BARBOSA, M. H. P.; PINTO, C. A. B. P. **Eficiência de índices de seleção na identificação de clones superiores de batata**. Disponível em: [http://webnotes.sct.embrapa.br/pab/pab.nsf/1369aa7a4f8bbb9d03256508004f4e1d/.../\\$FILE/Pab14696.doc](http://webnotes.sct.embrapa.br/pab/pab.nsf/1369aa7a4f8bbb9d03256508004f4e1d/.../$FILE/Pab14696.doc). Acessado em: 14 de novembro de 2008.

CORDEIRO, E. R. Parâmetros genético e seleção de progênes de aceroleira em segundo ciclo. Fortaleza, UFC, 2005. 102p. **Tese** (Doutorado em Fitotecnia) - Universidade Federal do Ceará, 2005.

CRUZ, C. D. **Aplicações de algumas técnicas multivariadas no melhoramento de plantas**. 1990. 188 f. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento) – Escola Superior de Agricultura “Luis de Queiroz”, Piracicaba, 1990.

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

CRUZ, C. D. **Programa GENES**. Aplicativo computacional em genética e estatística. ver. Viçosa: UFV, 2001. 648p.

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. L. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 2. ed. ver. Viçosa: UFV, 2001. 390p.

CUNHA NETO, J. Potencial agrônomo e de pós-colheita em clones de aceroleira de segundo ciclo de seleção. **Monografia** (Graduação em Agronomia) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2006.

FARIAS, J. C. F.; GARCIA, A. A. F.; VELLO, N. A. índice de seleção de cultivares de algodão herbáceo. **V Congresso brasileiro de algodão, 2005**. Disponível em: <[http://www.cnpa.embrapa.br/produtos/algodao/publicacoes/trabalhos\\_cba5/319.pdf](http://www.cnpa.embrapa.br/produtos/algodao/publicacoes/trabalhos_cba5/319.pdf)> Acessado em: 12/11/2008.

FERREIRA, A.; CECON, P. R.; CRUZ, C. D.; FERRÃO, R. G.; FLORES DA SILVA, M.; FONSECA, A. F. A. Seleção simultânea de *Coffea canephora* por meio da combinação de análise de fatores e índices de seleção. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília. v. 40. n. 12. p. 1189-1195, dezembro, 2005.

GONÇALVES, G. M.; VIANA, A. P.; BEZERRA NETO, F. V.; PEREIRA, M. G.; PEREIRA, T. N. S. Seleção e herdabilidade na predição de ganhos genéticos em maracujá-amarelo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 2, p. 193-198, 2007.

HAZEL, L. N.; LUSH, J. L. The genetic basis for construnting selection indexes. **Genetics**. V. 39. p. 476-490, 1943.

JOLLIFFE, I.T. Discarding variables in a principal component analysis. I. Artificial data. **Appl. Stat.**, v.21, p.160-173, 1972.

JOLLIFFE, I.T. Discarding variables in a principal component analysis. II. Real data. **Appl. Stat.**, v.22, p.21-31, 1973.

LIMA, V. L. A. G.; MUSSER, R. S.; LEMOS, M.A. et al. Análise conjunta das características físico-químicas de acerola (*Malpighia emarginata* D.C.) do banco ativo de germoplasma em Pernambuco. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 17., 2002, Belém, **Anais...** Belém: SBF, 2002. CD-ROM.

LOPES, R; PAIVA, J. R. Aceroleira. In: BRUCKNER, C. H. (Ed). **Melhoramento de fruteiras tropicais**. Viçosa, MG: UFV, 2002. 422p.

MARTINS, I. S. Comparação entre métodos uni e multivariados aplicados na seleção em *Eucalyptus grandis*. 1999. 94 f. **Tese** (Doutorado em Genética e Melhoramento) Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1999.

MARTINS, I. S.; CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J.; PIRES, I. E. EFICIENCIA DA SELEÇÃO UNIVARIADA DIRETA E INDIRETA E DE ÍNDICES DE SELEÇÃO EM *Eucalyptus grandis*. **Sociedades de investigação florestais**. Viçosa, v.27, n.3, p.327-333, 2003.

MARTINS, I. S.; CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J.; PIRES, I. E. Eficiência da seleção univariada direta e indireta e de índices de seleção em *Eucalyptus grandis*. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 27, n. 3, p. 327-333, 2003.



MARTINS, I. S.; MARTINS, R. C. C.; PINHO, D. S. Alternativas de índices de seleção em uma população de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden. **Cerne**, Lavras, v. 12, n. 3, p. 287-291, jul./set. 2006

MELO, D. S. Obtenção e avaliação de clones de aceroleira originados de progênes de segundo ciclo de seleção. **Monografia** (Graduação em Agronomia) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 44p, 2004.

MULAMBA, N. N.; MOCK, J. J. Improvement of yield potential of the Eto Blanco maize (*Zea mays* L.) population by breeding for plant traits. **Egyptian Journal of Genetics and Cytology**, Alexandria, v. 7, p. 40-51, 1978.

NEVES, L. G. Alternativas de seleção, predição de ganho genético, estimativas de correlação e coeficiente de repetibilidade em maracujazeiro amarelo. 2006. 103 f. **Tese** (Doutorado em Genética e Melhoramento) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2006.

PAIVA, J. R. Cultivares e melhoramento genético. In: MANICA, I; ICUMA, I. M.; FIORAVANÇO, J. C.; PAIVA, J. R.; PAIVA, M. C.; JUNQUEIRA, N. T. V. **Acerola: tecnologia de produção, pós-colheita, congelamento, exportação, mercados**. Porto Alegre: Cinco Continentes, p. 69-88, 2003.

PAIVA, J. R.; ALVES, R. E.; MELO, F. I. O.; CORDEIRO, E. R.; ALMEIDA, A. S. Genetic progress of selections between and within caribbean cherry open pollination progenies. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Londrina, v. 2, p. 299-306, 2002.

PAIVA, J. R.; CAVALCANTI, J. V.; BARROS, L. M. B.; CORRÊA, M. C. M.; MAIA, M. C. C.; COSTA FILHO, A. SELEÇÃO DE CLONES DE CAJUEIRO COMUM PELO MÉTODO EM TANDEM E ÍNDICE DE CLASSIFICAÇÃO. **Ciênc. agrotec.**, Lavras, v. 31, n. 3, p. 765-772, maio/jun., 2007.

PAULA, R. C. Avaliação de diferentes critérios de seleção aplicados em melhoramento florestal. 1997. 74 f. **Tese** (Doutorado em Ciências Florestais) Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1997.

PESEK, J., BAKER, R.J. Desired improvement in relation to selected indices. **Can. J. Plant Sci.**, v.49, p.803-804, 1969.

REIS, E. F.; REIS, M. S.; CRUZ, C. D.; SEDIYAMA, T. Comparação de procedimentos de seleção para produção de grãos em populações de soja. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 34, n. 3, p. 685-692, 2004.

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

ROSSE, L. N.; FERNANDES, J. S. C. Escolha de caracteres para o melhoramento genético em erva-mate por meio de técnicas multivariadas. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 12, n. 1, p. 21-27

SANTOS, C. E. M.; LINHALES, H. NUNES, E. S.; BRUCKNER, C. H.; PIRES, R. G.; PEREIRA, R. L. M. P.; PIMENTEL, L. D. **Seleção simultânea em progênes de maracujazeiro-azedo no primeiro ano de produção**, 2008. Disponível em: [http://200.137.78.15/cd\\_XXCBF/paginas/MelhorGenBioestatistica/20080711\\_182457.pdf](http://200.137.78.15/cd_XXCBF/paginas/MelhorGenBioestatistica/20080711_182457.pdf). Acessado em 12 de novembro de 2008.

SILVA, M. A. **Melhoramento animal** (índices de seleção). Viçosa, MG: UFV Imprensa Universitária, 1980. 65 p.

SILVA, M. A. **Melhoramento animal** (métodos de seleção). Viçosa, MG: UFV Imprensa Universitária, 1982. 51 p.

SILVA, N. R.; PADOVANI, C. R. Utilização de componentes principais na experimentação agrônômica. **Energ. Agric.**, Botucatu, vol. 21, n. 4, 2006, p. 98-113

SIMÃO, S. Cereja das Antilhas. In: SIMÃO, S. (Ed.) **Manual de Fruticultura**. São Paulo: Agronomia Ceres, 1971. cap.15. p. 477-485.

SMITH, H. F. A. Discriminant function for plant selection. **Annals of Eugenics**. v.7. p. 240-250, 1936.

STRAPASSON, E.; VENCOVSKY, R.; BATISTA, L. A. R. Seleção de descritores na caracterização de germoplasma de *Paspalum* sp. por meio de componentes principais. **Rev. Bras. Zootec.**, v.29, p.373-381, 2000.

STROHERCKER, R., HENNING, H.M. **Analisis de vitaminas: métodos comprobados**. Madrid: Paz Montalvo, 1997. 482p.

VENCOVSKY, R. Herança quantitativa. In: PATERNIANI, E. (Coord.). **Melhoramento e produção de milho no Brasil**. Campinas: Fundação Cargill, 1987. v. 1, p. 122-201.

VIEIRA, J. V. **Herdabilidade, correlações genéticas e índices de seleção em uma população de cenoura (*Daucus corata* L.)** 1988. 86f. Tese (Doutorado em Genética Melhoramento) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1988.

WHITE, T. L.; HODGE, G. R. **Predicting breeding values: with applications in Forest tree improvement**. London: Kluwer Academic Publishers, 1989. 367p.

WILLIAMS, J. S. The evaluation of a selection index. **Biometrics**, North Carolina, v. 18, p. 375-393, 1962.