



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS**  
**DEPARTAMENTO DE TECNOLOGIA DE ALIMENTOS**  
**CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIA DE ALIMENTOS**

**WEDJA SANTANA DA SILVA**

**QUALIDADE E ATIVIDADE ANTIOXIDANTE EM FRUTOS DE VARIEDADES DE  
ACEROLEIRA**

**FORTALEZA**

**2008**

**WEDJA SANTANA DA SILVA**

**QUALIDADE E ATIVIDADE ANTIOXIDANTE EM FRUTOS DE VARIEDADES DE  
ACEROLEIRA**

Dissertação submetida à Coordenação do Curso de Pós-Graduação em Tecnologia de Alimentos, da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Tecnologia de Alimentos.

Orientador: Prof. Dr. Raimundo Wilane de Figueiredo  
Co-orientador: Dr. Ricardo Elesbão Alves

**FORTALEZA**

**2008**

**WEDJA SANTANA DA SILVA****QUALIDADE E ATIVIDADE ANTIOXIDANTE EM FRUTOS DE VARIEDADES DE ACEROLEIRA**

Dissertação submetida à Coordenação do Curso de Pós-Graduação em Tecnologia de Alimentos, da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Tecnologia de Alimentos.

A citação de qualquer trecho desta dissertação é permitida desde que seja feito de conformidade com as normas da ética científica.

---

Wedja Santana da Silva

Dissertação aprovada em: 28 / 03/ 2008.

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. Dr. Raimundo Wilane de Figueiredo  
Orientador

---

Dr. Ricardo Elesbão Alves  
Co-orientador

---

Prof. Dr. Geraldo Arraes Maia  
Membro

---

Prof<sup>ª</sup>. Dra. Rosimar dos Santos Musser  
Membro

---

Dr. Paulo Henrique Machado de Souza  
Membro

A Deus, por tudo que tem permitido em minha vida,  
fortalecendo-me e guiando-me.

**Dedico**

Aos meus pais, Antônio Ambrósio da Silva e Cecília  
Joaquina Santana da Silva, pelo sagrado dom da vida.  
Aos meus queridos irmãos, Aparecida e Antônio Carlos,  
e todos os tios e tias pelos momentos compartilhados.

**Ofereço**

## AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal do Ceará - UFC, pela minha formação nesse curso de mestrado.

À Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FUNCAP), pela concessão da bolsa de estudo.

À Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa Agroindústria Tropical) por disponibilizar a infra-estrutura do Laboratório de Fisiologia e Tecnologia Pós-Colheita para a realização do experimento.

Ao Dr. Paiva, Fazenda Frutacor e Empresa Nutrilite Amway, por disponibilizar os frutos analisados no trabalho.

Ao meu orientador professor Dr. Raimundo Wilane de Figueiredo, pela valiosa orientação e amizade durante todo o curso, além dos conhecimentos e ensinamentos compartilhados.

Ao meu co-orientador pesquisador Dr. Ricardo Elesbão Alves, da Embrapa Agroindústria Tropical, Fortaleza-CE, pela orientação e pelo exemplo de competência.

À querida professora Dra. Evânia de Figueiredo, pelas “palavras certas no momento certo” e pelo exemplo de coragem e persistência.

À todos os professores do Departamento de Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal do Ceará, pelos conhecimentos compartilhados durante o curso de mestrado e em particular, ao professor Dr. Geraldo Araes Maia e o pesquisador Dr. Paulo Henrique Machado de Souza, bem como a professora Dra. Rosimar dos Santos Musser da Universidade Federal Rural de Pernambuco por terem aceitado participar desta banca de defesa de dissertação, enriquecendo ainda mais este trabalho.

À professora Dra. Maria Inês Sucupira Maciel, do Departamento de Ciências Domésticas da Universidade Federal Rural de Pernambuco, pela amizade e grande contribuição em momentos decisivos em minha vida.

Aos amigos conquistados no mestrado Michelle Garcêz, José Mauro e Márcia Régia, pela amizade e companheirismo, que se iniciou desde os primeiros dias de aula e continuou durante todo o curso, sendo presentes não só nos momentos difíceis, mas também dividindo momentos de felicidades e de descontração. Em especial a Michelle pela elaboração do abstract.

Aos colegas de turma, Afrânio, Aliciane, Aline, Ana Amélia, Anália, Andréa, Cyntia, Mirela, Germana, Luiza, Rodrigo, Virlane, Érika e Cristiane, pela ótima convivência e solidariedade durante todo o curso.

Aos colegas bolsistas e estagiários do Laboratório de Fisiologia e Tecnologia Pós-Colheita da Embrapa Agroindústria Tropical: Adriano, Carol, Leirson, Delane, Denise, Deuzenir, Eliardo, Fátima, Lígia, Luciana, Marcela, Mário, Melissa, Ovídio, Suelane, Thiago, Vlayrton e Dona Maria, pela convivência, disponibilidade de ajuda e pelo excelente ambiente de trabalho

proporcionado. Em especial a David, Isabel, Kellina, Nara, Eliardo e Socorro Rufino, pela amizade, compromisso e competência.

Aos meus queridos amigos Ana Carla, Jânio Silva, Cilene Farias, Lídia, Ana Paula, Paula, Kelvina, Christine, Paloma e Rosilda, pela presença constante, mesmo há mais de 800Km de distância.

Ao meu grande amor Pedro Leonel, pela cumplicidade, amor e companheirismo em todos os momentos.

Ao secretário do curso de mestrado Paulo Mendes, por sua dedicação e paciência no decorrer do curso.

Enfim, a todos que contribuíram de forma direta ou indireta, para a realização deste trabalho.

## RESUMO

A avaliação da qualidade de frutos oriundos de plantas selecionadas pelo programa de melhoramento genético da Embrapa Agroindústria Tropical, visa selecionar plantas com melhor potencial para consumo *in natura* e processamento industrial. Objetivou-se com este trabalho caracterizar fisicamente, físico-quimicamente e quimicamente frutos de aceroleira oriundos de 19 clones comerciais, avaliando a capacidade antioxidante total (AOT) das suas porções comestíveis. Os frutos foram provenientes de três diferentes campos experimentais, sendo os clones I6/2, Apodi-CL, Okinawa-CL, Cereja, Roxinha, Frutacor, II 47/1, Flor Branca, Barbados, Monami, Sertaneja e Mineira do Campo Experimental de Limoeiro do Norte-CE; os clones AC 69, Okinawa-OU, AC 26, AC 71, Apodi-OU e FP19 do plantio comercial orgânico da Empresa Nutrilite Amway e o clone Flórida Sweet do Campo Experimental de Pacajus-CE. Todos os frutos foram colhidos no estágio de maturação comercial nos respectivos locais, onde foram avaliados quanto à firmeza da polpa, comprimento, diâmetro, cor instrumental  $L^* a^* b^*$ , peso total, sólidos solúveis (SS), acidez total (AT), pH, relação sólidos solúveis/ acidez total (SS/AT), açúcares solúveis totais (AST), vitamina C total, antocianinas totais, flavonóides amarelos, polifenóis extraíveis totais (PET), carotenóides totais e atividade antioxidante total (AAT). Os pesos apresentaram amplitude entre 2,09 e 14,48g, com média de 6,05g. O comprimento médio foi de 19,73mm e o diâmetro 22,53mm. Os clones que concentraram a maior firmeza, vitamina C, polifenóis totais e atividade antioxidante foram AC 69, Okinawa-OU, AC 26, AC 71, Apodi-OU e FP19. O Flórida Sweet obteve a maior relação SS/AT, seguido pelos orgânicos. O Frutacor e o AC26 apresentaram os maiores teores de carotenóides totais. Os frutos do clone Barbados mostraram a menor atividade antioxidante total. O peso e o tamanho (comprimento e diâmetro) ficaram entre os parâmetros físicos com menor influência de fatores ambientais. Para a vitamina C, polifenóis e atividade antioxidante foram obtidas as maiores variações, tanto residuais quanto genéticas. Os sólidos solúveis, pH, acidez total, relação SS/AT, carotenóides e açúcares totais foram as variáveis que demonstraram as menores influências do ambiente e genética, quando comparadas com as demais. Houve correlação significativa ( $P \leq 0,01$ ) entre o peso, tamanho, coordenada  $a^*$  e  $b^*$ . Os polifenóis apresentaram correlação positiva ( $P \leq 0,01$ ) com a atividade antioxidante total (0,73). A vitamina C parece ter contribuído consideravelmente para essa atividade, apresentado correlação direta ( $P \leq 0,01$ ) com os polifenóis (0,87) e com a atividade antioxidante total (0,78). Relação negativa significativa a 1% foi encontrada entre a acidez total e a relação SS/AT. Diante do exposto, como foi observada correlação direta da atividade antioxidante com dois, dos principais grupos de compostos bioativos (polifenóis totais e vitamina C), pode-se inferir que a ação antioxidante dos materiais se deve, basicamente, a esses dois compostos, sem desconsiderar o sinergismo que existe entre todos eles.

**Palavras-chave:** acerola, clones, qualidade, compostos bioativos, atividade antioxidante total.

## ABSTRACT

The evaluation of the quality of fruit come from selected plants, by the program of genetic improvement Embrapa Agroindústria Tropical. It has as objective selects plants to cultivation with the better potential to consume *in nature* and industrial processing. The objective of this work was to characterize physically, chemically and physico-chemically fruits of acerola, 19 clones from commercial, evaluating the total antioxidant capacity (AOT) of its edible portions. The fruits were from different fields experimental, and the clones I6 / 2, Apodi-CL, Okinawa-CL, Cereja, Roxinha, Frutacor, II 47 / 1, Flor Branca, Barbados, Monami, Sertaneja and Mineira Field Trial of Limoeiro do Norte-CE; the clones AC69, Okinawa-OU, AC26, AC71, Apodi-OU and FP19 commercial planting organic Company Amway Nutrilite and clone Florida Sweet of Field of Experimental Pacajus-CE. All fruits were harvested at the stage of maturity in their commercial locations, where they were evaluated as to the firmness of flesh, length, diameter, colour instrumental  $L^*a^*b^*$ , total weight, soluble solids (SS), total acidity (AT), pH, relationship soluble solids / total acidity (SS/AT), total soluble sugars (AST), total vitamin C, total anthocyanins, flavonoids yellow, total extractable polyphenols (PET), total carotenoids and total antioxidant activity (AAT). Weights had amplitude between 2.09 and 14.48g with an average of 6.05g. The average length was 19.73mm and 22.53mm diameter. The clones that concentrated the greatest firmness, vitamin C, total polyphenol and antioxidant activity were AC69, Okinawa-OU, AC26, AC71, Apodi-OU and FP19. The Florida Sweet received the highest regard SS/AT, followed by organic. The Frutacor and AC26 showed the highest levels of total carotenoids. The Barbados showed the lowest total antioxidant activity. The weight and size (length and diameter) were among the physical parameters with less influence of environmental factors. For vitamin C, polyphenols and antioxidant activity were obtained the greatest variations, as much as residual genetic. The soluble solids, pH, total acidity, relatio SS/AT, carotenoids and total sugars were the variables that showed the lowest influences of the environment and genetics, as compared to the other. There was significant correlation ( $P \leq 0,01$ ) between the weight, size, coordinated  $a^* b^*$ . The polyphenols showed a positive correlation ( $P \leq 0,01$ ) with the total antioxidant activity (0.73). Vitamin C appears to have contributed considerably to this activity, presented direct correlation ( $P \leq 0,01$ ) with polyphenols (0.87) and the total antioxidant activity (0.78). Significant negative relationship to 1% was found between the total acidity and the relationship SS/AT. Given the foregoing, as was observed direct correlation of antioxidant activity with two of the main groups of bioactive compounds (polyphenols total and vitamin C), it can be inferred that the antioxidant activity of the materials should be, basically, these two compounds, without disregard the synergism that exists between all of them.

**Keywords:** Acerola, clones, quality, bioactivies compounds, antioxidant activity



**LISTA DE FIGURAS**

FIGURA 1.	Aspectos botânicos da aceroleira ( <i>Malpighia emarginata</i> D.C.) .....	20
FIGURA 2.	Localização geográfica do município de Limoeiro do Norte-CE.....	60
FIGURA 3.	Localização geográfica do município de Pacajus-CE.....	61
FIGURA 4.	Localização geográfica do município de Ubajara-CE.....	61
FIGURA 5.	Peso total dos frutos de diferentes clones de aceroleira provenientes de Limoeiro do Norte, Pacajus e Ubajara – CE.....	71
FIGURA 6.	Comprimento dos frutos de diferentes clones de aceroleira provenientes de Limoeiro do Norte, Pacajus e Ubajara – CE.....	73
FIGURA 7.	Diâmetro dos frutos de diferentes clones de aceroleira provenientes de Limoeiro do Norte, Pacajus e Ubajara – CE.....	74
FIGURA 8.	Firmeza da polpa dos frutos de diferentes clones de aceroleira provenientes de Limoeiro do Norte, Pacajus e Ubajara – CE.....	75
FIGURA 9.	Luminosidade dos frutos de diferentes clones de aceroleira provenientes de Limoeiro do Norte, Pacajus e Ubajara – CE.....	77
FIGURA 10.	Coordenada a* dos frutos de diferentes clones de aceroleira provenientes de Limoeiro do Norte, Pacajus e Ubajara – CE.....	78
FIGURA 11.	Coordenada b* dos frutos de diferentes clones de aceroleira provenientes de Limoeiro do Norte, Pacajus e Ubajara – CE.....	79
FIGURA 12.	Sólidos solúveis dos frutos de diferentes clones de aceroleira provenientes de Limoeiro do Norte, Pacajus e Ubajara – CE.....	81

FIGURA 13.	Açúcares solúveis totais dos frutos de diferentes clones de aceroleira provenientes de Limoeiro do Norte, Pacajus e Ubajara – CE.....	84
FIGURA 14.	Sólidos solúveis e açúcares solúveis totais dos frutos de diferentes clones de aceroleira provenientes de Limoeiro do Norte, Pacajus e Ubajara – CE.....	84
FIGURA 15.	Potencial hidrogeniônico dos frutos de diferentes clones de aceroleira provenientes de Limoeiro do Norte, Pacajus e Ubajara – CE.....	85
FIGURA 16.	Acidez total dos frutos de diferentes clones de aceroleira provenientes de Limoeiro do Norte, Pacajus e Ubajara – CE.....	87
FIGURA 17.	Relação SS/AT dos frutos de diferentes clones de aceroleira provenientes de Limoeiro do Norte, Pacajus e Ubajara – CE.....	89
FIGURA 18.	Ácido ascórbico dos frutos de diferentes clones de aceroleira provenientes de Limoeiro do Norte, Pacajus e Ubajara – CE.....	90
FIGURA 19.	Antocianinas totais dos frutos de diferentes clones de aceroleira provenientes de Limoeiro do Norte, Pacajus e Ubajara – CE.....	93
FIGURA 20.	Flavonóides amarelos dos frutos de diferentes clones de aceroleira provenientes de Limoeiro do Norte, Pacajus e Ubajara – CE.....	95
FIGURA 21.	Carotenóides totais dos frutos de diferentes clones de aceroleira provenientes de Limoeiro do Norte, Pacajus e Ubajara – CE.....	96
FIGURA 22.	Polifenóis extraíveis totais dos frutos de diferentes clones de aceroleira provenientes de Limoeiro do Norte, Pacajus e Ubajara – CE.....	98
FIGURA 23.	Atividade antioxidante total de frutos de diferentes clones de aceroleira provenientes de Limoeiro do Norte, Pacajus e Ubajara – CE.....	100

**LISTA DE TABELAS**

TABELA 1.	Pluviosidade ocorrida no período de maio/2006 a maio/2007 na região de Limoeiro do Norte-CE.....	62
TABELA 2.	Pluviosidade ocorrida no período de outubro/2006 a outubro/2007 na região de Pacajus-CE.....	62
TABELA 3.	Pluviosidade ocorrida no período de outubro/2006 a outubro/2007 na região de Ubajara-CE.....	63
TABELA 4.	Valores médios, amplitude e coeficiente de variação das características físicas avaliadas nos frutos de aceroleira.....	70
TABELA 5.	Valores médios, amplitude e coeficiente de variação das características físico-químicas e químicas avaliadas nos frutos de aceroleira.....	80
TABELA 6.	Estimativas da variância residual, variância genética, coeficiente de repetibilidade e coeficiente de determinação para as características físicas dos frutos de aceroleira.....	102
TABELA 7.	Estimativas da variância residual, variância genética, coeficiente de repetibilidade e coeficiente de determinação para as características físico-químicas e químicas dos frutos de aceroleira.....	105
TABELA 8.	Correlações fenotípicas lineares entre as características físicas avaliadas nos frutos de aceroleira e níveis de significância de correlação de acordo com análise de Pearson.....	107
TABELA 9.	Correlações fenotípicas lineares entre as características físico-químicas e químicas avaliadas nos frutos de aceroleira e níveis de significância de correlação de acordo com análise de Pearson.....	109

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	15
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	19
2.1 Aspectos gerais e botânicos da aceroleira.....	19
2.2 A cultura da aceroleira.....	21
2.2.1 Importância econômica e social .....	21
2.2.2 Importância alimentar e nutricional.....	23
2.3 Sistema de cultivo orgânico.....	25
2.4 Melhoramento genético da aceroleira .....	26
2.4.1 Breve histórico dos clones de aceroleira.....	29
2.5 Qualidade da Aceroleira.....	32
2.5.1 Aspectos Gerais.....	32
2.5.2 Características físicas.....	33
2.5.2.1 Peso total e tamanho .....	34
2.5.2.2 Firmeza da polpa.....	35
2.5.2.3 Coloração .....	36
2.5.3 Características físico-químicas .....	37
2.5.3.1 Sólidos solúveis .....	38
2.5.3.2 Acidez total e pH.....	39
2.5.3.3 Relação SS/AT.....	40
2.5.3.4 Açúcares solúveis totais .....	41
2.5.4 Compostos bioativos.....	42
2.5.4.1 Vitamina C.....	42
2.5.4.2 Carotenóides totais .....	43
2.5.4.3 Polifenóis .....	45
2.6 Atividade antioxidante .....	48
2.6.1 Aspectos gerais .....	48
2.6.2 Espécies reativas de oxigênio .....	49
2.6.3 Alimentos funcionais .....	52
2.6.4 Polifenóis .....	53
2.6.5 Vitamina C.....	54
2.6.6 Carotenóides .....	55

2.6.7 Métodos de Avaliação .....	56
<b>3. MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>60</b>
3.1 Material .....	60
3.1.1 Origem e localização do pomar .....	60
3.1.2 Colheita, preparo do material e condução do experimento.....	63
3.2 Métodos .....	64
3.2.1 Características físicas .....	64
3.2.2 Características físico-químicas.....	65
3.2.3 Características químicas.....	67
3.3 Análise estatística .....	69
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>70</b>
4.1 Características físicas .....	70
4.1.1 Peso total .....	71
4.1.2 Comprimento e diâmetro .....	73
4.1.3 Firmeza da polpa .....	75
4.1.4 Cor instrumental .....	76
4.1.4.1 Luminosidade .....	76
4.1.4.2 Coordenadas a* e b* .....	78
4.2 Características físico-químicas e químicas .....	80
4.2.1 Sólidos solúveis .....	81
4.2.2 Açúcares solúveis totais.....	83
4.2.3 pH e acidez total. ....	85
4.2.4 Relação SS/AT .....	87
4.2.5 Ácido ascórbico.....	89
4.2.6 Antocianinas totais .....	92
4.2.7 Flavonóides amarelos .....	93
4.2.8 Carotenóides totais .....	95
4.2.9 Polifenóis extraíveis totais .....	97
4.2.10 Atividade antioxidante total .....	99
4.3 Coeficiente de repetibilidade, variância residual e genética .....	101
4.3.1 Características físicas .....	102
4.3.2 Características físico-químicas e químicas .....	104
4.4 Análises de correlações.....	106

4.4.1 Características físicas .....	106
4.4.2 Características físico-químicas e químicas .....	108
<b>5. CONCLUSÕES .....</b>	<b>112</b>
<b>6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>113</b>

S584q Silva, Wedja Santana da  
Qualidade e atividade antioxidante em frutos de variedades de aceroleira / Wedja Santana da Silva. 2008.  
134 f. ;il. color. enc.

Orientador: Prof. Dr. Raimundo Wilane de Figueiredo  
Co-Orientador: Dr. Ricardo Elesbão Alves  
Área de concentração: Tecnologia de Produtos de Origem

Vegetal  
de  
2008

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias. Depto. de Tecnologia de Alimentos, Fortaleza,

1. Acerola 2. Clones 3. Compostos bioativos I. Figueiredo, Raimundo Wilane de (orient.) II. Alves, Ricardo Elesbão (co-orient.) III. Universidade Federal do Ceará – Curso Pós-graduação em

## 1 INTRODUÇÃO

As recomendações de dietas para uma vida saudável são unânimes quanto à inclusão ou aumento no consumo de frutas. Segundo Simarelli (2006), a fruticultura no Brasil ocupa uma área de 2,3 milhões de hectares, com uma produção que atingiu 35 milhões de toneladas no ano de 2006, contribuindo significativamente para o PIB nacional. De acordo com a FAO (2006), o nosso país é considerado hoje o terceiro maior produtor mundial, perdendo apenas para a China e Índia. Em 2006, a balança comercial de frutas frescas fechou com US\$ 480 milhões para exportações (SRB, 2007) contra US\$ 440 milhões em 2005 (ANUÁRIO, 2006), comprovando o crescimento do setor.

O Brasil apresenta condições ideais (clima e solo) para o cultivo da acerola (PETINARI et al., 2002) e o Ceará é um dos Estados da Região Nordeste que vem se destacando na produção desta fruta. Apesar da grande maioria dos plantios comerciais de aceroleira implantados no Brasil ser proveniente de propagação sexuada, o que lhes confere uma grande variabilidade, o seu cultivo tem se mostrado bastante rentável. No entanto, ainda se faz necessário um trabalho de melhoramento, visando diminuir a variabilidade natural da espécie, fortalecendo suas características desejáveis, especialmente o alto teor de vitamina C (MOURA et al., 2007).

O potencial da acerola como fonte natural de vitamina C é grande, assim como a sua capacidade de aproveitamento industrial (ALVES, 1999). A partir do início da década de 90 uma super oferta de acerola vêm justificando estudos direcionados ao desenvolvimento de novos produtos a partir da mesma, que, na maioria das vezes, concentra na fruta *in natura* e na polpa as suas maiores formas de consumo (SOARES FILHO e OLIVEIRA, 2003).

Nos últimos anos a acerola vem sendo explorada comercialmente, com boa aceitação no mercado devido, especialmente, ao elevado teor de vitamina C, bem como as suas características nutricionais, associado a sabor e textura agradáveis ao paladar do consumidor (GOMES et al., 2004).



Nutricionalmente, a vitamina C desempenha várias funções biológicas relacionadas ao sistema imune. Tendo como uma das suas principais funções a prevenção do escorbuto, doença causada pela deficiência grave da vitamina C, tendo como sinais e sintomas clássicos o aparecimento de hemorragias, gengivas edemaciadas e inflamadas, levando à perda de dentes; feridas que não cicatrizam devido à diminuição na síntese do colágeno e infecções secundárias que se desenvolvem facilmente nas áreas sangrentas; distúrbios neuróticos, consistindo de hipocondríase, histeria e depressão, seguidos por déficit do desempenho psicomotor (MAHAN e ARLIN, 1995). Esta vitamina também atua na formação de colágeno, absorção de ferro, inibição da formação de nitrosaminas e como agente antioxidante (DUTRA-DE-OLIVEIRA e MARCHINI, 1998; VANNUCHI e JORDÃO JÚNIOR, 1998, CHITARRA e CHITARRA, 2005), além de facilitar o uso do cálcio na construção dos ossos e vasos sanguíneos (WTCR/AICR, 1997). A ação antioxidante é responsável por minimizar os danos oxidativos causados pelos radicais livres, sendo capaz de fortalecer o sistema imunológico e combater esses radicais envolvidos nos processos degenerativos celulares como câncer, aterosclerose, artrite reumática, entre outras. A vitamina C atua na fase aquosa seqüestrando os radicais de oxigênio ativo nos sistemas biológicos (CHITARRA e CHITARRA, 2005).

Com o aumento da procura por alimentos naturais, percebe-se que a acerola *in natura* teve um grande impulso no seu consumo, cujo fator principal é o elevado teor de vitamina C, sendo que os países desenvolvidos são ainda o principal mercado consumidor no âmbito internacional (MOURA et al., 2007). De acordo com Musser (1995), no Japão esta fruta é muito utilizada na fabricação de bebidas, confeitos, chicletes, catchup, entre outros subprodutos. Nos Estados Unidos, a utilização da acerola destaca-se na indústria farmacêutica enquanto na Europa, com destaque para Alemanha, França, Bélgica e Hungria, a acerola é usada basicamente para enriquecer sucos.

Além da vitamina C, a acerola possui outros fitoquímicos, muitos dos quais com importância fisiológica, a exemplo das antocianinas e dos carotenóides. As antocianinas são pigmentos naturais encontrados freqüentemente em frutos e vêm sendo motivo de recentes investigações científicas por apresentarem propriedade antioxidante (ESPÍN et al., 2000; MUSSER et al., 2004; LIMA et al., 2006b). Estes pigmentos são responsáveis pela cor vermelha da acerola madura, sendo bastante instáveis (CHITARRA e CHITARRA, 2005).

Segundo estes autores, os carotenóides são pigmentos amarelos, alaranjados e vermelhos revelados ou sintetizados a partir da degradação da clorofila. Tais compostos são muito estáveis e permanecem nos tecidos dos frutos durante a senescência. A atividade pró-vitamina A dos carotenóides é conhecida há muito tempo e a estes compostos também tem sido atribuída propriedade antioxidante, em decorrência de sua habilidade em desativar radicais livres (JORGENSEN e SKIBSTED, 1993; CHITARRA e CHITARRA, 2005).

O impacto dos fitoquímicos antioxidantes sobre a saúde poderá ser melhor entendido a partir do conhecimento da sua origem dietética, concentração nos alimentos que compõem a dieta, natureza química e biodisponibilidade. A determinação do teor de ácido ascórbico, polifenóis e carotenóides, compostos com reconhecida ação antioxidante em vegetais, constitui um passo de grande importância para este entendimento, além de fornecer dados que permitirão estimar o seu consumo pela população.

A procura por material de melhor qualidade para plantio tem estimulado pesquisadores e produtores a procederem à seleção fenotípica individual em suas plantações. Essas ações têm contribuído para a formação de diversos clones de aceroleira (PAIVA et al., 1999a). A Embrapa Agroindústria Tropical iniciou em 1995 um programa de melhoramento de aceroleiras, selecionando 100 plantas matrizes com boa formação de copa e demais características desejáveis de planta e de fruto, em um pomar comercial formado a partir de sementes, utilizando o método de seleção massal. Para iniciar o programa de melhoramento com o objetivo de aumentar a frequência de genes ou de combinações genéticas desejáveis, foi coletada de cada planta selecionada uma amostra de semente, visando a abertura de progênies de polinização livre. Todas as plantas selecionadas também foram multiplicadas assexuadamente, via enxertia, para instalação de experimentos de avaliação de clones, e via estaquia, para instalação de um jardim clonal (PAIVA et al., 1999a).

Há uma tendência mundial de aumento no número de consumidores de produtos naturais advindos da agricultura orgânica. O cultivo de acerola com base nos preceitos dessa agricultura, ou seja, livre de produtos agroquímicos, principalmente, para extração de vitamina C, vem atraindo o interesse de grandes empresas multinacionais. Essas empresas estão interessadas tanto em estabelecer plantios de aceroleira em áreas apropriadas à agricultura orgânica, como em atrair e motivar pequenos produtores para essa atividade. Conforme Chitarra

e Chitarra (2005), esse novo segmento de mercado ainda depende de maiores conhecimentos sobre as características nutricionais dos produtos, legislação, embalagens, etc. para uma melhor consolidação do mercado no Brasil.

Diante do exposto, o presente trabalho teve por objetivo avaliar a qualidade e a atividade antioxidante total de clones de aceroleira, identificando os que apresentam uma maior atividade antioxidante total, visando a sua inclusão na alimentação como fator de proteção da saúde.

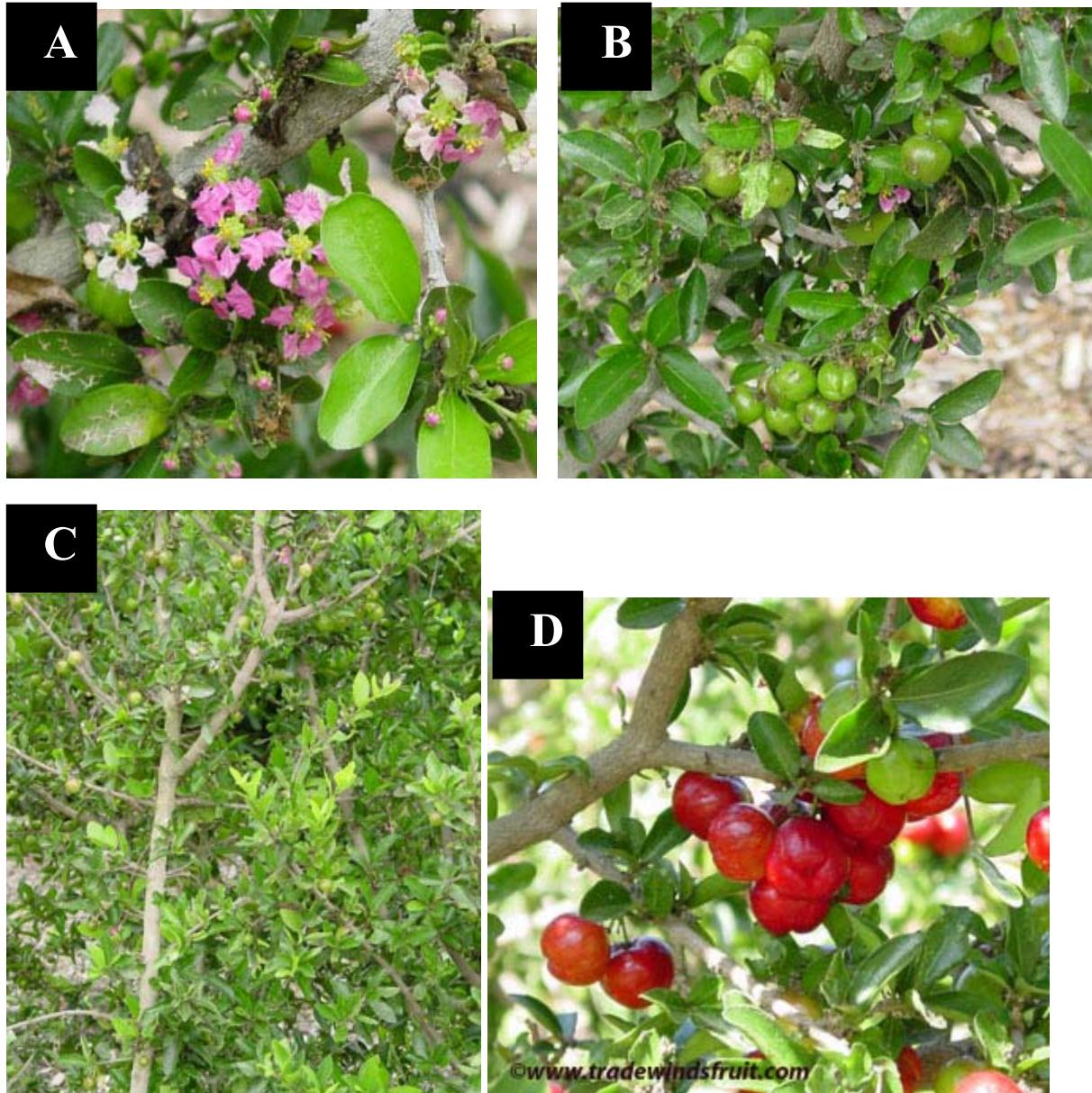
## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Aspectos gerais e botânicos da aceroleira

A aceroleira (*Malpighia emarginata* D.C.) é uma planta rústica e resistente que se propaga com facilidade em toda parte do mundo. Vem se destacando no Brasil, principalmente pela adaptação da planta ao clima tropical e subtropical do país. A exemplo de outras plantas frutíferas deixa dúvidas quanto a sua origem. Segundo Simão (1971), ela foi encontrada no Mar das Antilhas, no Norte da América do Sul e na América Central, chegando assim à Flórida, vinda de Cuba, por volta de 1903 e sendo introduzida no Continente Americano posteriormente. Chegou a Pernambuco por volta de 1955 através da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), procedente de Porto Rico (MARINO NETTO, 1986). Nos anos 80 a UFRPE patrocinou e desenvolveu uma campanha de conscientização sobre os valores nutricionais da acerola e suas possibilidades de uso. É provável que a maior parte das mudas plantadas no Brasil, tenha sido gerada a partir daquelas primeiras matrizes.

Consiste em um arbusto ou árvore de pequeno porte, que atinge de 3 a 4m de altura, com hábito de ramificação vertical ou curvado. A diferenciação do botão floral ocorre entre 8 e 10 dias e a antese após 15 e 17 dias. Suas flores são de coloração rósea, apresentam 5 sépalas, 5 pétalas, 10 estames e 3 carpelos concrecidos formando um ovário único e súpero (MARTINS et al., 1999). Os frutos apresentam-se maduros entre 21 e 25 dias após a antese, coloração que varia do laranja-claro ao vermelho-escuro e pesam de 2 a 10g, sua tonalidade pode também, dependendo da variedade e região, ser verde quando em desenvolvimento, passando a amarelo e finalmente vermelho quando maduro (MARTINS et al., 1999; LOPES e PAIVA, 2002) (FIGURA 1: A, B, C, D).

O fruto da aceroleira é uma baga drupácea que apresenta três sementes, cada uma envolvida por um endocarpo reticulado e trilobado. As sementes são pequenas, proporcionais ao tamanho do fruto e, conseqüentemente ao “caroço” (COSTA et al., 2003). Estes frutos, quando de cor vermelha brilhante são semelhantes à cereja européia (*Prunus cerasus* L.) e desperta grande interesse e importância econômica face ao seu alto teor de ácido ascórbico (vitamina C).



**Figura 1** - Aspectos botânicos da aceroleira (*Malpighia emarginata* D.C.) A: Flores, B: Frutos verdes, C: Planta e D: Frutos maduros.

Segundo Alves (1999), diversos fatores podem afetar a síntese e retenção do ácido ascórbico em acerola. Durante o desenvolvimento do fruto evidencia-se que a concentração de ácido ascórbico atinge o pico entre o 16º e o 18º dia após a antese, de modo que os frutos de plantas propagadas sexuadamente apresentam teores um pouco menores que os de plantas obtidas por via assexuada. O sombreamento e/ou a exposição direta dos frutos aos raios

solares por mais de quatro horas durante a colheita, causa perda significativa no teor de ácido ascórbico.

O tamanho e outros atributos de qualidade da acerola tais como sólidos solúveis, acidez total e vitamina C também sofrem influência de fatores ambientais, principalmente precipitação pluviométrica excessiva e de fatores pré-colheita como irrigação, adubação e o controle de pragas e doenças (ALVES, 1999).

Nos últimos anos as pesquisas científicas têm buscado ampliar a qualidade das informações disponíveis para esta fruta. Estudos relacionados à morfologia reprodutiva, aspectos produtivos, repetibilidade e herdabilidade de caracteres são alguns temas de destaque (LOPES, et al., 2000; PAIVA, et al., 2001a; MUSSER, et al., 2005).

## **2.2 A cultura da aceroleira**

### **2.2.1 Importância econômica e social**

A importância econômica de uma cultura pode ser avaliada sob vários aspectos. Dentre eles se destacam as formas de aproveitamento da matéria-prima obtida; o volume produzido e comercializado; a área plantada e até mesmo os esforços e as atividades de pesquisa, tudo isso demonstrando de maneira direta a maior ou menor demanda de tecnologia para produzir a cultura. O cultivo da acerola, cuja importância econômica se acentua de forma persistente, tem despertado grande interesse entre os produtores e consumidores, tanto brasileiros como estrangeiros, em virtude principalmente do aumento da procura por essa fruta, seja para o consumo *in natura*, seja para o aproveitamento sob a forma de subprodutos (ALVES e MENEZES, 1995).

A região Nordeste é rica em espécies frutíferas ainda pouco exploradas comercialmente, porém de grande potencial agroindustrial e que representam fonte importante de emprego e renda

para a população local. As espécies nativas e/ou adaptadas para a região representam grande oportunidade para o produtor regional alcançar nichos de mercado, especialmente para aqueles consumidores interessados em produtos exóticos, mais nutritivos e ricos em fontes de substâncias com propriedades de manutenção da saúde e prevenção de doenças degenerativas.

O cultivo da acerola no Brasil teve um forte incremento nos últimos 20 anos, tendo se consolidado como uma importante alternativa econômica para a Região Nordeste, proporcionando também um impulso para a agroindústria de polpa de fruta congelada. Conforme dados do IBGE (2000), dentre os principais Estados brasileiros produtores de acerola, Pernambuco representa 23,11% da produção nacional, seguido pelo Ceará, com 14,32% e São Paulo, com 11,40%. Uma análise econômica da produção de acerola para mesa realizada no município de Jales-SP demonstrou que há potencial para o crescimento da produção e comercialização da acerola na região. O estudo permitiu ainda estimar os custos de implantação e produção, bem como evidenciar a potencialidade da acerola no local (PETINARI e TARSITANO, 2002).

O fruto da aceroleira tem despertado a atenção dos agricultores não somente pelo seu elevado conteúdo de vitamina C em relação a outras frutíferas, mas também pelo seu potencial para industrialização (ALVES, 1992; ALVES, 1999). Além de *in natura*, a fruta pode ser consumida na forma de sucos, compotas e geléias, bem como ser utilizada no enriquecimento de sucos e de alimentos dietéticos e nutracêuticos, como comprimidos ou cápsulas usados como suplemento alimentar, chás, bebidas para esportistas, barras nutritivas e iogurtes (CARPENTIERI-PÍPOLO et al., 2002; MATSUURA e ROLIM, 2002; MATTA et al., 2004). Recentemente, Barnabé e Venturini Filho (2004) desenvolveram formulações de refrigerantes, com elevado teor de vitamina C, a partir desta fruta.

Embora a acerola tenha sido introduzida no país na década de 50, somente no início dos anos 80 o seu cultivo começou a ser feito em escala comercial e no final da década de 90 o Nordeste brasileiro se destacou como a região de maior produção. Nesta região há uma boa variação na escala referente ao cultivo da acerola. Segundo Souza et al. (1999) isso ocorre porque as condições existentes nos diversos pólos de irrigação nordestinos permitem que se produzam frutos de excelente qualidade durante quase todo ano, principalmente no

período em que os mercados internacionais: europeus, asiáticos e americanos, estão desabastecidos dos frutos.

Uma vez que a acerola conquistou europeus, japoneses e norte-americanos, tornou-se um produto de peso na pauta da exportação. Há relatos que alguns Estados brasileiros exportam acerola sob a forma de suco, polpa ou fruta congelada para Holanda e Japão, além do consumo no mercado interno. De acordo com Vaz, citado por Alves (1992), há 16 anos o Japão estimava importações a cerca do equivalente a US\$ 30 milhões, incluindo produtos como suco concentrado, polpa e fruta *in natura*. No mesmo período, uma empresa baiana era responsável pela exportação anual de 85% da sua produção, o equivalente a 1.500 toneladas de polpa (LUCAS, 1993).

O aumento do consumo de produtos naturais provenientes da agricultura orgânica é uma tendência mundial. Atualmente a empresa norte-americana Nutrilite/Amway, localizada no município de Ubajara-CE, utiliza a acerola proveniente de cultivo orgânico como matéria-prima para obtenção de vitamina C em pó, usada como principal ingrediente em suplementos ricos em vitamina C. Este produto é um dos mais comercializados pela empresa em diversos países, incluindo a exportação para os Estados Unidos, contribuindo com os rendimentos do Estado do Ceará.

### **2.2.2 Importância alimentar e nutricional**

Em todo o mundo se observa um aumento destacado no consumo de frutas. Estas juntamente com as hortaliças são responsáveis por 95% das fontes de ácido ascórbico da alimentação humana, sendo este ácido um dos mais importantes nutrientes encontrados nestes alimentos (HENSHALL, 1981). Pesquisas comprovam que o consumo regular dessa classe de alimentos está associado à prevenção de algumas doenças degenerativas, tendo em vista que são extremamente ricas em fitoquímicos, nutrientes ou não, muitos deles com ação antioxidante. Os compostos fenólicos, os carotenóides e o ácido ascórbico, componentes químicos usualmente presentes nestes alimentos vêm sendo apontados como responsáveis por este efeito protetor em virtude de sua natureza química, que possibilita atuarem como agentes redutores, exercendo proteção ao organismo contra o “stress” oxidativo (SCALBERT e WILLIAMSON, 2000; MARTINEZ-VALVERDE et al., 2000).



O potencial da acerola como fonte natural de vitamina C é grande, assim como sua capacidade de aproveitamento industrial (ALVES, 1999). A acerola pode ser comparada a outras espécies ricas em ácido ascórbico, tal como camu-camu (*Myrciaria dubia* H.B.K.), passando a ter importância alimentar e social em várias regiões, para consumo *in natura* ou sob a forma de suco, além de ser utilizada também como matéria-prima na indústria farmacêutica e na elaboração de muitos outros subprodutos (LIMA et al., 2003), conforme mencionado anteriormente. O teor de vitamina C encontrado em acerolas maduras pode variar de 500,90 a 2.494mg/100g (PAIVA et al., 1998; GOMES et al., 2000b; MOURA et al., 2007), enquanto que a recomendação feita por especialistas da FNB/OMS é de 90mg diários desta vitamina para adultos de ambos os sexos e 45mg para crianças até 13 anos de idade (AMAYA-FARFAN et al., 2001).

Além da vitamina C, a acerola possui outros fitoquímicos, muitos dos quais com importância fisiológica, a exemplo das antocianinas e dos carotenóides. As antocianinas encontram-se freqüentemente em frutos e vêm sendo motivo de recentes investigações científicas por apresentarem propriedade antioxidante (ESPÍN et al., 2000). A atividade pró-vitamina A dos carotenóides é conhecida há muito tempo e à estes compostos também tem sido atribuído propriedade antioxidante em decorrência de sua habilidade em desativar radicais livres (JORGENSEN e SKIBSTED, 1993).

Conforme Ledin (1956) estão presentes na composição desta fruta doses expressivas de vitamina A, ferro e cálcio, além de conter tiamina, riboflavina e niacina, componentes necessários às funções vitais do homem. Portanto, nota-se que a acerola pode desempenhar um papel importante na alimentação das pessoas.

As pesquisas comprovam os benefícios da acerola para a saúde. Foi observado que o consumo de suco de acerola (500 mg de vitamina C) durante 20 dias foi satisfatório para a normalização dos níveis séricos de vitamina C em idosos (ARANHA et al., 2004), aumento significativo nos níveis séricos médios de vitamina C e de hemoglobina em crianças com anemia, suplementadas com suco de acerola, sendo sugerida a inclusão da acerola em programas de alimentação para populações de alto risco para a anemia (COSTA et al., 2001), regulação do crescimento de células anormais na fase de promoção da tumorigenesis

pulmonar em ratos, como resultado da supressão da fase de iniciação, no processo da auto-oxidação (NAGAMINE et al., 2002).

### **2.3 Sistema de cultivo orgânico**

A terra já foi concebida como uma fonte inesgotável de recursos. Hoje nota-se que ela possui recursos limitados, exigindo usos eficientes, que maximizem o bem estar social e que busquem a sustentabilidade a longo prazo. A agricultura química, apesar de suas vantagens, traz consigo impactos ambientais negativos significativos, quando comparado ao sistema orgânico de produção. A agricultura química gera, portanto, “externalidades” negativas e o ônus dessas externalidades (degradação e/ou poluição) são arcados pela sociedade como um todo, não pelos produtores privados.

O desafio de hoje é garantir a segurança alimentar, por meio de alimentos saudáveis e o fornecimento dos insumos necessários para a economia, de forma socialmente justa, sem comprometer o meio ambiente nem as gerações futuras. Esse comprometimento promoveu o amplo desenvolvimento da agricultura orgânica, acontecendo de forma muito intensa em outras partes do mundo, principalmente na União Européia. O Brasil não conseguiu ainda apresentar esta tendência, tendo apenas 0,24% de sua área sob este sistema produtivo (MAZOLLENI e NOGUEIRA, 2006).

Entre os seguimentos agrícolas que mais cresceram nos EUA durante a década de 90 está esse setor. O valor das vendas a varejo de alimento orgânico foi estimado em US\$ 16 bilhões, em 2004. Segundo o Food Marketing Institute, mais da metade dos americanos agora compram alimentos orgânicos pelo menos uma vez por mês. No Brasil, na mesma década (90), uma pesquisa realizada pela Universidade de Campinas (Unicamp), constatou que o mercado de produtos orgânicos cresceu em média 50% ao ano, chegando a uma receita de US\$ 150 milhões. Vale ressaltar que o consumo interno responde por US\$ 20 milhões apenas, sendo o restante exportado para países como Alemanha, França, Japão e Estados Unidos.

Tanto os alimentos orgânicos quanto os convencionais precisam estar de acordo com os mesmos padrões de qualidade e segurança. O alimento orgânico é diferente do convencional apenas na maneira como ele é plantado, manuseado e/ou processado. Estudos realizados por Vogtmann (1984) verificaram o comportamento do teor de nitrato na cultura da alface produzida em três sistemas diferenciados (orgânico, convencional e hidropônico). A pesquisa observou que as folhas com menor concentração de nitrato foram aquelas cultivadas em sistema de produção orgânico, além de mostrarem menor probabilidade de conter resíduos de pesticidas. Pesquisando uma fruta conhecida como groselha, o mesmo autor também percebeu que existem alterações em vários parâmetros, quando se compara o sistema de produção orgânica com a convencional. Não foram encontradas evidências científicas quanto ao sistema de produção orgânica ou convencional para frutos de aceroleira.

Há um mercado potencial para os produtos orgânicos, uma vez que existe resistência de uma parcela da população em manter a aquisição e consumo de alguns alimentos convencionais, como tomate, morango e batata, cujo cultivo reconhecidamente envolve o emprego de substanciais quantidades de adubos sintéticos e pesticidas (PENTEADO, 2000). No entanto, existem controvérsias sobre os alimentos orgânicos, principalmente, quando são classificados como mais nutritivos e seguros, devido à escassez de dados científicos que assegurem tais vantagens em relação ao convencional.

Em síntese, observa-se que no aspecto do valor nutritivo e toxicológico, os alimentos provenientes da agricultura orgânica têm se mostrado superiores aos convencionais. Todavia, ainda é um campo pouco explorado pelas pesquisas científicas, o que não oferece suporte suficiente para que haja informações quanto às características nutricionais, funcionais, bem como sobre a atividade antioxidante desses alimentos, tornando imprescindível a geração de conhecimento nesta área.

## **2.4 Melhoramento genético da aceroleira**

Apesar da acerola ter conquistado posição de destaque no cenário da fruticultura nacional, as informações sobre suas espécies ainda são escassas. Lopes et al. (2000)

comentam que informações relativas à biologia reprodutiva desta fruta são importantes para que se possa planejar e executar o melhoramento da cultura, assim como para definir a viabilidade das estratégias a serem adotadas. Ressaltam ainda, que o baixo vingamento de frutos tem sido observado nas aceroleiras, apesar da sua abundante frutificação.

Considerando que o mercado consumidor em polpa de acerola tem preço em função da quantidade de vitamina C, Gomes et al. (2000c) recomendam que um genótipo selecionado reúna características como: alto teor em vitamina C, um bom rendimento em polpa, produção elevada e polpa de cor avermelhada de preferência. De acordo com vários autores (ALVES, 1993; ALVES et al., 1995; PAIVA et al., 2001b; CARPENTIERI-PÍPOLO et al., 2002; MOURA et al., 2007), o melhoramento genético surge como uma alternativa que possibilita a obtenção de aceroleiras com estas características desejáveis.

Uma vez que a maioria dos atuais pomares comerciais brasileiros foram formados por mudas oriundas de sementes, os frutos possuem hábito de crescimento diferenciado e produção quantitativa e qualitativamente heterogêneos. Dentro desse contexto surgem os programas de melhoramento genético, visando avaliar e selecionar genótipos com alta produtividade, adaptados às condições climáticas e sistemas de produção locais, tolerantes a pragas e doenças, e que produzam frutos com alto teor de vitamina C, de bom tamanho e aspecto (RITZINGER et al., 2003).

Atualmente, as pesquisas têm se intensificado não apenas na estimativa da produtividade dos clones, mas também na caracterização nutricional e qualitativa desses frutos. Conforme Carpentieri-Pípolo et al. (2002), a produtividade média de 30kg/planta/ano nas condições do norte do Paraná foi considerada satisfatória, e teores de vitamina C acima de 1.000mg por 100g de polpa atendem aos padrões desejados pela indústria nacional. Gomes et al. (2002) estimando componentes da variância e sua participação percentual na variação total nos caracteres dos genótipos em clones de acerola provenientes de três diferentes regiões, concluíram que os componentes da variância ambiental e de épocas interferem diferentemente nos caracteres, demonstrando efeito sobre a largura média de folhas, massa de polpa, vitamina C, rendimento e crescimento de ramos. Moura et al. (2007) avaliando 45 clones de aceroleira, encontraram teores satisfatórios de antocianinas, enquanto que alguns clones apresentaram excelentes teores de vitamina C, sendo com isso promissores para utilização na forma de

cápsulas, uma vez que os frutos aqui analisados foram todos maduros, conseqüentemente, conterão um teor ainda maior desta vitamina, caso sejam colhidos no estágio verde.

No Brasil, somente na década de 90, os trabalhos de melhoramento genético de aceroleiras foram iniciados e conduzidos por instituições de pesquisa nos Estados de Pernambuco (IPA e Embrapa Semi-Árido), Paraíba (EMEPA), Paraná (UEL), Bahia (Embrapa Mandioca e Fruticultura) e Ceará (Embrapa Agroindústria Tropical) conforme Lopes e Paiva (2002).

A Embrapa Mandioca e Fruticultura apresenta cerca de 150 genótipos de aceroleira em seu Banco Ativo de Germoplasma, que vem sendo descritos quanto às características agrônômicas e físico-químicas dos frutos, por meio de análises de pH, acidez total, sólidos solúveis e vitamina C (MATSUURA et al., 2001).

O programa de melhoramento com aceroleira desenvolvido pela Embrapa Semi-Árido foi pautado basicamente na introdução de germoplasma e teve como principais objetivos, introduzir cerca de 50 acessos e selecionar clones para cultivo nas áreas irrigadas do Nordeste brasileiro. As informações obtidas e analisadas, ao longo do tempo, possibilitaram a identificação e seleção de genótipos promissores, resultando no lançamento da variedade denominada Sertaneja (GONZAGA NETO, 2005).

A Embrapa Agroindústria Tropical iniciou em 1995 um programa de melhoramento de aceroleiras selecionando 100 plantas matrizes com boa formação de copa e demais características desejáveis de planta e de fruto, em um pomar comercial formado a partir de sementes, utilizando o método de seleção massal (PAIVA et al., 1999a). A seleção de clones é a maneira mais eficiente para suprir a demanda imediata de variedades; o resultado pode ser visualizado em curto prazo e essa tem sido a principal metodologia adotada nos programas de melhoramento da aceroleira. Por ser uma espécie que se propaga vegetativamente, o genótipo de cada planta pode ser transmitido integralmente por meio das gerações. Os genótipos multiplicados via clonagem permitem a avaliação desses em experimentos com repetições em diversos locais (ambientes) em delineamentos apropriados (PAIVA et al., 2003). Vale salientar ainda que a seleção e clonagem de plantas produtivas e com características de qualidade desejáveis é, portanto, importante para definição de padrões

para a comercialização da fruta para consumo (*in natura* ou industrializada) e exploração da variabilidade genética no seu habitat, visando a manutenção da biodiversidade.

Embora ainda exista uma carência de material genético de excelência e poucas variedades superiores recomendadas, o Brasil vem ocupando espaço a partir das pesquisas desenvolvidas nesta área do conhecimento. Estudos desenvolvidos por Costa et al. (2003) têm buscado a viabilidade das sementes, bem como a padronização de pomares. Araújo et al. (2007) avaliando as alterações de  $\beta$ -caroteno, ácido ascórbico e antocianinas totais na polpa de frutos de seis clones de aceroleira conservada por congelamento, chegaram às seguintes conclusões: O clone II 47/1 foi, dentre os estudados, o que apresentou maiores teores de ácido ascórbico e antocianinas totais em sua polpa, mantendo estas características durante o período de 360 dias de armazenamento. A concentração de  $\beta$ -caroteno apresentou-se estável no clone Cereja durante todo o período do experimento, demonstrando superioridade com relação ao encontrado no mercado atual para os mesmos frutos. Brunini et al. (2004) observaram uma variação significativa nos parâmetros físicos e químicos analisados em acerolas provenientes de diferentes regiões de cultivo.

Sendo assim, o domínio do método de propagação e o conhecimento dos fatores que influenciam na multiplicação dos genótipos selecionados de uma cultura são fundamentais, tanto para o melhorista, como para o agricultor e a indústria, por assegurar a formação de plantios uniformes e de qualidade (GOMES et al., 2000b). Gomes et al. (2002) comentam que o estudo da variância e de seus componentes também é de grande utilidade para o conhecimento e exploração das magnitudes dos caracteres no melhoramento da cultura.

#### **2.4.1 Breve histórico dos clones de aceroleira**

A Embrapa Agroindústria Tropical (Fortaleza/CE), Unidade da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, vinculada ao Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, iniciou os estudos de melhoramento genético para a obtenção de clones de acerola em 1995, em consonância com a política do governo do Estado do Ceará de incentivo

à fruticultura irrigada. Os principais objetivos eram: aumentar a produtividade e a qualidade do fruto de acerola dos plantios comerciais instalados no litoral nordestino, abrangendo as áreas de melhoramento genético, fitopatologia, entomologia e pós-colheita, para serem desenvolvidas no período de 1996 a 2001.

Na primeira fase do projeto, na área de melhoramento genético, foram desenvolvidas ações para selecionar plantas matrizes de acerola com boa formação de copa e demais características desejáveis da planta, como resistência ou tolerância a pragas e doenças, e de frutos, em plantios comerciais formados a partir de sementes, visando à obtenção de novos clones. Na segunda fase, as outras áreas atuaram complementando os estudos utilizando os materiais selecionados na fase anterior.

Na primeira ação da pesquisa, denominada de “seleção e clonagem de plantas de acerola com características favoráveis em plantios comerciais”, o trabalho foi realizado na empresa Frutas do Ceará S/A (FRUCESA), localizada no município de Jaguaruana-CE. A seleção de plantas foi feita no pomar comercial dessa empresa, considerando características como: tipo de copa; pilosidade nas folhas; tamanho, cor, consistência e sabor do fruto maduro; e estado fitossanitário da planta. Todas as plantas selecionadas foram multiplicadas assexuadamente, via enxertia, para instalação de experimentos de avaliação de clones e, via estaquia, para instalação de um jardim clonal.

Em 1996, foi instalado em Pacajus-CE, o experimento com progênies de polinização aberta, com as seguintes características: delineamento de blocos ao acaso, 62 tratamentos, três repetições, quatro plantas por parcela e espaçamento de 4m x 3m, totalizando uma área de 0,9 ha. No final, seriam identificadas as plantas que originariam clones com maior potencial para comercialização de frutos *in natura*, considerando os teores de sólidos solúveis, acidez total, pH e ácido ascórbico.

Em 1998, visando adquirir material vegetativo (garfos) de 5 clones de acerola e supervisionar a retirada das plantas e embalagem dos garfos; avaliar fenotipicamente os clones adquiridos, visitar produtores e contactar com o grupo de fruticultura do CPATU (Centro de Pesquisa Agroflorestal da Amazônia Oriental) para tratar sobre intercâmbio de material genético de fruteiras, foi realizada uma visita a BELÉM/TOMÉ-AÇU. Esta visita

resultou na aquisição de 5.000 garfos de 5 clones de acerola (Mineira, Okinawa, Barbados, Monami e Flor Branca) da empresa TECPLANTA, que foi enxertado no Campo Experimental de Pacajus-CE. A partir da identificação de plantas com características favoráveis de conformação de copa, aspecto fitossanitário e teor de vitamina C acima de 1.500 mg/100g de polpa, estas foram clonadas, para atender a uma demanda específica de produção de mudas clonais. O clone Flórida Sweet foi proveniente do Campo Experimental de Pacajus-CE.

A segunda etapa do trabalho se iniciou em 1999, com a obtenção de clones originados das plantas que tiveram melhor desempenho no experimento da Embrapa, além da introdução de variedades de outras regiões, totalizando mais de 90 clones. Desses, 45 foram testados no Campo Experimental da Fazenda Frutacor, localizada em Limoeiro do Norte-CE, no qual foram selecionados e retirados os frutos dos clones BRS 235: Apodi, BRS 236: Cereja, BRS 237: Roxinha, BRS 238: Frutacor, II 47/1, BRS 152: Sertaneja e I 6/2 para o presente experimento.

O aumento do consumo de produtos naturais provenientes da agricultura orgânica é uma tendência mundial. O cultivo de acerola com base nos princípios dessa agricultura, ou seja, livre de produtos agroquímicos, vem atraindo o interesse de grandes empresas multinacionais. Essas empresas estão interessadas tanto em estabelecer plantios de acerola em áreas apropriadas à agricultura orgânica, como em atrair e motivar pequenos produtores para essa atividade. Um grande exemplo é a Empresa Nutrilite/Amway, que utiliza a acerola orgânica como fonte de vitamina C em pó, visando o enriquecimento de suplementos vitamínicos comercializados em diversos países.

Em 1997, a referida Empresa adquiriu uma fazenda com 1,6 mil hectares, situada no município de Ubajara-CE. A inserção da Embrapa Agroindústria Tropical (Fortaleza/CE) no projeto começou em 1998, diante de uma parceria com a Secretaria de Desenvolvimento Econômico/Companhia de Desenvolvimento do Ceará - CODECE. Pelo contrato assinado, a Embrapa passou a prestar apoio técnico e institucional no desenvolvimento de estudos para a seleção de materiais genéticos de acerola de elevada qualidade, onde os critérios usados para eleição dos clones foram: Plantas com conteúdo de ácido ascórbico acima de 1.560mg para os materiais selecionados das progênes testadas em Pacajus; Todos os clones introduzidos de Tomé-Açu/PA e Petrolina; Clones testados em Paraipaba, totalizando 33 clones. Desses



clones, seis adaptaram-se com eficiência às condições de cultivo orgânico promovidas pela Empresa, sendo os seguintes: AC 69, AC 26, AC 71, FP 19, Apodi-OU e Okinawa-OU (PAIVA et al., 1999a).

## **2.5 Qualidade da aceroleira**

### **2.5.1 Aspectos gerais**

Embora o Brasil represente a terceira maior potência mundial em volume de produção de frutas (FAO, 2006), a qualidade de nossos produtos não atende plenamente às exigências dos consumidores, especialmente quando se visa à exportação (CHITARRA e CHITARRA, 2005).

Conforme os referidos autores, a qualidade não é um atributo único bem definido e sim, um conjunto de muitas propriedades ou características peculiares de cada produto. Abrange propriedades sensoriais (aparência, firmeza, sabor, aroma), valor nutritivo e multifuncional decorrentes dos componentes químicos, propriedades mecânicas, bem como a ausência ou a presença de defeitos do produto. Comentam ainda que a qualidade difere entre cultivares de uma mesma espécie, de acordo com a origem e condições de produção, modificando-se com o armazenamento, a comercialização e a forma de utilização do produto.

Os produtos frutícolas devem sempre apresentar boas características de qualidade não só quando se destinam ao comércio *in natura*, mas também para o processamento, embora as características para avaliação da qualidade nem sempre sejam as mesmas. De acordo com Chitarra e Chitarra (2005), para as cultivares destinadas a produtos alimentícios, a qualidade se refere ao bom paladar, isto significa combinação agradável de sabor e textura; sabor resultante do paladar e olfato e a textura percebida pelas sensações bucais. A aparência se refere aos atributos visíveis, incluindo cor, conformação e tamanho.

Devido às condições favoráveis de adaptação da cultura da acerola no Brasil, o nosso país tornou-se um dos maiores produtores mundiais da fruta. Entretanto, essa planta ainda possui poucas variedades definidas e recomendadas. Isso consiste em um dos principais fatores que, associado ao plantio de mudas obtidas por via sexuada, levam à grande desuniformidade (quantitativa e qualitativa) da produção brasileira de acerola (MATSUURA et al., 2001; MOURA et al., 2007). Isso quer dizer que a produtividade (produção/planta/ano) e a qualidade do fruto (coloração, açúcares, acidez e vitamina C) podem variar muito (ALVES, 1996).

Estudos realizados por Nogueira et al. (2002) verificaram que o teor de vitamina C e outras características atribuídas à qualidade da acerola, tais como coloração, peso e tamanho dos frutos, teor de sólidos solúveis e pH do suco, além de serem afetadas pela desuniformidade genética dos pomares, sofrem influência de vários outros fatores como precipitações pluviais, temperatura, altitude, adubação, irrigação e a ocorrência de pragas e doenças.

Outro problema enfrentado pelos produtores é a presença de plantas que produzem apenas frutos amarelos, que apesar de apresentarem características internas iguais aos frutos vermelhos, são pouco aceitos pelos consumidores e pela indústria, que preferem frutos ou produtos fabricados a partir da acerola vermelha (ALVES, 1996).

### **2.5.2 Características físicas**

Por possuírem modelo climatérico de respiração (ALVES, 1993; CARRINGTON e KING, 2002), as acerolas apresentam intensa atividade metabólica e a sua maturação se processa em curto espaço de tempo (CHITARRA e CHITARRA, 2005), não suportando a comercialização em temperatura ambiente por um período longo.

Sabe-se que as características físicas, como coloração, peso, forma, dentre outras, são de fundamental importância para uma boa aceitação do produto por parte do consumidor. Especialmente em frutos carnosos e com pericarpo frágil, como as acerolas, onde pequenas alterações na coloração e/ou aparência geral podem limitar a sua comercialização.

### 2.5.2.1 Peso total e tamanho

Ao atingirem o pleno desenvolvimento, as frutas devem apresentar peso variável dentro dos limites típicos da cultivar, os quais são bastante flexíveis (CHITARRA e CHITARRA, 2005). Conforme Figueiredo (2000), o tamanho e a forma são atributos de qualidade importantes, pois a variação entre as unidades individuais de um produto pode afetar a escolha pelo consumidor; as práticas de manuseio; o potencial de armazenamento; a seleção de mercado e o destino final - consumo *in natura* ou industrialização. Este parâmetro é avaliado pelas dimensões: diâmetro transversal (largura) e diâmetro longitudinal (comprimento); pelo peso ou volume (gravidade específica); e a forma pela relação entre os diâmetros ou por outras características peculiares da espécie ou cultivar (CHITARRA e CHITARRA, 2005).

No caso da acerola há frutos arredondados, ovalados ou mesmo cônicos (GONZAGA NETO e SOARES, 1994). O tamanho dos frutos pode variar de 1 a 2,5cm, o diâmetro de 1 a 4cm e o peso de 2 a 15g conforme Alves e Menezes (1995). Estas afirmações estão de acordo com os resultados obtidos por Gomes et al. (2000b), França e Narain (2003), Brunini et al. (2004), Musser et al. (2005) e Moura et al. (2007).

Valores superiores a 5g é um resultado bastante promissor devido à atração que o tamanho do fruto exerce nos consumidores, especialmente para aqueles destinados a mesa, além de apresentar-se dentro das normas exigidas pela indústria de transformação, que é um peso e diâmetro mínimo de 4g e 1,5cm, respectivamente (IBRAF, 1995). É importante

salientar que em algumas safras do ano os frutos podem não atingir este valor mínimo, conforme os resultados obtidos por Musser et al. (2005).

No entanto, percebe-se que as diferenças e/ou variações no peso e tamanho entre as cultivares é algo marcante. Gomes et al. (2000b) observaram diferenças significativas em diferentes épocas do ano, para o tamanho e largura dos frutos dos genótipos de aceroleira estudados, sugerindo que tais medidas podem ser amplamente influenciadas por fatores climáticos. Enquanto que Gomes et al. (2002) estudando os componentes da variância em caracteres agrônômicos de acerola verificaram que a variância ambiental interfere mais acentuadamente na altura, diâmetro e massa do fruto, dentre outros fatores.

#### **2.5.2.2 Firmeza da polpa**

A firmeza representa uma das mais importantes características físicas, uma vez que frutos com firmeza elevada sugerem uma vida útil pós-colheita mais prolongada. Essa característica está associada não só a composição e estrutura das paredes celulares, como também, com a manutenção de sua integridade. Frutas e hortaliças destinadas ao processamento devem ser firmes o suficiente para suportar os tratamentos térmicos (CHITARRA e CHITARRA, 2005). Conforme estes autores, a firmeza é definida como o conjunto de propriedades do alimento, composto por características físicas perceptíveis pelo tato e que se relacionam com a deformação, desintegração e fluxo do alimento, sob a aplicação de uma força.

Este parâmetro permite a obtenção de dados sobre a resistência e consistência do tecido, por meio da compressão do produto, servindo como indicador da vida útil pós-colheita para alguns frutos como, por exemplo, a acerola (MOURA et al. 2007). Pode ser avaliado objetivamente por funções de força, tempo e distância, levando em consideração o estado de maturação do fruto (PEREZ, 1997).

As citações existentes caracterizam as acerolas maduras como de polpa macia e succulenta e epicarpo fino e delicado (MARINO NETTO, 1986; ALVES, 1992; ALVES, 1996;

GOMES et al., 2000b; GOMES et al., 2001; BRUNINI et al., 2004; MUSSER et al., 2005; MOURA et al., 2007).

### **2.5.2.3 Coloração**

A coloração é, freqüentemente, um dos atributos de qualidade mais atrativos para o consumidor e o impacto visual causado por ela é fator predominante na sua preferência (BRUNINI et al., 2004; SILVA, 2007).

O uso da luz para avaliação da qualidade de um produto tem sido um considerável avanço devido à quantidade de informações conseguidas e principalmente o caráter não destrutivo dessa análise (KAYS, 1991). A colorimetria permite avaliar a cor de um fruto considerando parâmetros como a claridade ou brilho, representado pela luminosidade (L), ângulo Hue ( $^{\circ}$ Hue) e cromaticidade ou intensidade de cor (COCOZZA, 2003). A intensidade de vermelho e verde é mensurada pela coordenada “a”, enquanto que a coordenada “b” está relacionada com a intensidade de amarelo e azul.

A mudança da cor dos frutos está associada ao amadurecimento, e representa um atributo padrão, juntamente com a firmeza, para a determinação da qualidade comestível, sendo ambos usados, como indicadores de estágio de maturação, conforme Chitarra e Chitarra (2005).

As cores das frutas se devem aos pigmentos naturais existentes, sendo os três tipos mais comuns nos vegetais: a clorofila, os carotenóides e as antocianinas. Uma vez que a coloração das frutas e hortaliças é resultante desses pigmentos, a variação na cor entre as variedades de uma mesma espécie é usualmente devida às diferenças nas quantidades desses pigmentos (SOUZA, 2007). Inicialmente a cor muda gradualmente de verde-escuro para

verde-claro; em seguida, ocorre o surgimento de pigmentos amarelos, alaranjados e vermelhos (carotenóides e antocianinas). Estes poderiam estar presentes junto com a cor verde, sendo revelados somente após a degradação da clorofila, ou ser sintetizados durante a maturação (AWAD, 1993). O autor relata que a perda da cor verde é resultante da quebra da estrutura da clorofila, causada principalmente pelas mudanças de pH, presença de ácidos orgânicos provenientes do vacúolo das células, presença de sistemas oxidantes e pela atividade de clorofilases.

De acordo com Alves (1996) e Lima et al. (2003), a coloração comercial da acerola madura é vermelha-escura, portanto, quanto maior o teor de antocianina, melhor a aceitação do produto por parte do consumidor. Embora possa ser afetada pela quantidade de cromoplastos que armazenam estes pigmentos, pH ou pela formação de complexos antocianinas-metais (CHITARRA e CHITARRA, 2005).

As pesquisas confirmam a grande variação na coloração desta fruta, verificando-se a presença tanto de acerolas amarelas até àquelas extremamente vermelhas. Em cinco seleções de acerola foram detectados teores de antocianinas totais que variaram de 14,06 a 50,98mg/100g de polpa, sendo a seleção de cor vermelha mais intensa aquela com maior teor deste constituinte (LIMA et al., 2000). Enquanto que em polpa de frutos recém processados, Lima et al. (2002) observaram teores de 14,11 a 26,23mg/100g. Quando em frutos de quatro clones de aceroleira colhidos em períodos de chuva e seca, Araújo et al. (2004) encontraram valores de 3,62 e 8,69mg/100g de antocianinas, respectivamente. Musser (2001), trabalhando com 12 acessos de aceroleira em Pernambuco, encontrou uma variação média de 3,81 a 47,36mg/100g<sup>-1</sup> de polpa. Moura et al. (2007) obtiveram o maior teor de antocianinas totais (28,47mg/100g<sup>-1</sup>) para o clone I 6/2, entretanto, 38% dos 45 clones estudados encontravam-se com valores entre 5,0 e 10,0mg/100g<sup>-1</sup>.

### **2.5.3 Características físico-químicas**

Com o amadurecimento do fruto ocorre um aprimoramento das suas características sensoriais, onde são desenvolvidos sabores e odores específicos, em conjunto

com o aumento da doçura, redução da acidez e da adstringência. Deste modo, o fruto torna-se mais macio, colorido e aceitável para o consumo (CHITARRA e CHITARRA, 2005).

### 2.5.3.1 Sólidos solúveis

Os sólidos solúveis indicam a quantidade de sólidos que se encontram dissolvidos no suco. Tendem a aumentar com o grau de maturação e são constituídos por açúcares (entre 85 e 90%, variáveis conforme a espécie, cultivar, estágio de maturação, clima e manejo cultural), além de ácidos orgânicos, pectinas e sais. É utilizado como índice de maturação para alguns frutos e a sua determinação é feita com o objetivo de se ter uma estimativa da quantidade de açúcares presentes em frutos (COCOZZA, 2003).

Podem ser medidos com o auxílio de um refratômetro ainda no campo ou na indústria e os resultados são expressos em °Brix. As matérias-primas serão tanto melhores para a industrialização quanto maiores forem os teores de Sólidos Solúveis (CHITARRA e CHITARRA, 2005).

Na acerola, nas nossas condições, podem-se encontrar valores de 5 até um máximo de 12°Brix, sendo a média em torno de 7-8°Brix conforme Alves (1996). O autor comenta que a chuva ou uso de irrigação excessiva, na maioria das vezes, reduz o conteúdo de açúcares (°Brix) e vitamina C, pela diluição do suco celular, como é o caso de alguns plantios comerciais no Nordeste, onde o °Brix atinge valores próximos a 5,0 por ocasião das chuvas.

Matsuura et al. (2001), analisando frutos de 12 diferentes genótipos de acerola “de vez” (frutos vermelhos com porção 30% amarelada), encontraram teores de 6 a 11,6°Brix. Enquanto que acerolas estudadas por Carpentieri-Pípolo et al. (2002), apresentaram Sólidos Solúveis variando de 7,2 até 9,2°Brix. Os resultados obtidos por Ritzinger et al. (2003) variaram de 6,0 a 8,0°Brix nas em frutos maduros de aceroleira cultivados na região semi-

árida de Petrolina, PE, sob condições de irrigação. França e Narain (2003) estudando três matrizes de aceroleira em três safras, com frutos em estádios de maturação diferentes, observaram variação de sólidos solúveis de 6 a 6,2 e 6,1 a 6,5°Brix, para frutos de vez e maduros, respectivamente. Os valores encontrados por Moura et al. (2007) situaram-se na faixa de 3,3 a 11,75°Brix em frutos maduros de clones de aceroleira.

### **2.5.3.2 Acidez total e pH**

Conforme Figueiredo (2000), a acidez total e o potencial hidrogeniônico são os principais métodos usados para medir a acidez de frutos e hortaliças. Enquanto a acidez determina o percentual de ácidos orgânicos, o pH mede a concentração hidrogeniônica da solução.

O pH mede a quantidade de íons hidrogênio no suco, representando o inverso da concentração de íons hidrogênio ( $H^+$ ) em um dado material e sua determinação realizada com auxílio de papel indicador ou de potenciômetro (pHmetro) (CHITARRA e CHITARRA, 2005). A acidez é geralmente determinada por titulometria, ou por potenciometria. O ácido que predomina nos frutos de aceroleira é o málico, assim como em outros frutos, tais como maçã, banana, ameixa, caju e pêra (ALVES e MENEZES, 1995).

Com o amadurecimento, a acidez diminui até atingir um conteúdo tal que, juntamente com o açúcar, dá a fruta o seu sabor característico, que varia com a espécie, segundo Figueiredo (2000).

Alves (1993), analisando frutos de aceroleira maduros, encontrou acidez de 1,10%, inferiores aos valores determinados por Nogueira (1991) de 1,24 a 1,41%, em estudo com frutos de três clones de aceroleira. Semensato e Pereira (2000) encontraram valores de pH entre 2,03 e 3,15 em nove genótipos de aceroleira cultivados sob elevada altitude. Brunini et al. (2004) encontraram uma variação de 0,54g a 1,11g de ácido málico/ 100g de polpa em acerolas com o mesmo grau de maturação.



Recentemente Moura et al. (2007) encontrou acidez total variando de 0,53 a 1,52% de ácido málico em frutos maduros de clones de aceroleira. Para o pH, esses autores relatam que para 38% dos 45 clones analisados, o valor foi acima de 3,6%. Resultados próximos também foram encontrados por Cordeiro (2000), mas bem diferentes daqueles encontrados por Brunini et al. (2004) situados na faixa de 2,4 a 4,0% para acerolas no mesmo estágio de maturação.

### **2.5.3.3 Relação SS/AT**

A razão SS/AT determina o sabor dos frutos, uma vez que é a relação entre os açúcares solúveis, isto é, a doçura e a quantidade de ácidos livres presentes nas frutas. Quanto maior for esta razão, mais doces serão as frutas, sendo um importante atributo de qualidade em acerolas, além de constituir uma forma usual para avaliar o sabor e selecionar a matéria-prima para o processamento, segundo Musser et al. (2004). Chitarra e Chitarra (2005) relatam que os açúcares solúveis presentes nos frutos são responsáveis pela doçura e *flavor*, através do equilíbrio com os ácidos.

Diversos pesquisadores observaram aumento gradual da relação SS/AT no decorrer do processo de desenvolvimento e maturação da acerola. Alves (1993) afirma em seu estudo que, durante a maturação da acerola a relação SS/AT aumenta de valores em torno de 4 para aproximadamente 6,5. França e Narain (2003), estudando frutos de três matrizes de aceroleira, provenientes de pomar comercial localizado na zona da mata de Pernambuco, colhidos em três safras, encontraram relação SS/AT de 4,35 a 7,82 em frutos “de vez” e de 4,73 a 9,42 nos frutos maduros. Araújo et al. (2004) analisando frutos de quatro clones de aceroleira colhidos em diferentes estações do ano, em pomar comercial no Estado do Ceará, observaram relação SS/AT de 3,81 e 5,18 na estação chuvosa e seca respectivamente, enquanto que Matsuura et al. (2001), analisando frutos de 12 genótipos de acerola ‘de vez’ cultivados na Bahia, verificaram valores de 4,24 a 11,59.

Em frutos maduros provenientes de 12 genótipos de aceroleira estudados por Musser et al. (2004), os valores encontrados ficaram no intervalo de 4,4 a 7,3. Moura et al. (2007) encontraram uma razão mais elevada para este parâmetro, que variou de 4,32 a 11,45

nos 45 clones analisados, onde o clone Monami foi o que obteve o menor valor (4,32). Os autores comentam que a baixa razão pode ter sido influenciada pelos sólidos solúveis presentes neste clone, que foi o menor de todos.

#### 2.5.3.4 Açúcares solúveis totais

Os açúcares solúveis presentes nas frutas na forma livre ou combinada são também responsáveis pela doçura e *flavor*, devido o equilíbrio com os ácidos, pela cor atrativa, como derivados de antocianidinas (glicosídeos), e pela textura, quando combinados adequadamente compondo os polissacarídeos estruturais (CHITARRA e CHITARRA, 2005).

O teor de açúcares usualmente aumenta com o amadurecimento das frutas por meio de processos biossintéticos ou pela degradação de polissacarídeos. Conforme Figueiredo (2000), esse acréscimo dos açúcares é atribuído, principalmente, a hidrólise do amido, acumulado durante o crescimento do fruto na planta. Entretanto, um excesso de açúcares no fruto pode estar associado a uma rápida deterioração e fermentação, e conseqüentemente, uma menor vida útil pós-colheita (BARROS et al., 1996).

Os açúcares solúveis em acerola encontrados por Alves (1993), variaram de 3,88%, no início da coloração vermelha do fruto, até 5,05%, no amadurecimento completo. Oliva (1995) encontrou teor de açúcares solúveis ao redor de 4,1% em frutos maduros de aceroleira colhidos na região de Campinas-SP. França e Narain (2003) obtiveram teores de 4,19 a 4,61%. Enquanto que os teores de açúcares totais estudados por Brunini et al. (2004) variaram de 3,06 a 8,72g de glicose/100g<sup>-1</sup> para frutos maduros de acerolas provenientes de diferentes regiões de cultivo; motivo que pode justificar os altos teores de açúcar total encontrados por estes autores.

## **2.5.4 Compostos bioativos**

### **2.5.4.1 Vitamina C**

A vitamina C não é sintetizada pelo organismo humano, sendo indispensável a sua ingestão através da dieta (AGUIAR, 2001). Essa vitamina desempenha várias funções biológicas relacionadas ao sistema imune, formação de colágeno, absorção de ferro, inibição da formação de nitrosaminas e ação antioxidante (VANNUCHI e JORDÃO JÚNIOR, 1998), além de facilitar o uso do cálcio na construção dos ossos e vasos sanguíneos (WTCR/AICR, 1997).

É considerada como uma substância de grande importância para a nutrição humana e está amplamente distribuída no reino vegetal, sendo que algumas frutas são consideradas fontes excepcionais, destacando-se a acerola, goiaba e o caju (SILVA, 2007). Conforme Araújo e Minami (1994) após ser oxidado no organismo em ácido deidroascórbico, apresenta completa atividade vitamínica C, exercendo importante papel na biossíntese de corticóides e catecolaminas, na síntese e manutenção dos tecidos, ossos, dentes e sangue.

Vários autores (ALVES, 1996; LIMA et al., 2000; PAIVA et al., 2001a; MUSSER et al., 2004; MOURA et al, 2007) reportam que o conteúdo de ácido ascórbico, na acerola, é bastante variável, pois depende do material genético, métodos culturais, manejo da colheita, estágio de maturação e métodos de processamento. Foi constatado que frutos de plantas reproduzidas através de sementes apresentam teor de ácido ascórbico inferior os frutos

produzidos de plantas enxertadas. A incidência solar direta nos frutos durante os estádios de desenvolvimento pode propiciar aumento no teor de ácido ascórbico (SILVA, 1994). Trabalhos realizados por Batista et al. citado por Alves (1996) demonstraram que o conteúdo de vitamina C nesses frutos é afetado inclusive pela localização dos mesmos na planta.

As variedades estudadas por Ritzinger et al. (2003) apresentaram teor de vitamina C de 1.500 a 2.200mg/100g. Carpentieri-Pípolo et al. (2002), avaliando três novas cultivares de aceroleira, encontraram teores de 1.098 a 1.458mg/ 100g em frutos maduros e de 2.906 a 3.579mg/100g em frutos verdes. Entretanto, Matsuura et al. (2001), analisando frutos “de vez” de 12 diferentes genótipos de aceroleira observaram uma variação menor, com valores situados na faixa de 825 a 1.820mg/100g. Nogueira et al. (2002) encontraram um decréscimo do teor de vitamina C durante o amadurecimento, de 2.732,7 para 1.682,7mg/100g na estação seca e de 1.753,25 até 865,8mg/100g na estação chuvosa.

#### **2.5.4.2 Carotenóides totais**

O valor nutricional é um dos principais fatores que conduzem o interesse crescente no consumo de frutas. Estes alimentos, com destaque para a acerola, são excelentes fontes de carotenóides (AGOSTINI-COSTA et al., 2003), pigmentos naturais que constituem uma das classes de fitoquímicos de grande importância e que tem recebido grande atenção nos últimos anos (LIMA et al., 2005; CAMPOS e ROSADO, 2005; AMBRÓSIO et al., 2006; ARAÚJO et al., 2007; MOURA et al., 2007).

Os principais precursores da vitamina A são os carotenos (principalmente  $\alpha$  e  $\beta$ ) e correspondem a apenas cerca de 10% dos pigmentos carotenóides totais presentes nos vegetais. Aqueles capazes de serem convertidos em vitamina A, desempenham um importante papel na prevenção de VADS (*Vitamin A Deficiency Syndrome*), que causa xerofthalmia e distúrbios de crescimento na primeira infância (RAMALHO et al., 2001). Dentre os mais encontrados na natureza estão:  $\alpha$ -caroteno,  $\gamma$ -caroteno, criptoxantina e  $\beta$ -caroteno, sendo este último e seus isômeros os de maiores méritos, tendo em vista a sua atividade vitamínica em relação aos demais (RODRIGUEZ-AMAYA, 1989).

Deste modo, os carotenóides de origem vegetal têm importância nutricional para o homem atuando na manutenção da integridade dos tecidos epiteliais, no processo visual, no crescimento, reprodução, etc. (MOURA et al., 2007). Entretanto, alguns fatores podem afetar a sua absorção pelo indivíduo, dentre eles encontram-se: o tipo e a quantidade de carotenóide ingerido na dieta, ligações moleculares, matriz em que o carotenóide se encontra, presença de fatores inibidores ou facilitadores da absorção, estado nutricional do indivíduo, fatores genéticos, bem com a interação entre as variáveis citadas anteriormente (CAMPOS e ROSADO, 2005).

De acordo com Silva e Naves (2001), os resultados dos estudos epidemiológicos indicam que a ingestão de quantidades fisiológicas de antioxidantes, dentre eles carotenóides, pode retardar ou prevenir o aparecimento de câncer. Assim, o consumo de uma dieta rica em frutas e hortaliças, contendo quantidades dessas substâncias próximas às recomendadas nutricionalmente, contribui com a defesa antioxidante do organismo, inibindo danos oxidativos em macromoléculas.

Os carotenóides são também, pigmentos responsáveis pela cor de muitas frutas, hortaliças, temperos e ervas (AGOSTINI-COSTA et al., 2003). Durante o amadurecimento dos frutos, estes pigmentos podem já estar presentes, tornando-se visíveis com a degradação da clorofila ou podem ser sintetizados, simultaneamente com a sua degradação (CHITARRA e CHITARRA, 2005). Pantastico (1975) relata que o material liberado durante a degradação da clorofila pode ser utilizado para síntese de carotenóides, a medida que os frutos vão amadurecendo e ocorrendo a degradação da clorofila.

Na acerola, a coloração amarela conferida pelos carotenóides é mascarada pela presença significativa de antocianinas totais, não sendo representativa como em outros frutos naturalmente amarelos (ALVES, 1996; FREITAS et al., 2006). Em clones estudados por Araújo et al. (2007) verificou-se que onde foram detectados os menores teores de  $\beta$ -caroteno, também foram observadas as mais elevadas concentrações de antocianinas totais.

Cavalcante (1991), trabalhando com frutos de aceroleira provenientes do Ceará, Pernambuco e São Paulo encontrou uma média de 21,5; 25,8 e 4,0 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$  de  $\beta$ -caroteno, respectivamente. As acerolas produzidas em São Paulo apresentaram teores de carotenóides

bem inferiores aos frutos produzidos no Nordeste. Esses resultados vêm confirmar que a localização geográfica, assim como o material cultivado, tem uma influência significativa no teor de carotenóides e valores de vitamina A de frutas. No trabalho realizado por Moura et al. (2007), de um modo geral, os resultados foram inferiores aos apresentados por Cavalcante (1991), uma vez que o maior valor obtido foi de  $8,41\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$  para o clone II 26/4, sendo também inferior ao clone BV04, procedente de Pacajus-CE, estudado por Aguiar (2001).

#### **2.5.4.3 Polifenóis**

Os polifenóis ou compostos fenólicos estão amplamente distribuídos no reino vegetal e, especialmente nos frutos, sendo importante na determinação da cor e sabor, além de serem importantes sinalizadores químicos (FIGUEIREDO, 2000). Estão presentes na forma livre ou ligados a açúcares (glicosídeos) e proteínas. Quimicamente são substâncias que possuem um anel aromático com um ou mais substituintes hidroxilícos, incluindo seus grupos funcionais (MALACRIDA e MOTTA, 2005).

Conforme Soares (2002) e Lima et al. (2005), dentre os mais encontrados estão os flavonóides e derivados, juntamente com os ácidos fenólicos (ácidos benzóico, cinâmico e seus derivados) e cumarinas. No grupo dos flavonóides encontram-se as antocianinas, antocianidinas, flavonas, flavonóis e, com menor frequência, as auronas, calconas e isoflavonas, dependendo do lugar, número e combinação dos grupamentos participantes da molécula.

Estudos epidemiológicos têm demonstrado uma associação entre o consumo de alimentos e bebidas ricos em compostos fenólicos e a prevenção de doenças, tais como câncer e doenças coronárias (STEINMETZ e POTTER, 1996), embora as propriedades biológicas desses compostos dependam muito da sua biodisponibilidade (SCALBERT e WILLIAMSON, 2000). Estes estudos mostram que existe uma correlação inversa entre o consumo regular de frutas e hortaliças e a prevalência de algumas doenças degenerativas. O efeito protetor exercido por estes alimentos tem sido atribuído à presença de compostos antioxidantes, dentre os quais se destacam os compostos fenólicos (MELO et al., 2006a).

Entre as frutas, a acerola destaca-se como uma boa fonte de compostos fenólicos, sendo encontrados quantidades consideráveis de alguns deles, como flavonóides (antocianinas, antocianidinas, flavonóis) e ácidos fenólicos, dentre outros compostos (LIMA et al., 2005; LIMA et al., 2006b). Em polpa de acerola estudada por Kuskoski et al. (2006) foi identificado teor de polifenóis totais ao redor de  $580,1\text{mg}/100\text{g}^{-1}$ . Lima et al. (2005) verificaram uma redução nos compostos fenólicos com o decorrer do desenvolvimento e em diferentes épocas do ano. Para os frutos maduros, os mesmos autores encontraram uma variação de 896 a  $1.888\text{mg}/100\text{g}^{-1}$  na estação seca, enquanto que na estação chuvosa, os valores situaram-se na faixa de 737 a  $1.653\text{mg}/100\text{g}^{-1}$ . Vendramini e Trugo (2004) analisando a composição química de frutos de aceroleira em três estádios de maturação, obteram um perfil cromatográfico, contendo compostos fenólicos de duas categorias: antocianicos e não-antocianicos.

Os flavonóides são compostos fenólicos amplamente distribuídos no reino vegetal na forma de glicosídeos ou agliconas e funcionam como pigmentos das plantas (SOUZA, 2007). Estes compostos são representados por diferentes classes de substâncias: flavonóis (quercetina), flavonóides (catequina), flavonas (luteolina), flavononas (miricetina) e antocianidinas (antocianinas, malvidinas) (CHU et al., 2002).

Os flavonóis possuem coloração branca ou amarela clara e geralmente acompanham as antocianinas em frutos, provavelmente porque apresentam rotas de biossíntese semelhantes, além de atuarem na co-pigmentação das antocianinas (MELO, et al., 2006a). As antocianinas são pigmentos fenólicos solúveis em água, pertencentes à classe dos flavonóides, responsáveis pelas várias nuances entre laranja, vermelho e azul, exibidas pelas frutas, hortaliças, flores, folhas e raízes (CHITARRA e CHITARRA, 2005; LIMA et al., 2006b).

Conforme Aguiar (2001), o pH é o fator mais importante que afeta a cor das antocianinas, pois em diferentes pHs esses pigmentos encontram-se em formas variadas apresentando cores diferentes. Em meio ácido as antocianinas apresentam-se na forma de sais de ozônio e são geralmente de coloração vermelha brilhante. Com o aumento do pH até a neutralidade elas passam a ter uma estrutura quinodal com coloração púrpura. E em meio alcalino a sua tonalidade passa para azul.

Nos últimos anos, o interesse por esses pigmentos se intensificou uma vez que pesquisas têm demonstrado que as antocianinas e suas respectivas agliconas são compostos bioativos e que, entre os vários outros efeitos fisiológicos, possuem capacidade antioxidante e propriedade antiinflamatória, promovem vaso-dilatação, atuam na prevenção da hiperglicemia, estimulam a secreção da insulina, melhoram a adaptação da visão noturna e previnem a fadiga visual (FRANKEL e MEYER, 2000; MILIAUSKAS et al., 2004; MELO et al., 2006a). Zhang et al. (2005) constataram o efeito inibitório da cianidina, delphinidina, pelargonidina, petunidina e malvidina na proliferação de células humanas cancerígenas, originadas em diferentes partes do corpo: estômago, cólon, mama, pulmão e sistema nervoso central. Estudos cromatográficos realizados por Lima et al. (2006b) mostraram as antocianidinas predominantes em frutos maduros de genótipos de aceroleira.

Em produtos processados, podem ocorrer mudanças no aroma, cor e sabor durante o armazenamento devido a redução na concentração de antocianinas monoméricas e formação de pigmentos poliméricos. As reações responsáveis por essas transformações incluem, freqüentemente, a condensação direta entre antocianinas e flavonóis e a polimerização das próprias antocianinas (FRANCIA-ARICHA et al., 1997).

Inúmeros estudos realizados envolvendo os flavonóides demonstram a capacidade de captar radicais livres (atividade antioxidante) e seus efeitos na prevenção de enfermidades cardiovasculares e circulatórias (STOCLET et al., 2004), cancerígenas (WANG e MAZZA, 2002; KATSUBE et al., 2004), no diabetes e no mal de Alzheimer (ISHIGE et al., 2001; ABDILLE et al., 2005).

De acordo com os resultados obtidos por Musser (2001), o teor de antocianinas na polpa de acerola madura variou de 3,81 a 47,4mg 100g. Paiva et al. (1999a) também encontraram uma ampla variação no teor de antocianinas em acerolas maduras (1,97 a 46,44mg/100g) instaladas no Campo Experimental de Pacajus-CE, pertencente a EMBRAPA Agroindústria Tropical. A variação das antocianinas em frutos de acerola provenientes do Campo Experimental de Limoeiro do Norte-CE foi de 1,52 a 28,47mg 100g conforme os resultados obtidos por Moura et al. (2007).



O teor de flavonóis determinados por Musser (2001) variou de 7,0 a 18,5mg de quercetina 100g de polpa em genótipos de aceroleira no estágio de maturação maduro. Entretanto, estudos mais recentes mostraram uma variação de 5,9 a 22,2mg de quercetina/100g de polpa em acerolas maduras, conforme Musser et al. (2004). De acordo com Vendramini e Trugo (2000), geralmente os teores de antocianinas totais em frutos maduros de acerola são maiores do que os teores de flavonóis, o que foi constatado quando esses autores analisaram cascas de acerolas das variedades “Flor Branca” e “Okinawa”, proveniente do Rio Grande do Norte.

## **2.6 Atividade antioxidante**

### **2.6.1 Aspectos gerais**

No organismo humano, a atividade metabólica normal produz constantemente radicais livres. Estas moléculas, geradas *in vivo*, reagem com o DNA, RNA, proteínas e outras substâncias oxidáveis, promovendo danos que podem contribuir para o envelhecimento e a instalação de doenças degenerativas, como câncer, aterosclerose, artrite reumática, entre outras (MELO et al., 2006b). A autoxidação dos ácidos graxos insaturados, componente da membrana celular é apontada por Ramaratham et al. (1995) como o processo oxidativo que ocorre mais freqüentemente no organismo humano.

Considerando que estas moléculas têm um elétron isolado, livre para se ligar a qualquer outro elétron, são extremamente reativas, podendo ser geradas por fontes endógenas ou exógenas conforme Soares (2002). As fontes endógenas são decorrentes de processos biológicos que normalmente ocorrem no organismo, tais como: redução de flavinas e tióis; resultado da atividade de oxidases, cicloxigenases, lipoxigenases, desidrogenases e peroxidases; presença de metais de transição no interior da célula e de sistemas de transporte de elétrons. Enquanto que as fontes exógenas geradoras de radicais livres incluem o tabaco, poluição do ar, solventes orgânicos, anestésicos, pesticidas e radiações.

Quando há limitação na disponibilidade de antioxidantes no organismo podem ocorrer lesões oxidativas de caráter cumulativo, então, os antioxidantes são capazes de estabilizar ou desativar os radicais livres antes que ataquem os alvos biológicos nas células (SOUSA et al., 2007).

A pesquisa tem sido direcionada para o conhecimento da atividade antioxidante total presente em frutas e vegetais, devido aos diversos constituintes presentes que possuem propriedades de reduzir o nível do stress oxidativo (HASSIMOTO et al., 2005). Entretanto, o impacto dos fitoquímicos antioxidantes sobre a saúde poderá ser melhor entendido a partir do conhecimento de sua origem dietética, de sua concentração nos alimentos que compõem a dieta, de sua natureza química e de sua biodisponibilidade. A determinação do teor de ácido ascórbico, de compostos fenólicos (antocianinas e flavonóides), e de carotenóides, compostos com reconhecida ação antioxidante em vegetais, constitui o primeiro passo para este entendimento, além de fornecer dados que permitirão estimar o seu consumo pela população.

### **2.6.2 Espécies reativas de oxigênio (EROs)**

O oxigênio é uma molécula altamente reativa e pode ser parcialmente reduzido para formar um número de agentes quimicamente reativos. O processo de transferência de elétrons, ou a absorção de energia pode levar o oxigênio a gerar as Espécies Reativas de Oxigênio (EROs) (OGA, 2003). As quais abrangem moléculas com um elétron desemparelhado no último orbital, ou seja, ocupando um orbital atômico ou molecular sozinho, também conhecidas como Radical Livre (RL), tornando-o muito instável, extraordinariamente reativo e com uma enorme capacidade para combinar-se com diversas moléculas integrantes da estrutura celular e/ou derivados de cada uma delas, resultando na oxidação de várias moléculas de ácidos graxos (SOUSA et al., 2007). Portanto, substâncias que venham a reagir com esses radicais livres são de extrema importância para evitar tais danos causados pelos mesmos, pois em condições fisiológicas essas espécies são removidas por sistemas antioxidantes (compostos bioativos), como por exemplo, vitaminas e proteínas (SANTOS et al., 2003; SOUSA et al., 2007).

### **a) Radical hidroxil ( $\cdot\text{HO}$ )**

É um produto intermediário originado na presença de íons ferro reduzido, a partir do peróxido de hidrogênio ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ), sendo extremamente reativo, ou seja, uma vez formado, tem uma vida curta, reagindo rápida e inespecificamente com os alvos celulares mais próximos, podendo lesar DNA, proteínas, carboidratos e lipídios. A capacidade desse radical em lesar as células é superior às demais Espécies Reativas de Oxigênio (ERO), já que o organismo não dispõe de um sistema enzimático de defesa contra o radical hidroxil (HALLIWELL e GUTTERIDGE, 2000). Por esta razão, a melhor defesa que a célula tem contra este radical é a preventiva, ou seja, evitar que o mesmo seja gerado.

### **b) Peróxido de hidrogênio ( $\text{H}_2\text{O}_2$ )**

O peróxido de hidrogênio não é um radical livre por definição, porém é um intermediário reativo do oxigênio que se torna “perigoso” pelo alcance que tem e por não reagir imediatamente, pois o  $\text{H}_2\text{O}_2$  pode migrar pela célula e atingir alvos distantes do local de sua formação. É uma ERO importante por sua capacidade de gerar o radical hidroxil ( $\cdot\text{HO}$ ) em presença de metais como ferro (FRIDOVICH, 1998).

### **c) Radical superóxido ( $\text{O}_2\cdot^-$ )**

Este radical é o mais comum e abundante nas células (BOVERIS, 1998), pode ser gerado em eventos de transporte de elétrons que ocorrem em cloroplastos e microssomos do retículo endoplasmático, ou por reações de autoxidação do oxigênio molecular (SANTORO e THIELE, 1997). Essas autoxidações são, geralmente, reações em cadeia nas quais o radical superóxido pode atuar como iniciador e propagador das cadeias radicalares. Apesar de o nome sugerir que esse radical tem alto poder oxidante, o superóxido atua na maioria das reações como um agente redutor (OGA, 2003).

#### **d) Oxigênio singlet ( $O_2^1$ )**

Outra espécie reativa do oxigênio capaz de modificar o DNA diretamente, é o oxigênio singlet excitado, cuja meia vida em tecidos é menor que 0,5 micro segundos (PATTERSON et al., 1990). Esta espécie reativa pode ser gerada pelos fagócitos por indução luminosa, por reações catalisadas, por peroxidases, entre outros fatores (EPE, 1991). O  $O_2^1$  difere do oxigênio molecular por não apresentar restrição na transferência de elétrons, o que o torna altamente reativo, causando danos às proteínas devido à oxidação de grupos essenciais de aminoácidos (HALLIWELL e GUTTERIDGE, 2000).

#### **e) Estresse oxidativo**

O estresse oxidativo ocorre quando há uma falta de equilíbrio dinâmico entre a produção de oxidantes e a concentração de defesas antioxidantes, levando a danos celulares. Este estresse pode resultar de uma situação em que há uma diminuição nos níveis das enzimas antioxidantes, pela elevada produção de radicais livres, ou por ambos os processos simultaneamente. Podendo ainda, serem produzidos em excesso em decorrência de algumas condições patológicas, levando ao estresse oxidativo e à possível morte celular.

Dentre os processos patológicos que podem causar um desequilíbrio entre a formação e a remoção de ERO estão o câncer, isquemia, arteriosclerose, diabetes, mal de Alzheimer, entre outras desordens neurológicas e não-patológicas, como por exemplo o envelhecimento, revisado por Salvador e Henriques (2004).

#### **f) Sistemas de defesa oxidantes**

As células possuem sistemas de defesa enzimáticos e não-enzimáticos para proteger seus constituintes celulares e manter o estado redox celular. O sistema de defesa enzimático consiste tipicamente de pequenas moléculas que são solúveis em qualquer meio aquoso ou em meios lipídicos. Eles agem em geral como varredores de radicais, substância oxidada pelas ERO e assim removem os oxidantes da solução. Entre os antioxidantes não-

enzimáticos também pode-se citar a vitamina C, a vitamina E, os carotenóides e os flavonóides. A vitamina C elimina os radicais livres do plasma, citosol e outros compartimentos aquosos. A vitamina E e outros antioxidantes hidrofóbicos atuam fundamentalmente nas membranas e nas bicamadas lipídicas (HALLIWELL e GUTTERIDGE, 2000). Os flavonóides são potentes antioxidantes capazes de atuar como aceptores de radicais livres ou de íons metálicos (YUTING et al., 1990). Os compostos fenólicos constituem a maior categoria de fitoquímicos de espécies vegetais, sendo os três grupos mais importantes para a alimentação humana são os flavonóides, ácidos fenólicos e polifenóis (ANGELIS, 2001).

### **2.6.3 Alimentos funcionais**

Conforme a Sociedade Brasileira de Alimentos Funcionais - SBAF (2007), alimento funcional é aquele alimento ou ingrediente que, além das funções nutricionais básicas, quando consumido como parte da dieta usual, produz efeitos metabólicos e/ou fisiológicos benéficos à saúde, devendo ser seguro para consumo sem supervisão médica, mediante a comprovação da sua eficácia e segurança por meio de estudos científicos. Podem ser descritos como alimento semelhante em aparência ao convencional, consumidos como parte da dieta usual, capazes de produzir demonstrados efeitos metabólicos ou fisiológicos úteis na manutenção de uma boa saúde física e mental, além de suas funções nutricionais (LAJOLO, 2005).

Dentre os vários alimentos tidos como funcionais encontram-se as frutas, que além de serem fontes importantes de substâncias nutricionais, tem sido verificada uma grande contribuição de compostos com características funcionais presentes em sua composição. Grande destaque deve ser dado às frutas tropicais cultivadas no Brasil, uma vez que o nosso país apresenta condições extremamente favoráveis quanto a adaptação dessas espécies. Com isso, o consumo de frutas tropicais tem aumentado ano após ano devido ao valor nutritivo e aos seus efeitos terapêuticos, apesar de existir uma grande diversidade de frutas e produtos derivados ainda não ou pouco pesquisados em relação às suas propriedades e capacidade benéficas à saúde (antioxidante) (KUSKOSKI et al., 2006).

Nota-se que é crescente a preocupação da população com a saúde, bem como com os benefícios diários que uma boa alimentação podem oferecer, fato que tem direcionado a escolha dos consumidores por alimentos mais saudáveis. Saber que os mesmos contêm substâncias que quando ingeridas regularmente podem reduzir o risco do desenvolvimento de algumas doenças como câncer, pressão alta, colesterol entre outras, pode ser um bom motivo para a inclusão desses alimentos diariamente na dieta (SANTOS, 2007).

A ênfase científica de que dietas ricas em frutas e hortaliças protegem contra câncer e doenças degenerativas é cada vez maior (MARCHAND, 2002). As pesquisas têm mostrado que frutas e hortaliças, além de conterem vitaminas como a C, E e carotenóides, contêm outros nutrientes que contribuem para sua capacidade antioxidante total, particularmente os compostos fenólicos. Há evidências de que frutas e hortaliças são benéficas para a saúde de um modo geral, contribuindo para a prevenção de processos degenerativos. Conforme alguns autores (LIMA et al., 2000; MUSSER, 2001; VENDRAMINI e TRUGO, 2004; MALACRIDA e MOTTA, 2005; KUSKOSKI et al., 2006; MOURA et al., 2007), as frutas vermelhas têm sido as mais estudadas para avaliação da capacidade antioxidante, estando dentre elas, a acerola.

#### **2.6.4 Polifenóis**

Os compostos fenólicos estão entre os antioxidantes mais ativos e freqüentemente presentes em vegetais, destacando-se os flavonóides (BIANCHI e ANTUNES, 1999), que são os mais estudados dentre os compostos funcionais presentes em produtos de origem vegetal (RE et al., 1999). Os flavonóides são metabólitos secundários de plantas e estas os usam para atrair polinizadores e repelir predadores, para colorir flores e para a proteção de raios ultravioletas, quando expostas ao sol (ANGELIS, 2001). No entanto, as propriedades benéficas desses compostos podem ser atribuídas à sua capacidade de seqüestrar os radicais livres (DECKER, 1997).

Existem mais de 8.000 compostos fenólicos no reino vegetal, que variam completamente em complexidade. Dentre eles estão presentes os flavonóides e os não-flavonóides (ácidos fenólicos e cumarinas). Exemplos de fenólicos não-flavonóides são o resveratrol, encontrado em vinho, ácido elágico, encontrado em caqui e romã, e ácido clorogênico, encontrado em café, kiwi, maçã e *berry fruits*. Entre os principais flavonóides estão as antocianinas, flavonas, isoflavonas, flavonóis, catequinas, flavanonas e as proantocianidinas (CHITARRA e CHITARRA, 2005).

Os flavonóides estão presentes em frutas e hortaliças, cujo consumo tem sido associado a efeitos protetores contra doenças cardiovasculares e câncer, conforme já foi comentado na presente revisão. Por muito tempo estes compostos foram considerados sem nenhum valor nutricional, até a demonstração de ação redutora de fragilidade capilar de alguns deles em 1936, pelos trabalhos de Szent-Gyorgy e de Rusznyak (DE ANGELS, 2005).

Os seus efeitos antioxidantes se devem à capacidade de diminuir os radicais livres e dentre eles, a quercetina parece ser o mais potente antioxidante (ANGELIS, 2001). Propõe-se então, que os flavonóides exerçam efeitos benéficos em diversos estados patológicos, incluindo câncer, doenças cardiovasculares e em desordens neurovegetativas. Embora o mecanismo preciso exercido pelos flavonóides destas ações benéficas e tóxicas ainda permaneça pouco conhecido. Entretanto, alguns estudos têm demonstrado que sua atividade antioxidante clássica de doação de hidrogênio seja pouco provável de ser a única explicação para os efeitos celulares benéficos sugeridos (RICE-EVANS et al, 1997; RICE-EVANS, 2001; SPENCER et al., 2001).

Os flavonóides quercetina e kampferol têm-se mostrado ativos como agentes antiinflamatórios, atuando na inibição da biossíntese de eicosanóides envolvidos em processos inflamatórios via atividade antiradicalar e antiperoxidante. A atividade antioxidante das antocianinas está intimamente relacionada com a sua capacidade de doar oxigênio aos radicais livres altamente reativos, prevenindo a formação de novos radicais (ALVES et al., 2007).

Verifica-se então, que os compostos fenólicos podem inibir os processos da oxidação em certos sistemas, mas isso não significa que eles possam proteger as células e os tecidos de todos os tipos de danos oxidativos. Esses podem apresentar atividade pró-oxidante em determinadas condições, conforme Decker (1997).

### 2.6.5 Vitamina C

Há uma grande variação no teor desta vitamina na composição da acerola. No caso da vitamina C, este fato é comum tanto em outras frutas quanto em hortaliças e geralmente está associado à fatores como: influência ambiental (condições do solo, clima, regime pluvial), grau de maturação, entre outros fatores pré e pós-colheita.

Esta vitamina C atua como um excelente antioxidante sobre os radicais livres na fase aquosa, embora não seja capaz de agir nos compartimentos lipofílicos para inibir a peroxidação lipídica. Por outro lado, estudos *in vitro* mostraram que essa vitamina na presença de metais de transição, tais como o ferro, pode atuar como molécula pró-oxidante e gerar os radicais livres  $H_2O_2$  e  $OH\cdot$ . Porém, estes metais estão presentes em quantidades muito limitadas (ODIN, 1997). Efeito semelhante ocorre em frutos muito ricos nessa vitamina como é o caso da acerola (DUARTE-ALMEIDA et al., 2006).

No entanto, o uso de vitaminas e outros antioxidantes na prevenção e modulação das conseqüências patológicas dos radicais livres precisam da definição de doses e de protocolos de tratamento, sendo necessários mais estudos sobre o mecanismo de ação desses agentes para sua prescrição em larga escala (BIANCHI e ANTUNES, 1999).

### 2.6.6 Carotenóides

Estes compostos são em geral responsáveis pelas colorações do amarelo ao laranja em alimentos de origem vegetal. Podem estar presentes na forma de carotenos ou como ésteres de xantofilas, cuja intensidade da coloração dependerá da quantidade e do tipo de pigmento presente conforme comentam Chitarra e Chitarra (2005). Atualmente, são conhecidos, aproximadamente, 600 tipos de carotenóides, onde muitos são usados como corantes alimentares, embora ganhe uma maior importância na nutrição (ALVES et al., 2006).



De acordo com Aguiar (2001), indivíduos que usualmente têm hábito de consumir grandes quantidades de frutas e verduras ricas em carotenóides, também possuem menor risco de adquirirem certos tipos de câncer, doenças cardiovasculares, degeneração macular e cataratas. Estes efeitos benéficos devem-se a capacidade antioxidante dos carotenóides, através da desativação de radicais livres e pela capacidade de sequestrar oxigênio singlet.

Os carotenos protegem os lipídios dos danos peroxidativos sem sofrer degradação, através da reação com os radicais peroxila, hidroxila e superóxido. A atividade antioxidante dos carotenos é decorrente da habilidade de deslocar elétrons desemparelhados através da estrutura de ligações duplas conjugadas, havendo relatos na literatura de alguns mecanismos para a reação de radicais livres com os carotenóides (SOUSA et al., 2007). Atualmente, as pesquisas têm buscado conhecer os teores destes compostos em frutas e vegetais locais, visando reduzir as carências nutricionais (AMBRÓSIO et al., 2006; MELO et al., 2006; RAO e RAO, 2007; KIM et al. 2007).

#### **2.6.7 Métodos de avaliação**

Os métodos para avaliação da atividade antioxidante total (AAT) propostos na literatura são diversos, porém alguns são mais apropriados que outros dependendo da natureza dos compostos presentes na constituição de cada fruta. Deste modo, existem métodos para frutos ricos em compostos hidrofílicos e métodos para frutos ricos em compostos lipofílicos.

Dentre os métodos mais utilizados para determinação destes compostos antioxidantes em frutas e hortaliças estão: DPPH, FRAP, Sistema  $\beta$ -caroteno/ácido linoléico e o ABTS. Verifica-se que os mais usados atualmente tem sido o ABTS e o DPPH conforme vários autores (LEONG e SHUI, 2001; NENADIS et al., 2004; WU et al., 2005; MELO et al., 2006a; DUARTE-ALMEIDA et al., 2006; LIMA et al., 2006b). Com grande destaque para este último, que mede a atividade antioxidante através da captura do radical (2,2-Diphenyl-1-picrylhidrazil) – DPPH.

##### **a) Método FRAP**

O FRAP (*Ferric Reducing Antioxidant Power*), dentre os métodos em avaliação, é o único que não é baseado na capacidade de captura do radical livre e sim na capacidade de redução (BENZIE e STRAIN, 1996). Em meio ácido, o complexo férrico tripiridiltiazina é reduzido ao ferroso, mudando sua coloração para azul na presença de um antioxidante, causando um aumento da absorbância.

De acordo com Benzie e Strain (1996), no método original, a absorbância é monitorada após quatro minutos, entretanto, Pulido et al. (2000) afirmam que este tempo de reação não é completo e sugeriram o monitoramento prolongado após 30 minutos. A absorbância alcançada em um ponto fixo é interpolada em uma curva de calibração e os resultados são expressos em capacidade antioxidante equivalente a 1mM FeSO<sub>4</sub> (ALVES et al., 2006).

#### **b) Método sistema $\beta$ -caroteno/ácido linoléico**

Desenvolvido por Marco (1968) e modificado por Miller (1971), o sistema  $\beta$ -caroteno/ácido linoléico, emprega ácido linoléico, Tween e  $\beta$ -caroteno, avaliando a capacidade de inibição de radicais livres gerados durante a peroxidação lipídica do ácido linoléico (DUARTE-ALMEIDA et al., 2006). Consiste em um ensaio espectrofotométrico baseado na oxidação (descoloração) do  $\beta$ -caroteno induzida pelos produtos da degradação oxidativa do ácido linoléico. A determinação é realizada a 470nm, na presença e na ausência de um antioxidante.

É um método simples, sensível, mas não específico, pois substâncias oxidantes ou redutoras interferem na determinação (SILVA et al., 1999). A co-oxidação do  $\beta$ -caroteno é normalmente efetuada no meio emulsionado, o que origina muitas vezes falta de reprodutibilidade dos valores de absorbância medidos. Além da dificuldade de interpretação dos resultados devido à interação do  $\beta$ -caroteno com o oxigênio (BERSET e CUVELIER, 1996; VAN GADOW et al., 1997).

Esta metodologia, apesar dos inconvenientes citados, é amplamente usada e como para a execução da mesma não necessita de elevadas temperaturas, permite assim, a determinação do poder antioxidante em produtos termo-sensíveis (SILVA et al., 1999).

### **c) Método ABTS●**

O ABTS (2,2-azino-bis(ethylbenzo-thiazoline-6-sulfonic acid) diammonium salt) é um método baseado na habilidade dos antioxidantes de capturar a longo prazo o cátion ABTS●+. Esta captura provoca um decréscimo na absorbância, que é lida a partir da mistura do radical com o antioxidante em diferentes tempos sendo representadas graficamente (PÉREZ-JIMÉNEZ e SAURA-CALIXTO, 2006).

O ensaio TEAC (Trolox Equivalente Antioxidant Capacity) avalia espectrofotometricamente a habilidade relativa das substâncias antioxidantes em capturar o cátion radical 2,2-azino-bis(ethylbenzo-thiazoline-6-sulfonic acid) diammonium salt (ABTS●+), quando comparada com uma quantidade padrão do antioxidante sintético Trolox (ácido 2-carboxílico-6-hidroxi-2,5,7,8-tetrametilcromano), um análogo da vitamina E, diferindo desta por ser solúvel em água. A atividade dos compostos testados é expressa em valores de TEAC, que é definido como a concentração de Trolox que possui a mesma atividade que 1µM da substância antioxidante investigada. Os compostos são considerados ativos quando o seu valor de TEAC é próximo ao da quercetina, flavonóide usado como substância de referência (RE et al., 1999).

Alguns autores têm determinado também, a atividade antioxidante em equivalente de vitamina C (VEAC), conforme vários trabalhos, a partir do uso de uma curva padrão de ácido ascórbico 1 ppm, como Kuskoski et al. (2005) e Toit et al. (2001), onde este último cita em seu trabalho que o equivalente de vitamina C é uma unidade mais apropriada para medir antioxidantes em frutas, hortaliças e chás, por esta vitamina ser solúvel em água, assim como os antioxidantes presentes na maioria das frutas. A curva gerada pela inibição da absorbância é calculada, sendo os resultados interpolados na curva padrão de calibração e expressos em atividade antioxidante equivalente a 1µM de trolox (TEAC) (ALVES et al., 2006).

#### **d) Método DPPH●**

De acordo com Brand-Williams et al. (1995), o método do DPPH● é baseado na captura do radical DPPH● (2,2-Diphenyl-1-picrylhidrazil) de antioxidantes, o qual produz um decréscimo da absorvância a 515 nm. Este método foi modificado por Sánchez-Moreno et al. (1998) para medir os parâmetros cinéticos.

A atividade do anti-radical expressa pelo parâmetro EC<sub>50</sub> é definida como a quantidade do antioxidante necessário para diminuir 50% da concentração do DPPH● inicial. Algumas modificações nesse método são necessárias no sentido de adaptá-lo às frutas, devido ao mecanismo da reação entre o antioxidante e o DPPH● depender da conformação estrutural de cada antioxidante avaliado (ALVES et al., 2006).

Como pode ser percebido na descrição de cada método, uma das maiores dificuldades na comparação de resultados é a falta de padronização das metodologias usadas, bem como na apresentação e/ou expressão dos resultados. Apesar disto, os resultados obtidos por Alves et al. (2007) demonstraram ser marcantes para algumas frutas tropicais, como por exemplo, a elevada atividade antioxidante da acerola, independente dos métodos utilizados.

Resultados obtidos por Kuskoski et al. (2006), analisando polpa congelada de acerola, obtiveram 959,1mg/100g (VCEAC - atividade antioxidante equivalente em vitamina C) aos 30 minutos de reação, usando o método de seqüestro do radical DPPH e atividade antioxidante de 53,2 $\mu$ mol g<sup>-1</sup> (TEAC – atividade antioxidante equivalente ao Trolox), expresso em matéria-fresca.

Duarte-Almeida et al. (2006), verificaram que os frutos *in natura* de acerola, tinham a maior capacidade de seqüestro de radicais livres. Estes autores comentam, que esta capacidade deve-se, em grande parte, ao alto teor de ácido ascórbico presente na fruta, comprovando a capacidade antioxidante de ácido ascórbico.

Sampaio (2006), estudando a atividade antioxidante dos clones Apodi, Cereja, Frutacor, Sertaneja, II47/1 e Roxinha, verificou destaque para o clone II47/1, com um valor de 553,22mg/100g para o EC<sub>50</sub>. Uma vez que o EC<sub>50</sub> corresponde a amostra necessária para reduzir 50% da concentração inicial do radical DPPH, o referido clone foi o que apresentou a maior atividade antioxidante quando comparado com os demais analisados por essa autora.

### **3 MATERIAL E MÉTODOS**

#### **3.1 Material**

##### **3.1.1 Origem e localização do pomar**

O trabalho foi realizado com frutos de 19 clones de aceroleira provenientes de três regiões de cultivo:

a) Campo Experimental da Fazenda Frutacor, pertencente a Embrapa Agroindústria Tropical, localizada no município de Limoeiro do Norte/CE.

Clones: Apodi-CL, Cereja, Roxinha, Frutacor, I 6/2, Okinawa-CL, II 47/1, Flor Branca, Monami, Sertaneja, Mineira e Barbados.



**Figura 2** - Localização geográfica do Município de Limoeiro do Norte-CE. Altitude: 30,22m, latitude: 5°11'38"S, longitude: 37°52'21"W, temperatura média: 28,5°C e clima: BSw'h' segundo classificação de Koppen (WEBER et al., 2006).

b) Campo Experimental pertencente a Embrapa Agroindústria Tropical, localizada no município de Pacajus-CE.

Clone: Flórida Sweet



**Figura 3** - Localização geográfica do Município de Pacajus-CE. Altitude: 60m, latitude: 4°10'5"S, longitude: 38°27'38"W, temperatura média: 25°C, e clima: Bw segundo a classificação de Koppen (PAIVA et al., 2006).

c) Fazenda de cultivo orgânico da Empresa Nutrilite Amway, localizada no município de Ubajara-CE.

Clones: AC 69, Okinawa-OU, AC 26, AC 71, Apodi-OU e FP 19.



**Figura 4** - Localização geográfica do Município de Ubajara-CE. Altitude: 847m, Latitude: 3°51'15"S, Longitude: 40°55'15"W, Temperatura média 20°C (WIKIPEDIA, 2008).

Nas Tabelas 1, 2 e 3 encontram-se os dados pluviométricos do ano anterior à colheita para região de Limoeiro do Norte-CE, Pacajus-CE e Ubajara-CE.

**TABELA 1** - Pluviosidade ocorrida no período de maio/2006 a maio/2007 na região de Limoeiro do Norte-CE.

Meses/ Anos	Pluviosidade (mm)				Dias com chuva
	Mensal	Acumulada/Mês	Média diária	Máxima/Mês	
Maio/2006	149,9	149,9	13,6	46,4	11
Junho/2006	21,0	170,9	2,6	10,8	8
Julho/2006	11,2	182,1	3,7	8,0	3
Agosto/2006	26,9	209,0	26,9	26,9	1
Setembro/2006	0	209,0	0	0	0
Outubro/2006	0	209,0	0	0	0
Novembro/2006	3,7	212,7	3,7	3,7	1
Dezembro/2006	2,0	214,7	2,0	2,0	1
Janeiro/2007	2,0	216,7	2,0	2,0	1
Fevereiro/2007	86,1	302,8	7,8	25,0	11
Março/2007	154,4	457,2	11,9	33,2	13
Abril/2007	146,1	603,3	14,6	46,2	10
Maio/2007	78,7	682,0	9,8	27,8	8
<b>Total</b>	<b>682,0</b>	<b>682,0</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>68</b>

Fonte: FUNCEME – Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos, 2008.

**TABELA 2** - Pluviosidade ocorrida no período de outubro/2006 a outubro/2007 na região de Pacajus-CE.

Meses/ Anos	Pluviosidade (mm)				
	Mensal	Acumulada/Mês	Média diária	Máxima/Mês	Dias com chuva
Outubro/2006	0	0	0	0	0
Novembro/2006	9,0	9,0	9,0	9,0	1
Dezembro/2006	0	9,0	0	0	0
Janeiro/2007	21,2	30,2	4,2	9,2	5
Fevereiro/2007	163,8	194,0	14,9	25,2	11
Março/2007	181,5	375,5	12,1	53,2	15
Abril/2007	265,6	641,1	16,6	85,0	16
Maió/2007	80,0	721,1	11,4	24,6	7
Junho/2007	63,8	784,9	12,8	46,0	5
Julho/2007	7,0	791,9	3,5	6,0	2
Agosto/2007	0	791,9	0	0	0
Setembro/2007	0	791,9	0	0	0
Outubro/2007	0	791,9	0	0	0
Total	791,9	791,9	-	-	62

Fonte: FUNCEME – Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos, 2008.

**TABELA 3** - Pluviosidade ocorrida no período de outubro/2006 a outubro/2007 na região de Ubajara-CE.

Meses/ Anos	Pluviosidade (mm)				
	Mensal	Acumulada/Mês	Média diária	Máxima/Mês	Dias com chuva
Outubro/2006	0	0	0	0	0
Novembro/2006	0	0	0	0	0
Dezembro/2006	31,7	31,7	6,3	12,0	5
Janeiro/2007	67,0	98,7	22,3	56,5	3
Fevereiro/2007	399,5	498,2	17,4	77,0	23
Março/2007	155,8	654,0	11,1	27,0	14
Abril/2007	426,8	1080,8	19,4	70,6	22
Maió/2007	51,1	1131,9	6,4	12,0	8
Junho/2007	89,6	1221,5	9,9	39,0	9
Julho/2007	13,0	1234,5	6,5	7,0	2
Agosto/2007	-	1234,5	-	-	-
Setembro/2007	0	1234,5	0	0	0
Outubro/2007	20,0	1234,5	20,0	20,0	1
Total	1254,5	1254,5	-	-	87

Fonte: FUNCEME – Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos, 2008.

### 3.1.2 Colheita, preparo do material e condução do experimento



A colheita dos clones provenientes de Limoeiro do Norte-CE ocorreu no mês de Maio de 2007, manualmente nas primeiras horas do dia, no estágio de maturação comercial. Enquanto que os frutos provenientes de Pacajus-CE e Ubajara-CE foram colhidos no mês de Outubro de 2007, nas mesmas condições.

Após a colheita, os frutos foram acondicionados em sacos plásticos, armazenados em caixas de isopor e em seguida transportados *in natura* para o Laboratório de Fisiologia e Tecnologia Pós-Colheita da Embrapa Agroindústria Tropical - Fortaleza-CE, onde foram caracterizados fisicamente quanto à coloração (parâmetros L a\* b\*), peso total, tamanho (diâmetro e comprimento) e firmeza. Somente após estas análises, os frutos foram processados em centrífuga doméstica, sendo a polpa congelada em freezer em temperatura de -20°C para as demais análises físico-químicas e químicas.

## **3.2 Métodos**

### **3.2.1 Características físicas**

Foram realizadas 25 medições, correspondendo a 25 frutos, avaliados individualmente.

#### **Peso total**

Foi determinado pela pesagem individual dos frutos em balança semi-analítica e os resultados expressos em gramas (g).

#### **Diâmetro e comprimento**

Com uso de um paquímetro digital foram realizadas as medidas individuais do diâmetro e comprimento, sendo expressas em milímetro (mm).

### **Cor instrumental**

A cor foi avaliada pela média de duas leituras efetuadas em pontos equidistantes de cada fruto, através de reflectômetro da marca MINOLTA modelo CR-300. Sendo as leituras feitas a partir de três parâmetros: Luminosidade – L (numa escala de 0 = branco a 100 = preto), a (valores negativos correspondem à intensidade da cor verde e valores positivos a intensidade da cor vermelha) e b (valores negativos correspondem a intensidade da cor azul e valores positivos a intensidade da cor amarela). Juntos estes parâmetros definem a intensidade da cor, conforme com a CIE (Commission Internationale de L'Eclairage), de acordo com a metodologia descrita por McGuire (1992).

### **Firmeza da polpa**

A firmeza foi realizada nos frutos íntegros, antes do congelamento, em penetrômetro manual Magness-Taylor modelo FT 011, usando ponteiras de 2mm de diâmetro. Foram feitas duas leituras por fruto, em lados opostos, sendo o resultado expresso em Kg.

### **3.2.2 Características físico-químicas**

Para todas as determinações físico-químicas e químicas, foram realizadas três medições, constituídas da polpa obtida de no mínimo 1kg de frutos, sendo expressos em matéria fresca.

## **pH**

O pH foi determinado diretamente na polpa, utilizando-se um potenciômetro (Mettler modelo DL 12) com membrana de vidro de acordo com a A.O.A.C. (1992), utilizando os tampões 4,0 e 7,0.

## **Sólidos solúveis (SS)**

Após filtração da polpa em papel de filtro, o valor de sólidos solúveis foi obtido utilizando um refratômetro digital da marca ATAGO PR-101 com escala variando de 0 a 45 °Brix, conforme metodologia recomendada por Brasil (2005b), sendo o resultado expresso em °Brix.

## **Acidez total (AT)**

A acidez titulável foi determinada pela diluição de 1g de polpa em 50mL de água destilada titulando com solução de NaOH (0,1N) até pH 8,1 em titulador automático Mettler, modelo DL 12. Os resultados foram expressos em porcentagem de ácido málico, conforme Brasil (2005).

## **Relação SS/ AT**

A relação SS/AT foi obtida através do quociente entre essas duas determinações (BRASIL, 2005b).

## **Açúcares solúveis totais (AST)**

Os açúcares solúveis totais foram dosados pelo método da antrona, segundo metodologia descrita por Yemn e Willis (1954). O extrato foi obtido diluindo 1,0g de polpa em um balão de 100mL com água destilada, filtrando em seguida. Em tubos de ensaio contendo alíquotas variando de 70 a 100µL do extrato conforme cada clone, foi adicionado o reativo antrona, sendo logo em seguida agitados vigorosamente e aquecidos em banho-maria a 100°C por 8 minutos e imediatamente resfriados em banho de gelo. A leitura foi realizada em espectrofotômetro no comprimento de onda igual a 620nm, sendo os resultados expressos em porcentagem de açúcar total.

### **3.2.3 Características químicas**

#### **Ácido ascórbico**

Foi obtido por titulometria usando a solução de DFI (2,6 dicloro-fenol-indofenol 0,02 %) até coloração róseo claro permanente, utilizando 1g de polpa diluída em 100 mL de ácido oxálico 0,5 % de acordo com Strohecker e Henning (1967). Os resultados foram expressos em mg de ácido ascórbico/100g de polpa.

#### **Carotenóides totais**

Os carotenóides totais foram determinados pelo método de Higby (1962). Em recipiente de aço inox, foram colocados 5,0g de polpa, 15mL de álcool iso-propílico e 5,0mL de hexano, seguido de agitação por 1 minuto. O conteúdo foi transferido para um funil de separação de 125mL envolvido em papel alumínio, completando o volume com água

destilada. Após repouso de 30 minutos, procedeu-se a lavagem do material. Essa operação foi repetida por mais duas vezes. O conteúdo separado foi filtrado com algodão pulverizado com sulfato de sódio anidro, para um balão volumétrico de 25mL envolto em papel alumínio onde foi adicionado 2,5mL de acetona, aferindo o volume do balão com hexano. As leituras foram realizadas em espectrofotômetro no comprimento de onda igual a 450nm e os resultados expressos em mg/100g, calculados através da fórmula:  $(A \times 100)/(250 \times L \times W)$ , onde: A = absorvância; L = comprimento de onda em nm e W = quantidade da amostra original no volume final da diluição.

### **Antocianinas totais e flavonóides amarelos**

As antocianinas totais e os flavonóides amarelos foram dosados segundo Francis (1982). Foi pesado 1g da polpa em um recipiente de aço inox, usando balança analítica. Em seguida foi adicionado 30mL da solução extratora etanol (95%) - HCl (1,5N) na proporção 85:15. As amostras foram homogeneizadas em um homogeneizador de tecidos tipo “Turrax” por 2 minutos na velocidade “5”. Logo após, o conteúdo foi transferido diretamente para um balão volumétrico de 50mL ao abrigo da luz, aferido com a solução extratora, homogeneizado e armazenado em frasco âmbar, o qual ficou em repouso por uma noite na geladeira. No dia seguinte, o material foi filtrado em um Béquer de 50mL protegido da luz. As leituras foram realizadas em espectrofotômetro, no comprimento de onda igual a 535nm para antocianinas e 374nm para flavonóides amarelos. Os resultados foram expressos em mg/100g, através das seguintes fórmulas:

- Antocianinas totais = Absorvância x fator de diluição/98,2
- Flavonóides amarelos = Absorvância x fator de diluição/76,6

### **Polifenóis extraíveis totais (PET)**

Os polifenóis extraíveis totais foram determinados através do reagente de Folin-Ciocalteu, utilizando uma curva padrão de ácido gálico como referência, conforme

metodologia descrita por Larrauri et al. (1997). A extração foi realizada usando 2g da polpa de acerola. Foi adicionado 40mL de solução de metanol 50% (primeira solução extratora), homogeneizando e deixando em repouso por 1 hora para extração. Logo em seguida, a mistura foi centrifugada a 15.000rpm por 15 minutos. Após a centrifugação, o sobrenadante obtido foi filtrado e colocado em um balão de 100mL protegido da luz. O precipitado foi dissolvido em uma solução de acetona 70% (segunda solução extratora), ficando em repouso por mais 1 hora. Logo em seguida essa mistura foi centrifugada a 15.000 rpm por 15 minutos. O segundo sobrenadante obtido foi misturado ao primeiro no mesmo balão de 100mL, aferindo com água destilada, obtendo assim o extrato para determinação dos polifenóis totais. A determinação foi realizada usando alíquotas de 0,1mL do extrato (PET), 0,9mL de água destilada, 1mL do reagente Folin-Ciocalteu, 2mL de NaCO<sub>3</sub> 20% e 2mL de água destilada em tubos de ensaio, sendo em seguida homogeneizados e deixados em repouso por 30 minutos. Depois de decorrido o tempo, a leitura foi realizada em espectrofotômetro, usando a curva padrão de ácido gálico e os resultados expressos em mg de ácido gálico/100g de polpa.

### **Atividade antioxidante total pelo seqüestro do radical DPPH• (AAT)**

Atividade antioxidante total foi avaliada através do método DPPH (1,1-difenil-2-picrilhidrazil) de acordo com a metodologia descrita por Hatano et al. (1988). Alíquotas de 0,1mL do extrato (PET) foram misturadas à 3,9mL da solução de DPPH e deixadas em repouso por 10 minutos em ambiente escuro. A diminuição da absorbância foi medida após o final desse tempo, em espectrofotômetro no comprimento de onda igual a 515nm. Foi usada uma curva de calibração para calcular a EC<sub>50</sub>, ou seja, a concentração de um antioxidante necessária para neutralizar 50% dos radicais DPPH•, nas condições experimentais.

Foi gerada uma curva a partir dos valores das absorbâncias de três concentrações das amostras (8000; 6000; 4000ppm). Os valores da AAT foram obtidos a partir da equação da reta:  $y = ax + b$ , substituindo o valor de y pela absorbância, sendo os resultados expressos como grama de polpa fresca/ g de DPPH (g/g) conforme Rufino et al. (2007).

### **3.3 Análise estatística**

Foi realizada estatística descritiva, permitindo dessa forma que se tenha uma visão global da variação dos valores obtidos, organizando os dados por meio de tabelas e gráficos. Foram estimadas a variância residual (dentro da planta), variância genética (entre plantas), coeficiente de repetibilidade e o coeficiente de determinação. As correlações fenotípicas entre todas as variáveis foram realizadas para todos os parâmetros (físicos, físico-químicos e químicos). Aplicou-se o teste de Pearson para determinar as significâncias das correlações estimadas. Os dados da atividade antioxidante foram transformados em  $\text{Log}_{10}$ .

Para todos os tratamentos estatísticos foi usado o programa GENES (CRUZ, 2001), seguindo modelos genéticos ilustrados por Cruz e Regazzi (1997).

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Características físicas

Ocorreu uma variação entre os clones, para todas as características físicas analisadas. As coordenadas  $a^*$  e  $b^*$  apresentaram os maiores coeficientes de variação, com 77,71 e 35,38%, respectivamente (TABELA 4).

**Tabela 4** - Valores médios, amplitude e coeficiente de variação das características físicas avaliadas nos frutos de aceroleira.

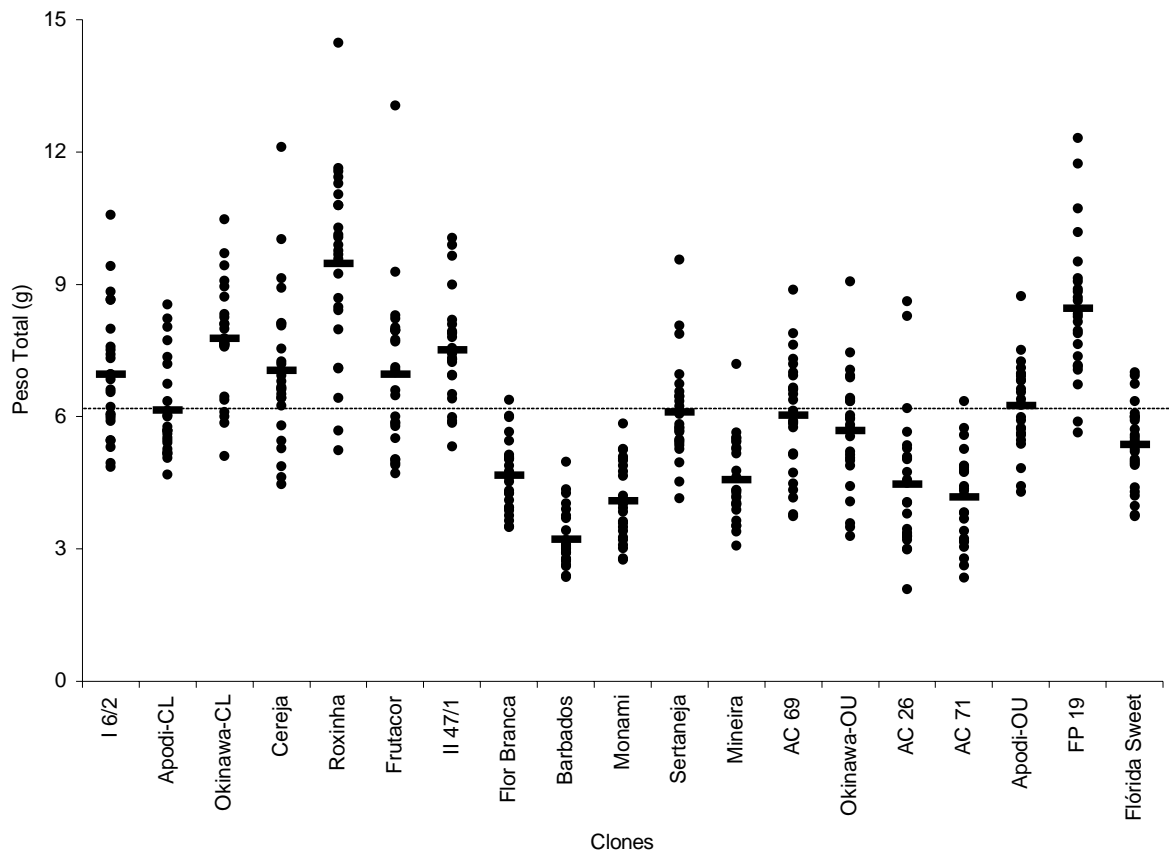
Cultivares	L	$a^*$	$b^*$	Peso (Kg)	Comprimento (mm)	Diâmetro (mm)	Firmeza (Kg)
I 6/2	39,78	32,29	13,66	6,97	20,47	24,11	0,84
Apodi-CL	39,68	34,68	12,79	6,15	20,44	22,67	0,77
Okinawa-CL	40,47	33,95	13,49	7,77	22,50	24,87	0,94
Cereja	37,09	37,11	13,69	7,05	20,87	23,67	0,71
Roxinha	37,98	31,04	11,12	9,47	23,85	25,74	0,79

Frutacor	40,82	25,34	12,49	6,96	21,84	22,86	0,68
II 47/1	38,14	29,32	8,96	7,52	20,19	24,90	0,72
Flor Branca	42,81	28,63	12,84	4,67	18,38	20,56	0,68
Barbados	32,10	30,75	6,45	3,23	15,35	18,68	0,64
Monami	39,57	37,74	16,43	4,09	17,63	19,29	0,77
Sertaneja	43,56	32,21	15,20	6,11	19,39	22,49	0,66
Mineira	44,37	33,93	13,81	4,57	17,99	20,79	0,59
AC 69	45,93	30,45	13,42	6,03	19,86	23,17	1,10
Okinawa-OU	38,65	27,30	4,91	5,69	19,69	22,84	1,33
AC 26	35,65	24,06	10,21	4,46	18,10	20,06	0,99
AC 71	40,98	31,41	10,78	4,17	17,47	20,19	1,11
Apodi-OU	37,79	14,82	-0,56	6,25	20,30	23,21	1,77
FP 19	39,93	26,79	6,26	8,45	22,46	25,77	1,39
Flórida Sweet	38,90	36,43	12,17	5,36	18,17	22,23	0,58
Máximo	49,26	46,13	24,66	14,48	26,64	30,65	2,50
Mínimo	25,92	10,54	-2,55	2,09	13,13	15,01	0,40
Média	39,69	30,44	10,95	6,05	19,73	22,53	0,90
IC <sub>95</sub> (±)	0,40	0,57	0,50	0,18	0,23	0,24	0,03
CV (%)	8,04	77,71	35,38	21,73	7,71	7,55	18,59

#### 4.1.1 Peso total

Os pesos apresentaram amplitude entre 2,09 e 14,48g, com média de 6,05g. Dos 19 clones estudados, 10 estavam acima da média, destacando-se o Roxinha, que apresentou a maior (9,47g). Os clones Flor Branca, Barbados, Monami, Mineira, AC69, Okinawa-OU, AC26, AC71, e Flórida Sweet obtiveram os pesos mais baixos em relação aos demais (FIGURA 5). Os clones: Flor Branca, Barbados e Monami foram os mais uniformes.





**Figura 5** - Peso total dos frutos de diferentes clones de aceroleira provenientes de Limoeiro do Norte, Pacajus e Ubajara – CE. (●) observações; (-) médias.

Os frutos do clone Apodi-CL apresentaram peso médio de 6,15g, sendo inferior ao encontrado por Moura et al. (2007), onde analisando o referido clone nas mesmas condições experimentais (Limoeiro do Norte-CE), encontraram peso médio de 11,75g. No entanto, o clone Okinawa-CL apresentou média superior (7,77g) a encontrada por Moura et al. (2007), que foi de 5,66g.

Pesos elevados são resultados bem promissores, devido à atração que o tamanho dos frutos de acerola exerce nos consumidores. A importância do peso também está diretamente relacionada ao rendimento de polpa, que representa 80% do seu peso total e é um dos principais produtos de comercialização. No entanto, ainda são poucos estudos comprovando que frutos grandes apresentam um rendimento em polpa melhor que os de tamanhos inferiores, ou até mesmo se seria viável explorar uma planta apresentando um tamanho de fruto menor, mas possuindo um melhor rendimento de polpa (CORDEIRO, 2000). Outro aspecto refere-se ao fato de que, cultivares com maiores tamanhos de frutos não

significam maior produtividade por hectare, pois pode acontecer maior peso do fruto e menor número de fruto (produção) por planta (BRUNINI et al., 2004).

Vários estudos mostram as variações nos pesos para frutos de acerola. A média encontrada por Brunini et al. (2004) oscilou de 6,92 a 9,60g, nas acerolas provenientes de várias regiões de cultivo. Enquanto que, os frutos analisados por Musser et al. (2005) mostraram valores médios de 3,88 a 7,11g. A média encontrada por Semensato (1997) foi de 5,80g, com peso máximo de 7,5g. Cordeiro (2000) verificou que apenas 8% das 55 progênies avaliadas apresentaram peso do fruto superior a 7,5g, enquanto que 58% encontravam-se abaixo de 6,0g. Gomes et al. (2000a) encontraram média de 8,20g. Os pesos determinados por França e Narain (2003) oscilaram entre 2,65 a 10,85g, em frutos maduros de acerola.

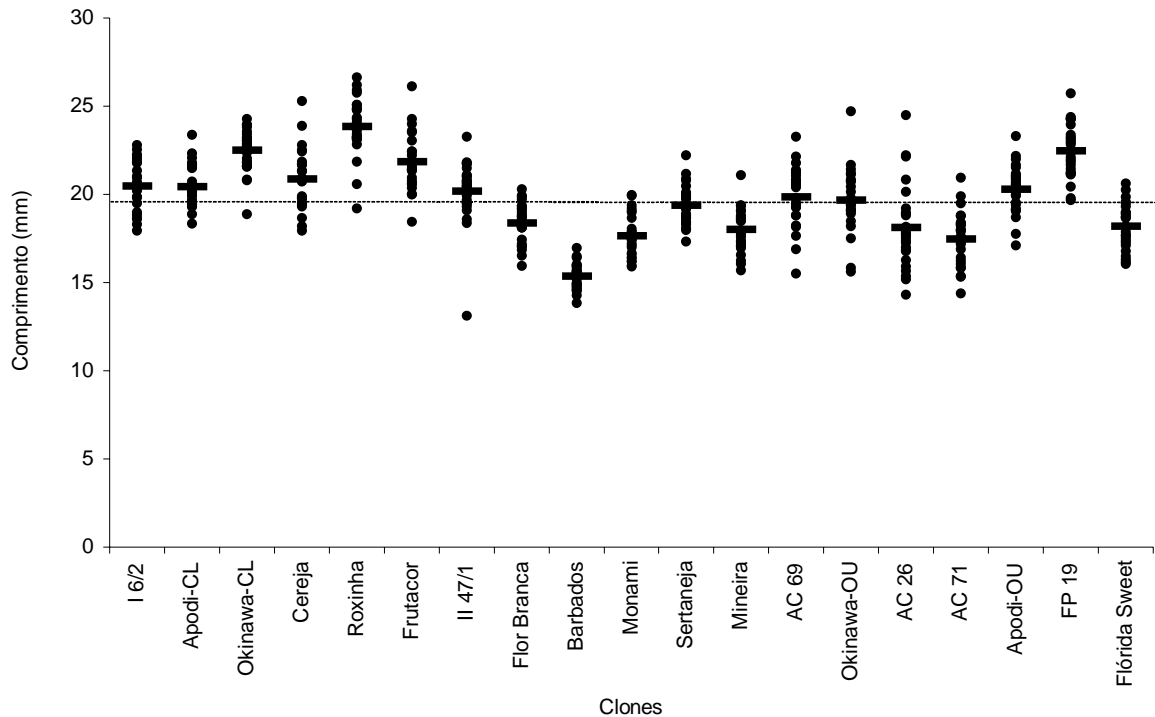
De uma forma geral, os resultados comprovaram a grande variabilidade genética deste fruto. A amplitude demonstrada está relacionada com fatores ambientais, o que pode ser observado pela distribuição das medidas. Tais divergências podem ainda estar ligadas às diferentes condições edafoclimáticas dos locais de cultivo. No campo, verifica-se que o peso é uma característica altamente influenciada pelo ambiente, obstante sua redução em momentos de falta d'água.

Conforme Marino Netto (1986), o tamanho dos frutos é dependente do clone, chuvas, irrigação e fertilizantes. Gomes et al. (2000c), observaram que respostas diferenciadas ocorrem também no caráter peso do fruto. Essas ocorrências sugerem que existem diferenças marcantes nos caracteres métricos dos genótipos, comportando-se diferentemente em cada época.

Embora os frutos analisados no presente trabalho tenham apresentado valor mínimo de 2,09g, 13 clones encontravam-se com médias acima de 4g, peso mínimo exigido pelas Indústrias de transformação conforme a IBRAF (1995).

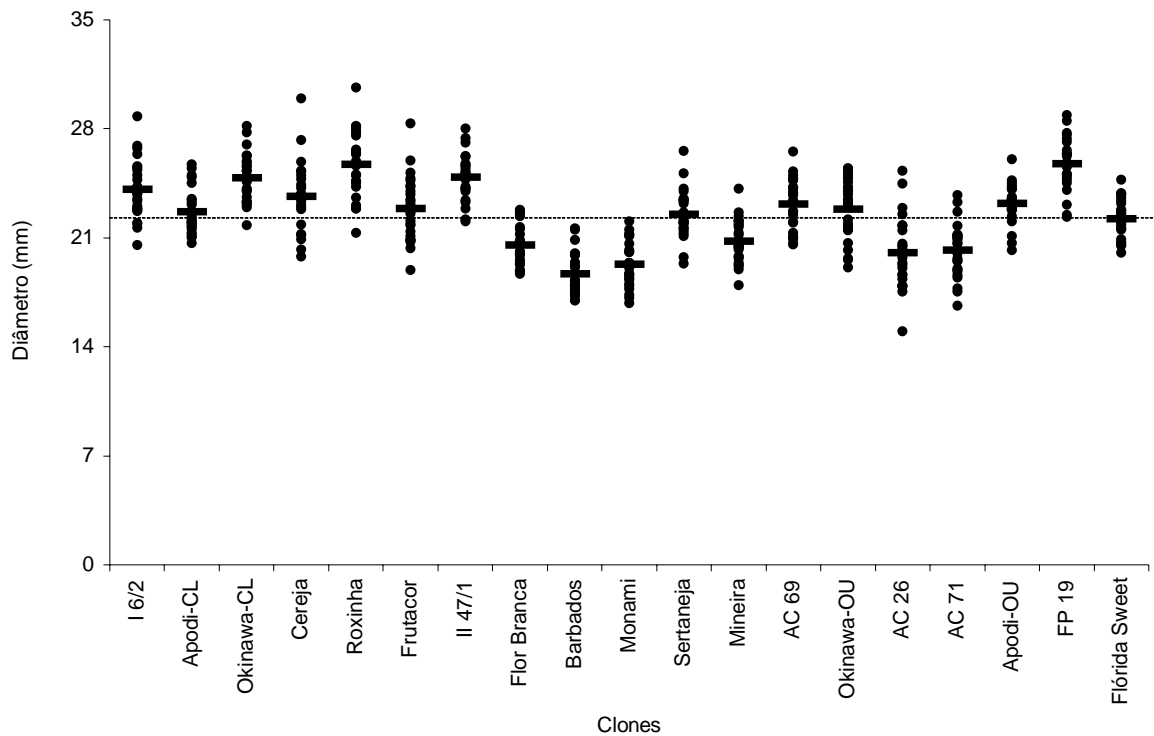
#### **4.1.2 Comprimento e diâmetro**

O comprimento apresentou uma amplitude entre 13,13 e 26,64mm, com média 19,73mm. Entre os 11 clones que se encontravam acima da média, o Roxinha se destacou com a maior (23,58mm) (FIGURA 6). As menores medidas foram obtidas pelos clones Barbados, Monami e Mineira. O comprimento médio encontrado por Musser et al. (2005) variou de 1,74 a 2,07cm.



**Figura 6** - Comprimento dos frutos de diferentes clones de aceroleira provenientes de Limoeiro do Norte, Pacajus e Ubajara – CE. (●) observações; (-) médias.

Para o diâmetro, a amplitude foi entre 15,01mm e 30,65mm, com média 22,53mm. Dos 19 clones analisados, 11 estavam acima da média, onde o FP 19 apresentou o maior valor (25,77mm) (FIGURA 7). Para esta variável, as Indústrias de transformação exigem um mínimo de 1,5cm (IBRAF, 1995), sendo assim, todos os frutos encontravam-se dentro dessa exigência. Musser et al. (2005), encontraram diâmetro médio entre 1,94 e 2,46cm. O diâmetro transversal médio, obtido por Brunini et al. (2004) em acerolas provenientes de várias regiões de cultivo, foi de 2,02 a 2,37cm.



**Figura 7** - Diâmetro dos frutos de diferentes clones de aceroleira provenientes de Limoeiro do Norte, Pacajus e Ubajara – CE. (●) observações; (-) médias.

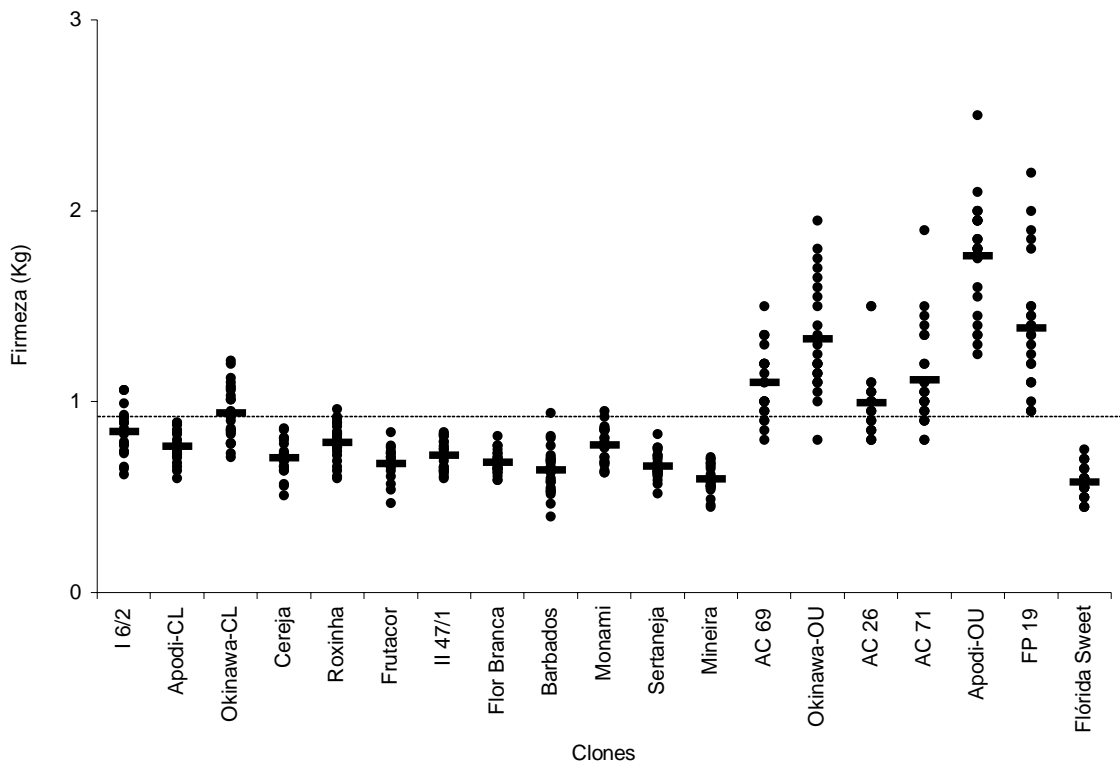
Musser et al. (2005) observaram variação significativa entre os genótipos, verificando que os frutos são, em média, mais largos que altos, o que define um formato em geral, subgloboso. Gomes et al. (2000c) observaram influência das épocas do ano, tanto para o comprimento quanto para o diâmetro nos frutos de aceroleiras. Isto sugere que existem diferenças marcantes nos caracteres métricos desses genótipos, com respostas diferenciadas em cada época do ano.

França e Narain (2003) encontraram diferença significativa para as duas variáveis (comprimento e diâmetro), durante a evolução do processo de maturação “de vez” e “maduro”. O diâmetro obtido por estes autores variou de 1,62 a 2,83cm, enquanto o comprimento ficou entre 1,43 e 2,35cm, nos frutos maduros.

Em geral, os valores obtidos nesse experimento estão semelhantes aos encontrados na literatura, conforme citado acima.

### 4.1.3 Firmeza da polpa

A amplitude ficou entre 0,4 e 2,5Kg, com média de 0,90kg. Dos 19 clones estudados, sete foram superiores a média. Entre estes, seis foram provenientes de Ubajara-CE (cultivo orgânico) (FIGURA 8).



**Figura 8** - Firmeza da polpa dos frutos de diferentes clones de aceroleira provenientes de Limoeiro do Norte, Pacajus e Ubajara – CE. (●) observações; (-) médias.

Observou-se que a localização geográfica influenciou na firmeza dos frutos, embora estivessem no mesmo estágio de maturação (maduro). Vale salientar, que os orgânicos (Ubajara-CE) foram mais firmes, especialmente quando se compara: os clones Apodi-CL e Okinawa-CL com o Apodi-OU e Okinawa-OU.

Apesar das citações existentes caracterizarem os frutos como de polpa macia e suculenta, epicarpo fino e delicado (MARINO NETTO, 1986; ALVES, 1992; ALVES, 1996), poucos estudos são encontrados na literatura relacionando valores numéricos com a firmeza de frutos da aceroleira.

A média geral obtida por Moura et al. (2007) foi de 3,59N, para os 45 clones de aceroleira analisados. Enquanto que, a maior firmeza encontrada por Brunini et al. (2004) foi de 246,39 kgf.cm<sup>-2</sup>, em acerolas provenientes de Porto Ferreira-SP. Conforme Araújo (2005), os clones Frutacor, II 47/1 e Sertaneja foram dentre os estudados, os que apresentaram a menor firmeza.

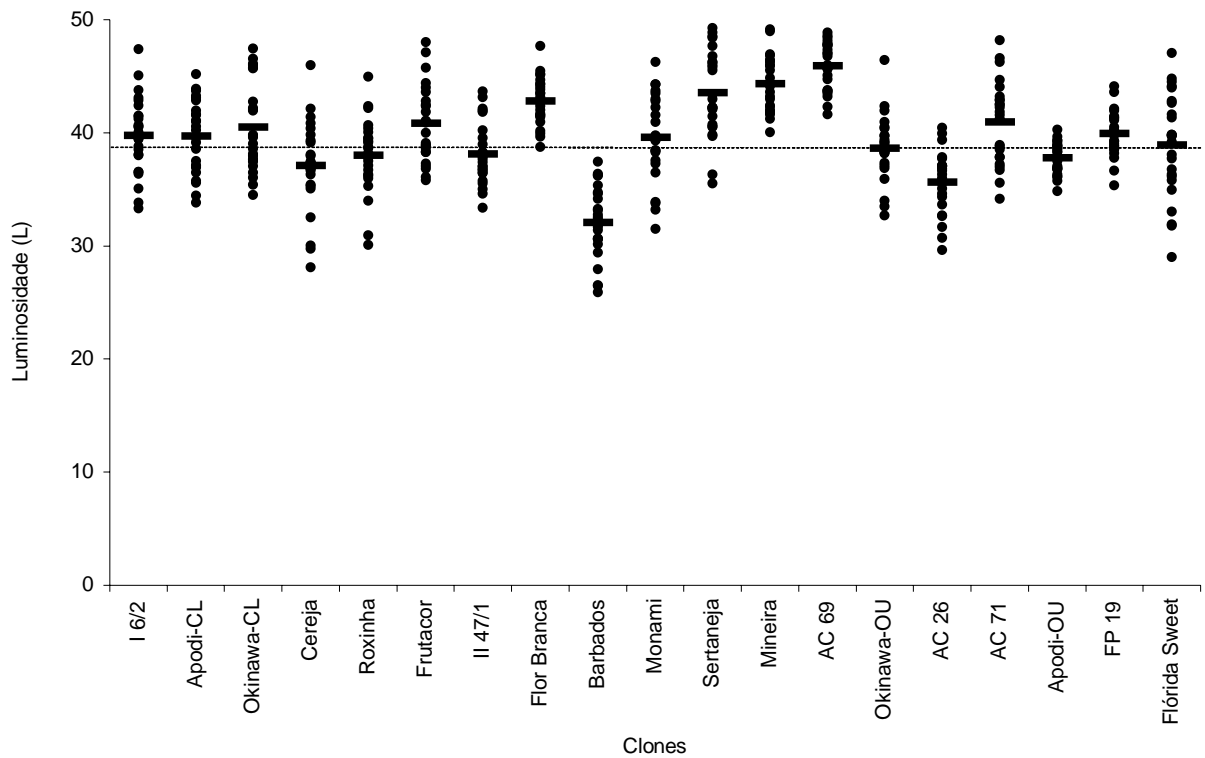
Segundo Chitarra e Chitarra (2005), no amadurecimento a ação de enzimas como protopectinase, poligalacturonase e pectinametilesterase modificam a firmeza dos frutos durante o amadurecimento, amaciando-os. Em geral, frutos mais firmes podem indicar uma maior vida útil pós-colheita em relação aos menos firmes, devido a uma maior resistência que os mesmos possuem contra danos físicos e/ou mecânicos, como machucamento, queda, pancada, entre outros.

#### **4.1.4 Cor Instrumental**

##### **4.1.4.1 Luminosidade (L)**

Os clones apresentaram uma amplitude entre 25,92 e 49,26, com média de 39,69. Dos 19 clones analisados, dez apresentaram luminosidade acima da média, com destaque para o AC69 (45,93) (FIGURA 9).

A luminosidade representa o brilho, numa escala que varia de 0 (preto) ao 100 (branco). Portanto, as amostras que possuem brilho superficial elevado apresentam valor próximo a 100. Por meio destes valores, também é possível verificar que aqueles frutos com baixa luminosidade, ou seja, próximos ao preto, possuíam coloração mais intensa da cor vermelha. Resultados semelhantes foram encontrados por Brunini et al. (2004), analisando acerolas provenientes de várias regiões de cultivo, onde a variação foi de 22,12 a 43,27.



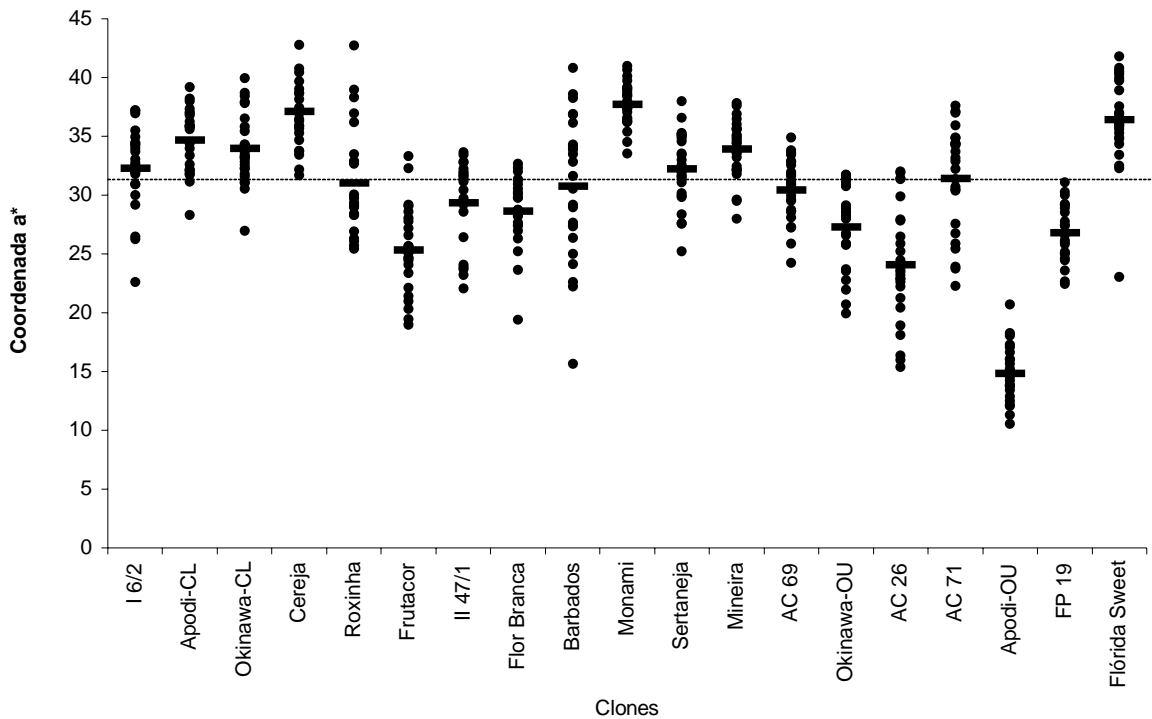
**Figura 9** - Luminosidade dos frutos de diferentes clones de aceroleira provenientes de Limoeiro do Norte, Pacajus e Ubajara – CE. (●) observações; (-) médias.

A coloração juntamente com o brilho é, freqüentemente, um dos atributos de qualidade mais atrativos para o consumidor, e o impacto visual causado pela coloração é fator predominante na sua preferência (BRUNINI et al., 2004). Embora a cor, na maioria das vezes, não contribua para um aumento efetivo do valor nutritivo ou da qualidade comestível do produto.

#### 4.1.4.2 Coordenadas $a^*$ e $b^*$

Obteve-se para a coordenada  $a^*$ , uma amplitude entre 10,54 e 46,13, com média de 30,44. Dos 19 clones analisados, 11 encontravam-se acima da média, destacando-se o Flórida Sweet e Apodi-CL, que obtiveram os maiores valores (FIGURA 10). Nesta coordenada,

a intensidade da cor vermelha é mensurada pelos valores positivos. Assim, quanto mais altos, mais vermelhos serão os frutos. Monami, Mineira e FP 19, mostraram maior uniformidade, dentro das condições experimentais. Acerolas analisadas por Brunini et al. (2004) apresentaram coloração da polpa entre a cor rósea e vermelha, conforme o local de plantio.



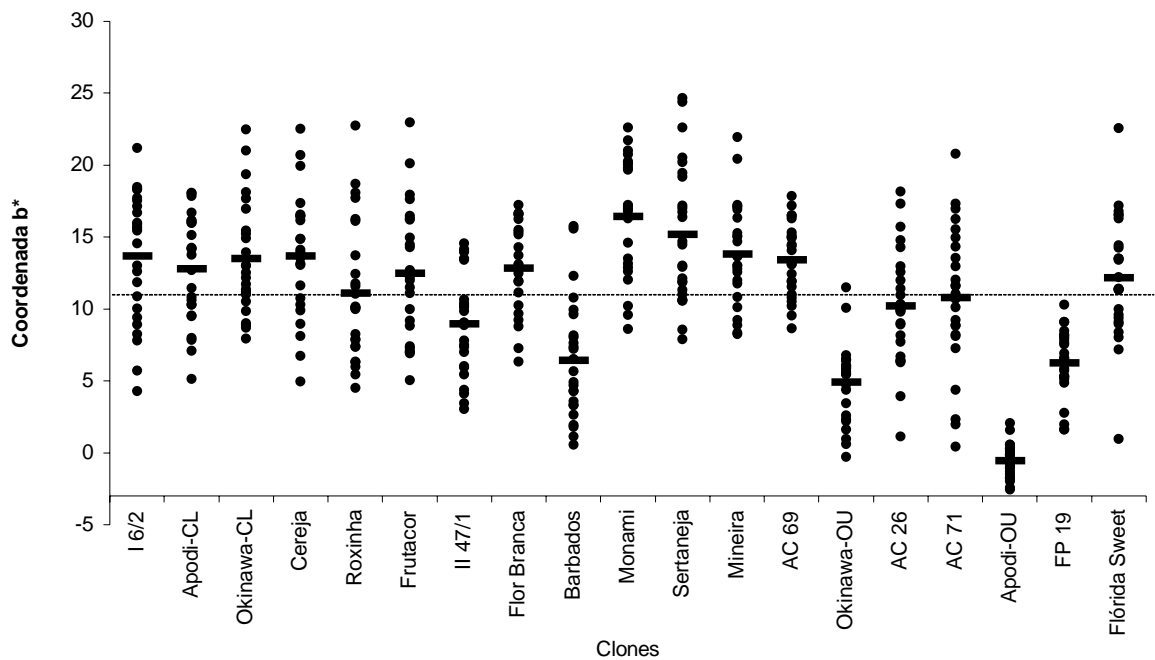
**Figura 10** - Coordenada a\* dos frutos de diferentes clones de aceroleira provenientes de Limoeiro do Norte, Pacajus e Ubajara – CE. (●) observações; (-) médias.

Na coordenada b\*, a amplitude foi entre  $-2,55$  e  $24,66$ , com média de  $10,95$ . Dos clones analisados, 13 encontravam-se acima da média, com destaque para o Monami ( $16,43$ ) (FIGURA 11). Nesta coordenada, a cor varia numa escala que vai do amarelo ao azul, estando os valores mais altos relacionados com o amarelo. Dentre todos os clones, o Apodi-OU foi o que apresentou a menor média, ou seja, menor intensidade da cor amarela.

A cor é um atributo de qualidade para frutos destinados ao processamento, havendo variações de acordo com a época de colheita e estágio de maturação. A determinação instrumental da cor pelo método L a\* b\*, analisa a cor do fruto ou da polpa, sendo interessante o estudo da variação desta e sua comparação com os pigmentos presentes nos frutos. A coloração vermelha forte é afetada pelo conteúdo total de antocianinas e sua distribuição, pela quantidade de cromoplastos que armazenam tais pigmentos pela formação de complexos antocianinas-metais e pelo pH (CHITARRA e CHITARRA, 2005).



Na indústria de sucos e polpas, a intensidade da cor é importante, pois será a primeira impressão dada ao consumidor. Segundo o IBRAF (1995) a indústria aceita frutos de acerola com coloração mais de 80% rosada, passando para o vermelho.



**Figura 11** - Coordenada b\* dos frutos de diferentes clones de aceroleira provenientes de Limoeiro do Norte, Pacajus e Ubajara – CE. (●) observações; (-) médias.



## 4.2 Características físico-químicas e químicas

Ocorreu uma variação entre os clones, para todas as características físico-químicas e químicas analisadas. O pH obteve o menor coeficiente de variação (0,83%), enquanto a atividade antioxidante, o maior (26,91%), conforme a Tabela 5.

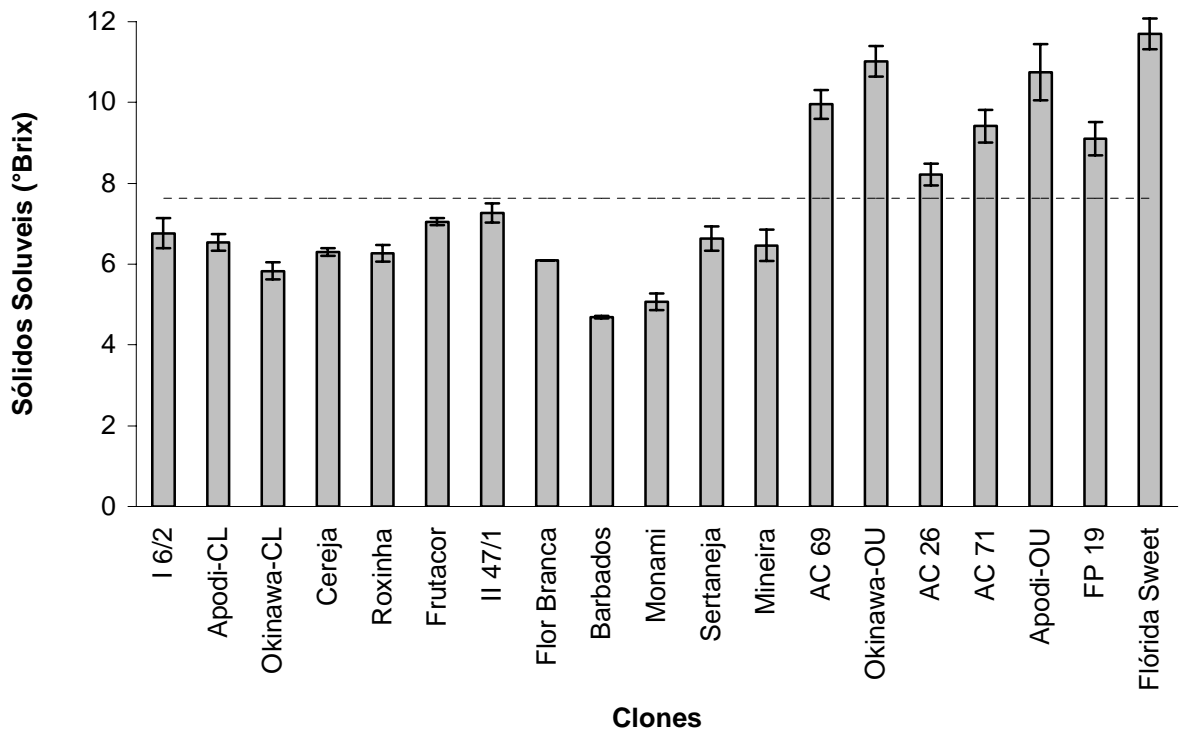
**Tabela 5** - Valores médios, amplitude e coeficiente de variação das características físico-químicas e químicas avaliadas nos frutos de aceroleira.

Cultivares	SS (°Brix)	pH	AT (%)	SS/AT	Vit. C (mg/100g)	Antoc. (mg/100g)	Flav. (mg/100g)	Carot. (mg/100g)	Polif. (mg/100g)	AAT (g fruta/g DPPH)	AçT (%)
I 6/2	6,77	3,16	2,37	2,86	1925,97	13,85	7,26	1,32	1358,64	556,67	1,79
Apodi-CL	6,53	3,20	1,56	4,23	1172,31	9,35	7,07	1,09	900,67	900,61	2,50
Okinawa-CL	5,83	3,08	1,75	3,33	1077,12	6,02	6,06	0,65	994,02	704,38	1,69
Cereja	6,30	3,10	1,84	3,44	1341,33	7,13	9,18	0,89	1594,90	743,81	2,07
Roxinha	6,27	3,13	1,47	4,25	760,67	8,13	8,35	0,94	667,80	1231,16	2,47
Frutacor	7,05	3,15	2,03	3,47	1396,80	3,49	7,19	2,64	1325,82	629,66	1,69
II 47/1	7,27	3,11	2,03	3,59	1483,02	15,25	9,58	0,74	1311,60	621,16	2,58
Flor branca	6,10	3,15	1,39	4,40	982,17	6,00	7,78	0,73	813,09	956,97	2,69
Barbados	4,68	3,12	1,03	4,54	350,45	13,62	8,85	0,53	560,59	2655,87	1,84
Monami	5,07	3,17	1,49	3,39	769,62	9,20	7,35	0,32	966,50	815,48	1,37
Sertaneja	6,63	3,10	1,89	3,51	1544,66	3,32	4,25	0,84	1035,24	813,01	1,89
Mineira	6,47	3,12	1,40	4,63	778,76	10,72	13,74	0,70	700,68	1051,26	2,52
AC 69	9,95	3,49	1,49	6,69	1834,95	1,46	3,68	0,32	1170,23	459,14	4,95
Okinawa-OU	11,02	3,21	2,16	5,10	2530,04	6,05	4,66	0,31	1803,11	325,21	4,43
AC 26	8,22	3,21	1,70	4,85	1709,33	3,87	6,96	2,05	1304,26	444,21	3,22
AC 71	9,42	3,37	1,55	6,10	1466,40	6,75	7,08	0,98	1259,91	487,42	4,12
Apodi-OU	10,75	3,27	2,07	5,20	2110,63	6,86	7,54	1,15	1390,52	412,72	3,79
FP 19	9,10	3,27	1,94	4,70	1916,98	7,04	6,45	0,95	1333,19	424,03	3,44
Flórida Sweet	11,70	3,68	1,01	11,64	830,72	21,55	9,30	0,44	687,96	1047,67	6,84
Máximo	12,10	3,70	2,39	11,73	2636,20	23,47	14,21	3,09	1895,12	3187,23	7,82
Mínimo	4,65	3,04	0,98	2,77	296,07	1,24	3,19	0,25	552,66	309,08	1,20
Média geral	7,64	3,22	1,69	4,73	1367,47	8,40	7,49	0,93	1114,67	804,23	2,94
IC <sub>95</sub> (±)	0,55	0,04	0,10	0,51	145,68	1,29	0,60	0,16	90,43	142,34	0,37
CV (%)	4,18	0,83	4,12	4,60	4,68	10,88	8,23	15,29	7,85	26,91	13,47

SS: sólidos solúveis; AT: acidez total; Vit.C: vitamina C; Antoc.: antocianinas totais; Flav.: flavonóides amarelos; Carot.: carotenóides totais; Polif.: polifenóis totais; AAT: atividade antioxidante total; AçT: açúcares totais.

#### 4.2.1 Sólidos solúveis

Os Sólidos solúveis apresentaram uma amplitude entre 4,65 e 12,10°Brix, com média de 7,64°Brix. O clone Barbados obteve a menor média (4,68°Brix) e o Flórida Sweet a maior (11,70°Brix) seguido pelo Okinawa-OU (11,02°Brix) (FIGURA 12).



**Figura 12** - Sólidos solúveis dos frutos de diferentes clones de aceroleira provenientes de Limoeiro do Norte, Pacajus e Ubajara – CE.

Os clones oriundos de Ubajara-CE apresentaram as maiores médias (8,22 a 11,02 °Brix). Todos os clones estavam dentro dos padrões exigidos pelo Instituto Brasileiro de Frutas – IBRAF (1995), que recomenda valores mínimos entre 7,0 e 7,5 °Brix para frutos de acerola.

Embora o sistema de cultivo orgânico pareça ter contribuído para a concentração dos sólidos solúveis, não foram encontrados relatos na literatura sobre tal comportamento. Alves (1996) comenta que a chuva ou o uso de irrigação excessiva, na maioria das vezes,

reduz o conteúdo de açúcares (°Brix), em decorrência da diluição do suco celular. Conforme Matsuura et al. (2001), em condições de baixa precipitação pluviométrica, ocorre a formação de frutos com menor teor de umidade e, conseqüentemente, maior concentração dos demais componentes, inclusive açúcares, ácidos orgânicos e ácido ascórbico.

Obteve-se uma média geral próxima da encontrada por vários autores. Moura et al. (2007), analisando frutos maduros de 45 clones de acerola (média geral de 7,59 °Brix); Brunini et al. (2004), analisando acerolas provenientes de várias regiões de cultivo (5,67 a 8,20 °Brix); Ritzinger, Soares Filho e Oliveira (2003) nas variedades Flor Branca, Inada, Número 1, Número 52/02 e Okinawa (6,0 a 8,0 °Brix); França e Narain (2003), estudando três matrizes de aceroleira em três safras, encontraram valores entre 6,1 e 6,5 °Brix, para frutos maduros de acerola; Carpentieri-Pípolo et al. (2002), analisando três novas cultivares de acerola, observaram médias de 7,2 a 9,2 °Brix.

O valor máximo aqui encontrado foi superior ao de Gonzaga Neto (1999) (10,5 °Brix), mas próximos aos de Matsuura et al., (2001), que variou de 6 a 11,6 °Brix e dentro da faixa encontrada por Aguiar (2001), que foi entre 3,76 e 14,10 °Brix. Conforme Aguiar (2001), a variação nos resultados demonstra a elevada amplitude dos sólidos solúveis em acerolas.

O baixo teor de sólidos solúveis sugere um potencial maior de conservação pós-colheita, uma vez que o excesso de açúcares pode estar associado a uma rápida deterioração, fermentação e redução da vida útil do fruto (BRUNINI et al., 2004). Por outro lado, teores elevados deste componente demonstram excelentes vantagens industriais, já que nessas condições, a indústria de suco e polpa reduz sensivelmente o custo do processamento desses produtos, dispensando a sua incorporação. Sendo assim, os clones mais indicados para esta finalidade são o Flórida Sweet, FP 19, Apodi-OU, AC 71, AC 26, Okinawa-OU e AC 69 por terem apresentado os maiores teores de sólidos solúveis, dentro das condições experimentais.

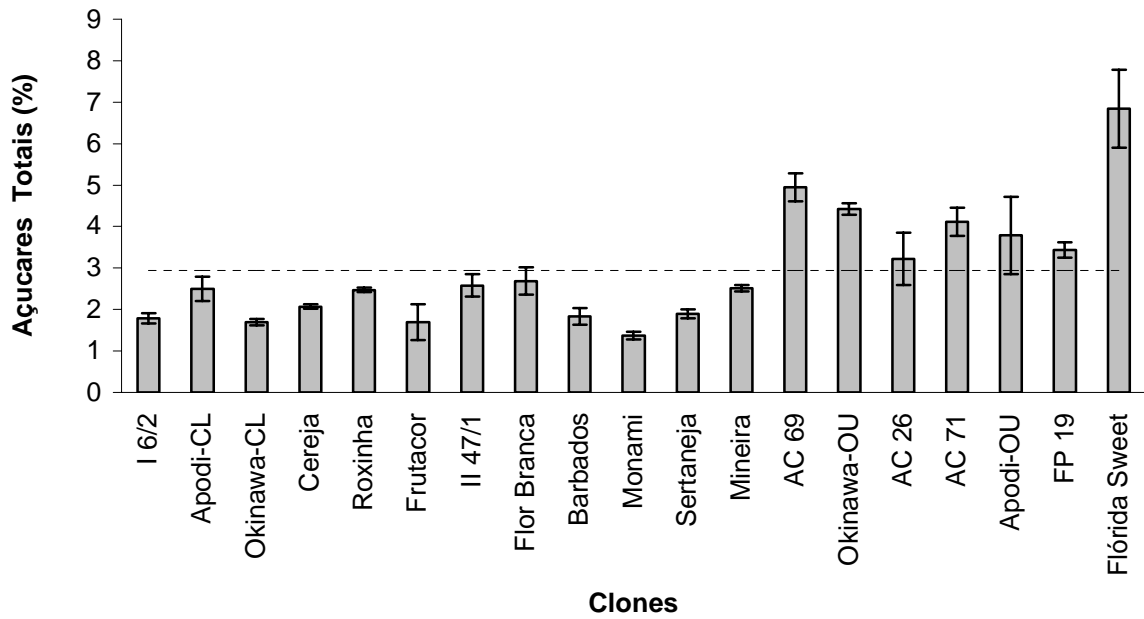
Os resultados encontrados por Cordeiro (2000), estimando parâmetros genéticos em acerolas, mostraram eficiência da seleção para esta característica. Eles ressaltam que, teores elevados de °Brix favorecem grandemente a palatabilidade do fruto, o que pode contribuir para a obtenção de variedades destinadas tanto para a mesa quanto para indústria.

#### 4.2.2 Açúcares solúveis totais

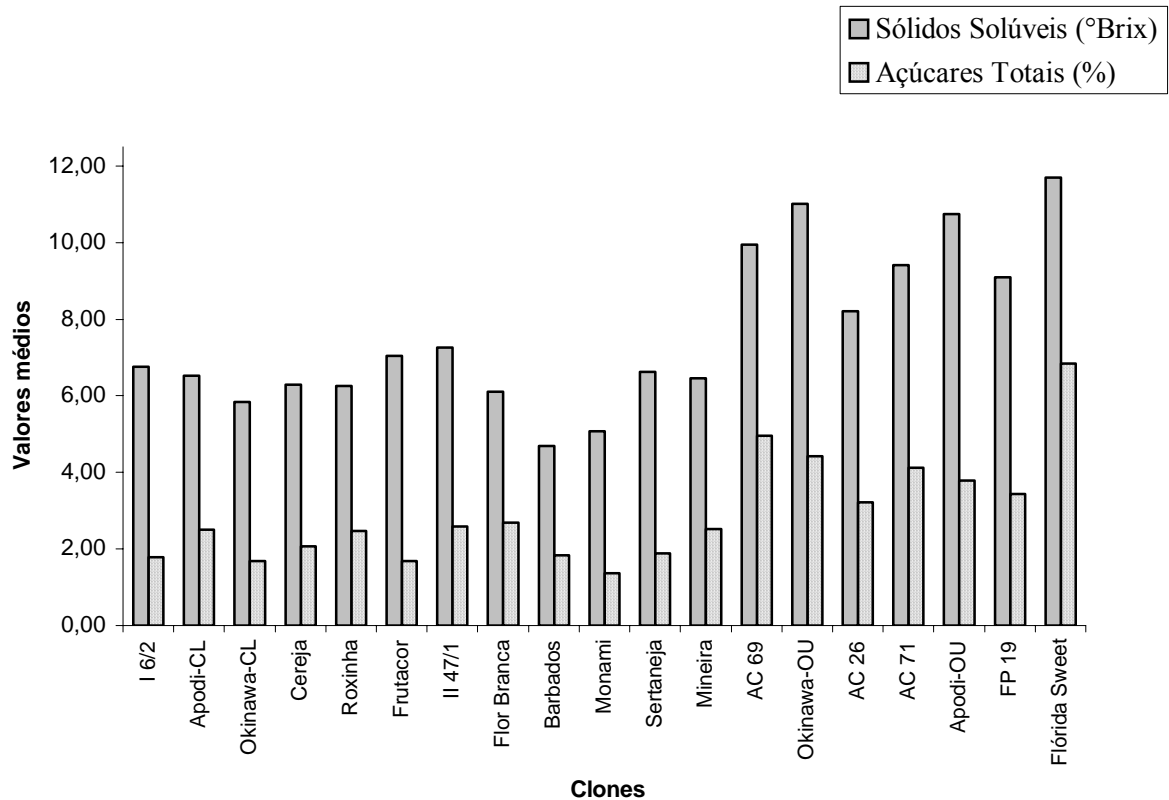
Foi obtida uma amplitude entre 1,20 (Monami) e 7,82% de açúcares solúveis totais (Flórida Sweet), com média geral de 2,94% de açúcares solúveis totais (FIGURA 13). Estes compostos parecem ter contribuído com o alto teor de sólidos solúveis, tanto no clone Flórida Sweet (cultivo convencional), quanto em todos os clones de cultivo orgânico (FIGURA 14). Conforme Chitarra e Chitarra (2005), existe de fato uma relação direta entre os sólidos solúveis e a concentração de açúcares solúveis totais. Segundo Hobson e Grierson (1993), Kluge et al. (2002) e Cocozza (2003), os açúcares constituem a maior parte dos sólidos solúveis encontrados em frutas, podendo ocorrer consideráveis variações no seu conteúdo, de acordo com a cultivar, tipo de solo, condições climáticas, entre outros fatores.

Vários autores reportam diferenciados teores para os açúcares totais. Alves (1993) encontrou variação de 3,88 a 5,05%. Oliveira et al. (2000), verificando o perfil químico de polpas de acerola, obtiveram valores entre 0,86 a 9,13%. Para frutos maduros, França e Narain (2003) determinaram teores variando de 4,19 a 4,61% quando caracterizaram três matrizes de acerola. Brunini et al. (2004), analisando acerolas provenientes de várias regiões de cultivo, encontraram teores entre 3,06 e 8,72%.

Do ponto de vista tecnológico (vinhos, sucos, geléias, doces em massa, etc.), as melhores matérias-primas são aquelas com maiores teores de açúcares (CHITARRA e CHITARRA, 2005).



**Figura 13** - Açúcares solúveis totais dos frutos de diferentes clones de aceroleira provenientes de Limoeiro do Norte, Pacajus e Ubajara – CE.

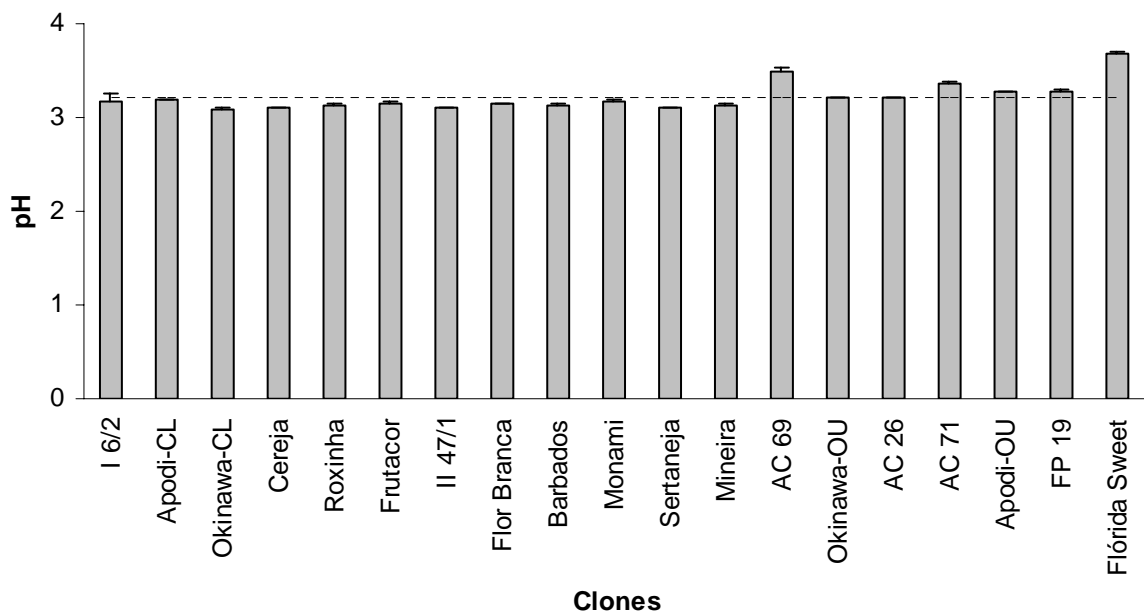


**Figura 14** - Sólidos solúveis e açúcares solúveis totais dos frutos de diferentes clones de aceroleira provenientes de Limoeiro do Norte, Pacajus e Ubajara – CE.

### 4.2.3 pH e acidez total

O pH apresentou amplitude entre 3,04 (Okinawa-CL) e 3,70 (Flórida Sweet), com média geral de 3,22. O AC 69 obteve a maior média (3,49) (FIGURA 15).

Resultados próximos foram encontrados por Moura et al. (2007), média de 3,59; Brunini et al. (2004), entre 2,39 e 4,00; Aguiar (2001), média de 3,35. Semensato e Pereira (2000), obtiveram média entre 2,03 e 3,15, para nove genótipos de aceroleira cultivados sob elevada altitude. Estudos realizados por França e Narain (2003) mostraram aumento nos valores de pH, durante a passagem do estágio de maturação “de vez” para o “maduro”, constituindo um indicativo da diminuição de acidez dos frutos à medida que ocorreu o amadurecimento. O pH obtido por Oliveira et al. (2000) ficou na faixa de 3,16 a 3,61, com média de 3,36, enquanto Musser et al. (2004), fazendo uma análise conjunta nas diferentes safras de colheita, encontraram variação média de 3,11 a 3,41. Conforme estes autores, o pH é um parâmetro que apresenta baixa variabilidade. Fato confirmado neste estudo, tendo em vista que, dentre as características físico-químicas analisadas, esta variável apresentou o menor coeficiente de variação (0,83%), conforme a Tabela 5.



**Figura 15** - Potencial hidrogeniônico dos frutos de diferentes clones de aceroleira provenientes de Limoeiro do Norte, Pacajus e Ubajara – CE.



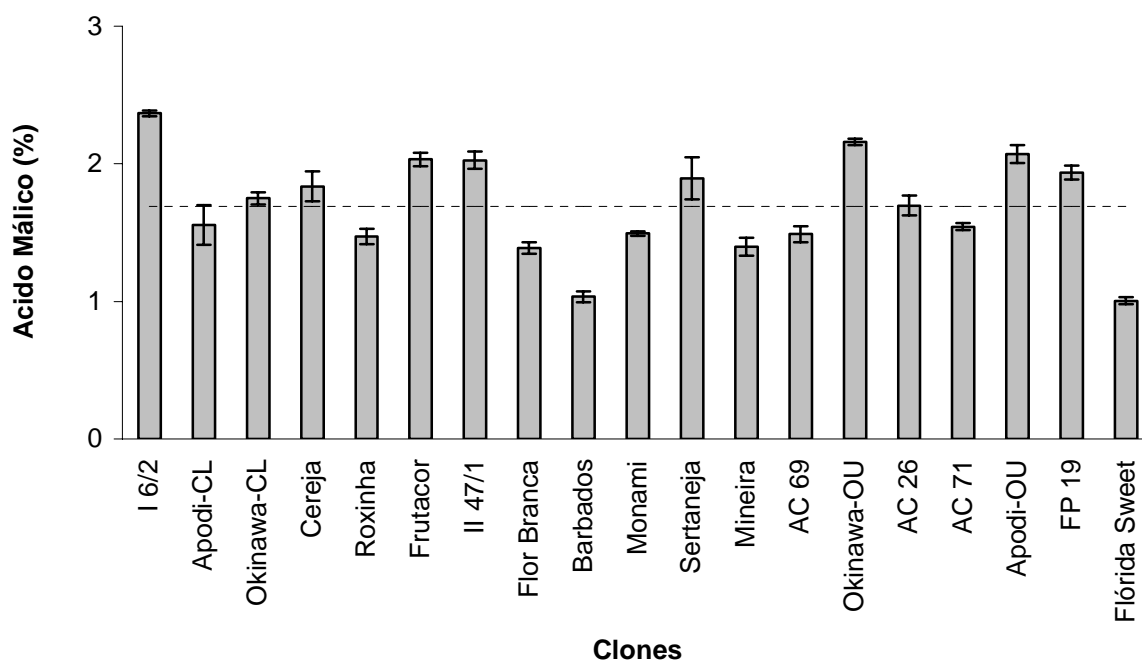
A acidez é um importante parâmetro de avaliação da qualidade de frutos, tendo em vista que reações bioquímicas tais como hidrólise, oxidação ou fermentação alteram a concentração de íons de hidrogênio, conseqüentemente influenciando nos teores de acidez (BRASIL, 2005b). Na Figura 16, pode-se observar a amplitude obtida para acidez total, entre 0,98 (Flórida Sweet) e 2,39% de ácido málico (I6/2), com média de 1,69% de ácido málico.

Resultados inferiores foram encontrados por Brunini et al. (2004) (0,504 a 1,112% de ácido málico) e por Aguiar (2001) (0,89 a 2,10% de ácido málico), analisando a acidez total em frutos maduros de acerola. A acidez obtida por Araújo (2005) para os clones Frutacor (1,22 % de ácido málico) e II 47/1 (1,92 % de ácido málico) também foram inferiores aos determinados no presente trabalho.

Musser et al. (2004) verificaram na safra do inverno, variação de 1,31 a 2,04% de ácido málico, enquanto que no verão, os frutos apresentaram valores menores, variando de 0,85 a 1,94% de ácido málico. Alves et al. (1995) fazem referência a uma variação de 0,87 a 1,26% de ácido málico nos teores de AT em acerolas armazenadas a 8°C.

A capacidade tampão de alguns sucos e/ou polpas permite que ocorram grandes variações na acidez titulável, sem variações apreciáveis no pH (CHITARRA e CHITARRA, 2005). Referindo-se ao suco de acerola, Ansejo (1980) afirma que a acidez varia proporcionalmente ao conteúdo de ácido ascórbico, embora não seja uma relação linear, o que indica a presença de outros ácidos. Sendo a acerola uma fruta ácida, com possibilidades de utilização industrial, não há necessidade de adição de ácidos no processamento (Semensato, 1997), proporcionando redução dos custos.

De um modo geral, os valores citados na literatura acima, foram semelhantes aos obtidos experimentalmente.



**Figura 16** - Acidez total dos frutos de diferentes clones de aceroleira provenientes de Limoeiro do Norte, Pacajus e Ubajara – CE.

#### 4.2.4 Relação SS/AT

A relação SS/AT avalia o grau de doçura de um fruto, sendo aqueles com maior relação, os mais doces. A amplitude obtida neste trabalho foi entre 2,86 (I 6/2) e 11,64 (Flórida Sweet), apresentando média geral de 4,73. Entre os seis clones de Ubajara-CE, o AC69 foi o que apresentou maior relação (6,69) (FIGURA 17).

O valor médio aqui encontrado foi inferior ao de Moura et al. (2007), analisando acerolas provenientes de 45 clones (7,67). Musser (2001), trabalhando com 12 acessos de aceroleira em Pernambuco, encontrou uma variação média de 4,36 a 6,85. O limite inferior encontrado por esta autora foi semelhante ao encontrado neste trabalho.

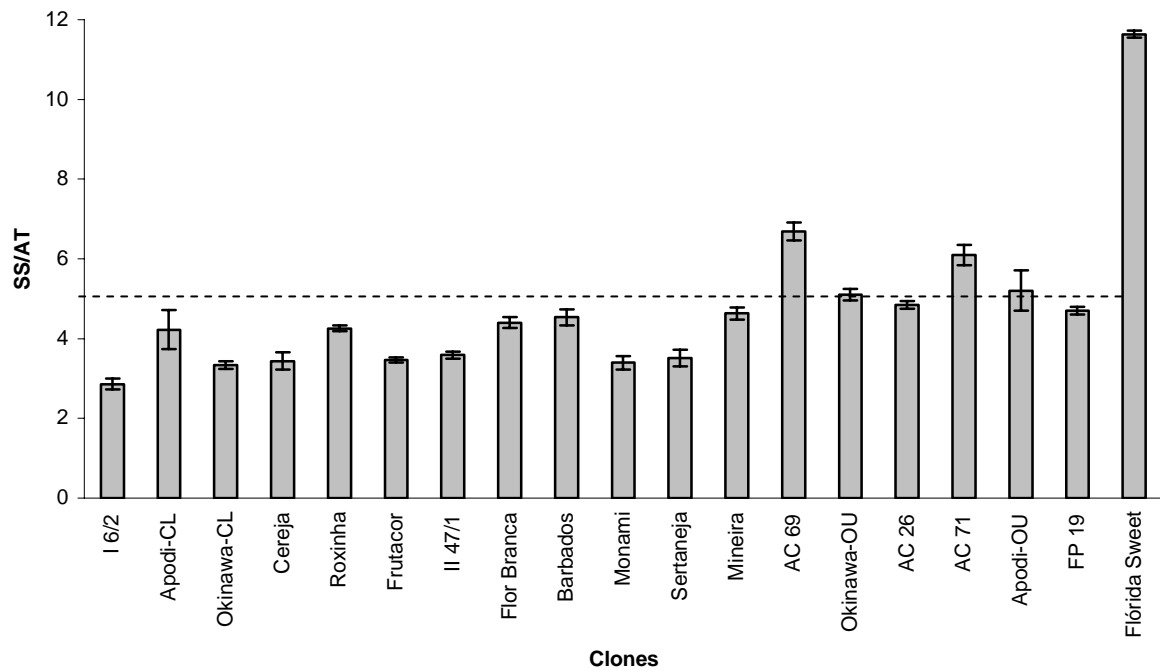
A literatura reporta valores diferenciados para a relação SS/AT em frutos de acerola. Matsuura et al. (2001), por exemplo, encontraram valores entre 4,24 e 11,59, enquanto o maior valor médio obtido por Aguiar (2001) foi 14,38. Araújo (2005) obteve médias entre 3,66 e 5,18, bem inferiores aos resultados aqui encontrados. Outros valores

foram encontrados por França e Narain (2003), variando de 4,73 a 9,42 para os frutos maduros. Araújo et al. (2004b) determinaram 3,81 e 5,18 em frutos colhidos nas estações chuvosa e seca, respectivamente. Quanto aos caracteres tecnológicos, Gomes et al. (2000b) verificaram um comportamento diferenciado para cada época, especialmente para a relação SS/AT. Musser et al. (2005) observaram diferença significativa para SS/AT entre as safras e entre os genótipos analisados.

É importante salientar que as variações ocorridas na relação SS/AT nos clones estudados não estão relacionadas ao grau de maturação, uma vez que todos os frutos foram colhidos no mesmo estágio de desenvolvimento (maduro), mas sim, em função da heterogeneidade dos próprios clones.

Esta relação propicia uma boa avaliação do sabor dos frutos, sendo mais representativa do que a medição isolada de açúcares e de acidez (PINTO et al., 2003). A relação SS/AT é uma das melhores formas de avaliação do sabor dos frutos, a qual é devido, em grande parte, ao balanço de ácidos e açúcares (GONÇALVES et al., 1998; CHITARRA e CHITARRA, 2005).

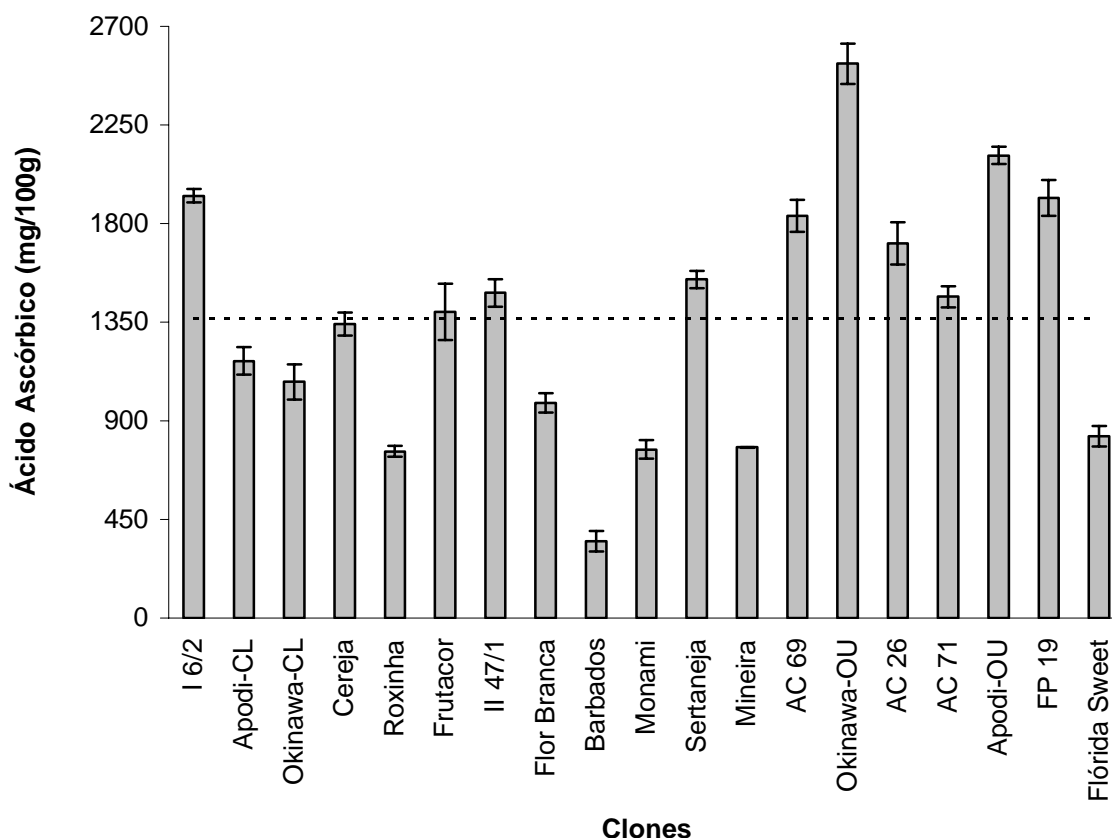
Para o mercado consumidor de frutas frescas e/ou processadas, a relação SS/AT elevada é desejável. Neste contexto, destaca-se o Flórida Sweet, que apresentou um valor de 11,64.



**Figura 17** - Relação SS/AT dos frutos de diferentes clones de aceroleira provenientes de Limoeiro do Norte, Pacajus e Ubajara – CE.

#### 4.2.5 Ácido ascórbico

Como pode ser visto na Figura 18, a amplitude para o teor de ácido ascórbico foi entre 350,45mg/100g de polpa (Barbados) e 2.530,04mg/100g de polpa (Okinawa-OU), com média geral de 1.367,47mg/100g de polpa. Dos 13 clones provenientes de cultivo convencional, cinco apresentaram teor de ácido ascórbico acima de 1.200mg/100g de polpa. Embora, o Flórida Sweet tenha se destacado nas características anteriores, ficou abaixo do mínimo exigido pelo IBRAF (1995) (1.200mg/100g de polpa), com 830,72mg/100g de polpa. Com exceção do clone I6/2 (cultivo convencional) que apresentou valor de 1.925,97mg/100g de polpa, os clones de cultivo orgânico apresentaram os maiores teores desta vitamina (1.466,40 a 2.530,04mg /100g de polpa).



**Figura 18** - Ácido ascórbico dos frutos de diferentes clones de aceroleira provenientes de Limoeiro do Norte, Pacajus e Ubajara – CE.

Os valores encontrados neste trabalho foram superiores aos de Moura et al. (2007), analisando frutos de 45 clones (500,90 a 1.854,92 mg/100g de polpa). E semelhantes ao dos seguintes autores: Paiva et al. (1998), trabalhando com a geração filial desses materiais (2.494 mg/100g de polpa); Musser et al. (2004), analisando 12 genótipos de aceroleira, em frutos maduros de safras distintas (824 e 2.293 mg/100g); Aguiar (2001) encontrou amplitude entre 843,03 e 2.322 mg/100g. Pimentel et al. (2001), obtiveram média de 1.437,78 mg/100g de polpa, em acerolas oriundas do Município de Caucaia, região metropolitana de Fortaleza-CE; Gomes et al. (2000b), estudando o desenvolvimento desta fruta da fecundação à maturação em três épocas, encontraram valores máximos de 2.653,07mg/100g nos frutos maduros e Cordeiro (2000) verificou uma frequência de 23% de progênies com teor médio de ácido ascórbico acima de 1.500mg/100g de polpa, cujo valor máximo obtido foi de 2.718 mg/100g.

Valores inferiores ao deste trabalho foram encontrados por Brunini et al. (2004) (243,48 a 818,17mg/100g); Nogueira (1991) (1.398,43 a 1.607,00mg/100g); Semensato

(1997) (823 a 1.503mg/100g); Soares Filho (2003) (1.500 mg/100g) e Carpentieri-Pipolo et al. (2002) (1.098 a 1.458 mg/100g).

O baixo teor de vitamina C observado para alguns clones pode ser explicado por Carvalho e Manica (1993), que relata que durante a maturação das acerolas o teor de vitamina C diminui, pois neste estudo foram utilizadas acerolas maduras. E, conforme Nakazone et al. (1968), a variação encontrada nos teores de ácido ascórbico pode ser justificada em função da cultivar, manuseio, clima, solo, entre outros fatores.

Musser et al. (2004), fazendo uma análise conjunta das safras estudadas (média das safras), observaram variações nos teores de ácido ascórbico entre os genótipos. Os frutos colhidos em agosto/setembro (inverno/1999), meses de menor pluviosidade, apresentaram a maior amplitude de variação e os maiores níveis de ácido ascórbico, sem contudo, haver diferença estatística significativa ( $P>0,05$ ) entre os genótipos. Estudos realizados por França e Narain (2003) mostraram que as safras não exerceram influência igual para as matrizes, indicando os menores teores no verão.

Conforme Cordeiro (2000), o teor de vitamina C tem sido utilizado como parâmetro para comercialização da acerola, sendo imprescindível o surgimento de variedades que atendam esta nova demanda do mercado. Verifica-se que o melhoramento genético é uma alternativa viável para obtenção de variedades com elevado teor de vitamina C. No Estado do Ceará, uma empresa multinacional implantou em cerca de 300ha, acerolas com sistema de cultivo orgânico, visando o processamento e a extração de vitamina C, para atender o mercado de produtos naturais no exterior. Entre elas, encontram-se as seis cultivares orgânicas analisadas no presente trabalho. As quais demonstraram os mais elevados teores de ácido ascórbico, quando comparadas às de cultivo convencional.

De acordo com a Legislação Brasileira (BRASIL, 2005a), a Ingestão Diária Recomendada (IDR) de vitamina C para um adulto é de 45mg. Sendo assim, todos os clones estudados podem ser considerados excelentes fontes de vitamina C, sendo indicados tanto para o consumo *in natura*, como também, para a industrialização, pela elevada quantidade desse nutriente, importantíssimo para o bom desempenho das funções vitais do organismo humano.

#### 4.2.6 Antocianinas totais

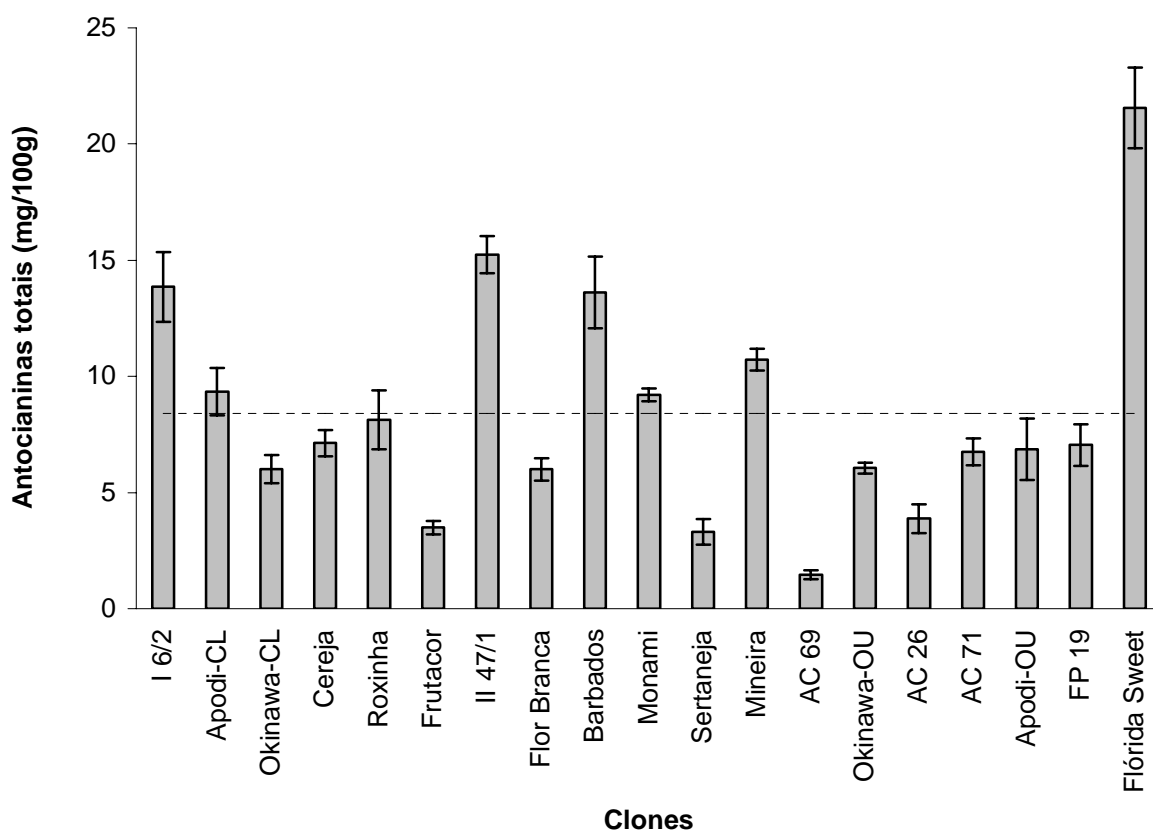
Obteve-se amplitude entre 1,24 (AC 69) a 23,47mg de antocianinas/100g de polpa (Flórida Sweet), cuja média foi de 8,40mg/100g. Dos 19 clones, destacaram-se os clones: I6/2, Apodi-CL, II 47/1, Barbados, Monami, Mineira e Flórida Sweet, com valores acima da média para antocianinas (FIGURA 19).

Araújo et al. (2007) verificaram durante o armazenamento da polpa de acerola congelada, a manutenção das antocianinas por 360 dias, para o clone II 47/1. Aqui, este clone apresentou o segundo maior teor de antocianinas (15,25 mg/100g). Moura et al. (2007) determinaram 28,47mg/100g para o clone I 6/2, enquanto que na atual pesquisa obteve-se teor inferior, cuja média foi de 13,85 mg/100g.

Musser (2001) verificou uma amplitude superior à encontrada neste trabalho, cujos valores ficaram entre 3,81 e 47,36mg/100g de polpa. Já estudos realizados por Souza et al. (2004), encontraram variação de 4,84 a 13,80mg/100g de polpa. Musser et al. (2004), caracterizando frutos maduros de acerola em diferentes safras, encontraram maior amplitude naquelas colhidas no inverno/1999 e verão/2000, com valores na faixa de 4,1 a 55,8mg/100g de polpa, enquanto que na safra verão/2001 esta amplitude foi menor (2,4 a 39,9mg/100g). Araújo et al. (2004b) determinaram valores próximos aos encontrados, de 3,62 e 8,69mg/100g em frutos colhidos no período de chuva e seca, respectivamente. Kuskoski et al. (2006) verificaram teor de 16,0mg/100g de polpa congelada de acerola. Paiva et al. (1999) também encontraram uma grande variação no teor de antocianinas em acerolas (1,97 a 46,44mg/100g) instaladas no Campo Experimental de Pacajus-CE. Moura et al. (2007) determinaram teores abaixo de 5,0 mg/100g para 15 dos 45 materiais analisados.

A diversidade de dados encontrada na literatura representa o que se encontra no mercado atual, ou seja, desde acerolas amarelas, até extremamente vermelha. As antocianinas são pigmentos responsáveis pela coloração vermelha da acerola, daí a importância de mensurá-las, já que o interesse comercial também leva em consideração a aparência, pois uma polpa de coloração amarelada não será tão aceita pelos consumidores. No entanto, segundo Lima (2000) e Araújo (2005), as características físico-químicas de frutos podem ser influenciadas por diversos fatores, a exemplo do grau de maturação, variedade, condições

climáticas e edáficas, exposição ao sol, localização da fruta na planta, manuseio pós-colheita, tratos culturais e à própria cultivar. O coeficiente de variação obtido (10,88%) mostrou certa variabilidade entre os clones para esse componente.



**Figura 19** - Antocianinas totais dos frutos de diferentes clones de aceroleira provenientes de Limoeiro do Norte, Pacajus e Ubajara – CE.

#### 4.2.7 Flavonóides amarelos

Esta variável mostrou amplitude entre 3,19 e 14,24mg/100g, com média de 7,49mg/100g. O clone AC 69 apresentou a menor média (3,68mg/100g), enquanto o Mineira a maior (13,74mg/100g), como pode ser visto na Figura 20. Dentre os clones analisados, oito encontravam-se acima da média. No entanto, 11 clones mostraram teores mais elevados para os flavonóides do que para antocianinas. Estes pigmentos são responsáveis pela cor branca ou

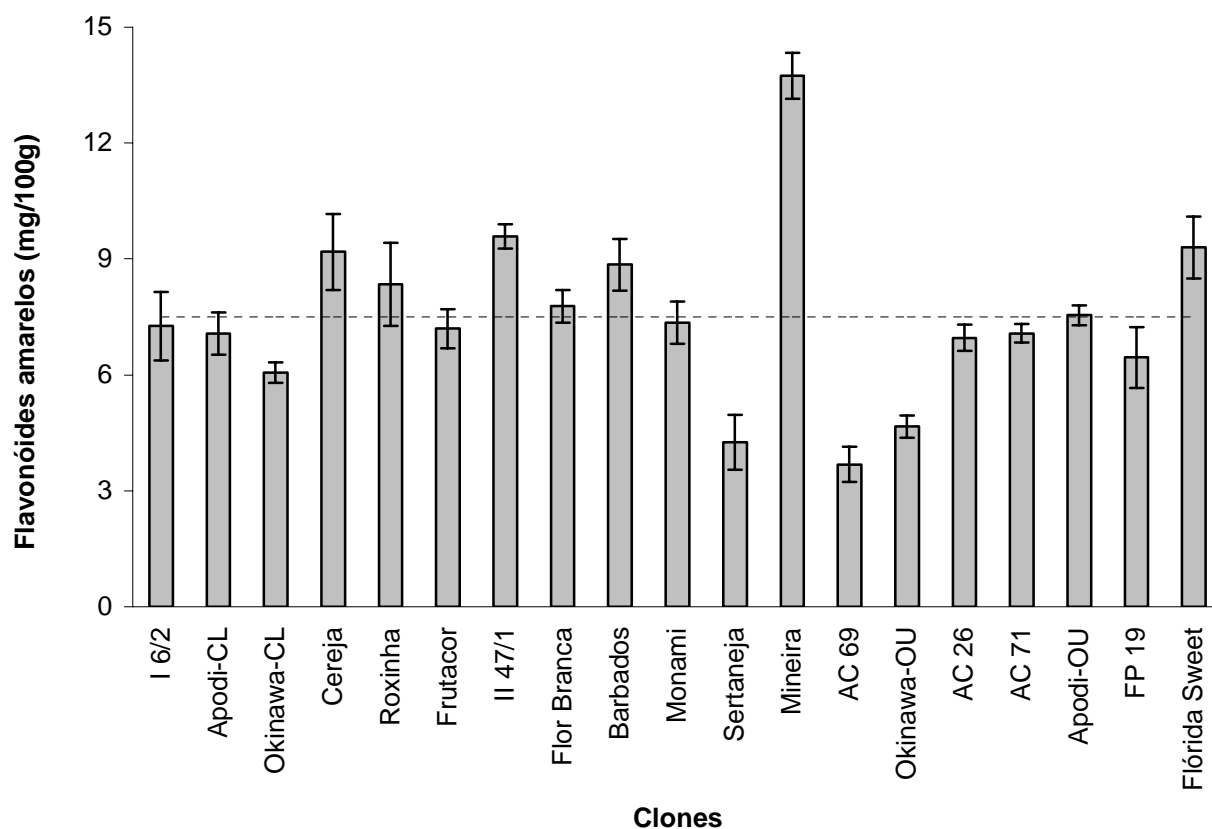


amarela clara e acompanham as antocianinas em frutos, provavelmente porque apresentam rotas de biossíntese semelhantes, sendo importantes por atuarem na co-pigmentação das antocianinas (HARBONE, 1967). Tais compostos podem predominar naqueles frutos onde o teor de antocianinas possuir menor intensidade, como sugere os resultados obtidos nesta pesquisa.

Lima et al. (2000), trabalhando com acerola, verificaram teores de flavonóis amarelos entre 9,31 e 20,22mg de quercetina/ 100g. Musser et al. (2004), analisando acerolas maduras em safras distintas, verificaram que os teores deste fitoquímico diferiram estatisticamente entre os genótipos. Os valores encontrados para os flavonóis totais situaram-se na faixa de 5,9 a 22,2mg de quercetina/100g de polpa. Os resultados demonstraram teores diferenciados conforme a safra e época de colheita. Em geral, esses autores observaram maior concentração desse fitoquímico na safra inverno/1999 (6,9 a 22,2mg/100g).

Vendramini e Trugo (2000), analisando acerolas provenientes do Rio Grande do Norte, encontraram teores de flavonóides de 11,02, para o clone Flor Branca, e 8,82mg/100g, para o Okinawa. Neste trabalho, os mesmos clones apresentaram teores de flavonóides inferiores ao desses autores. A variação encontrada para estes compostos vem confirmar, a influência significativa das condições ambientais sobre as características físico-químicas desses frutos.

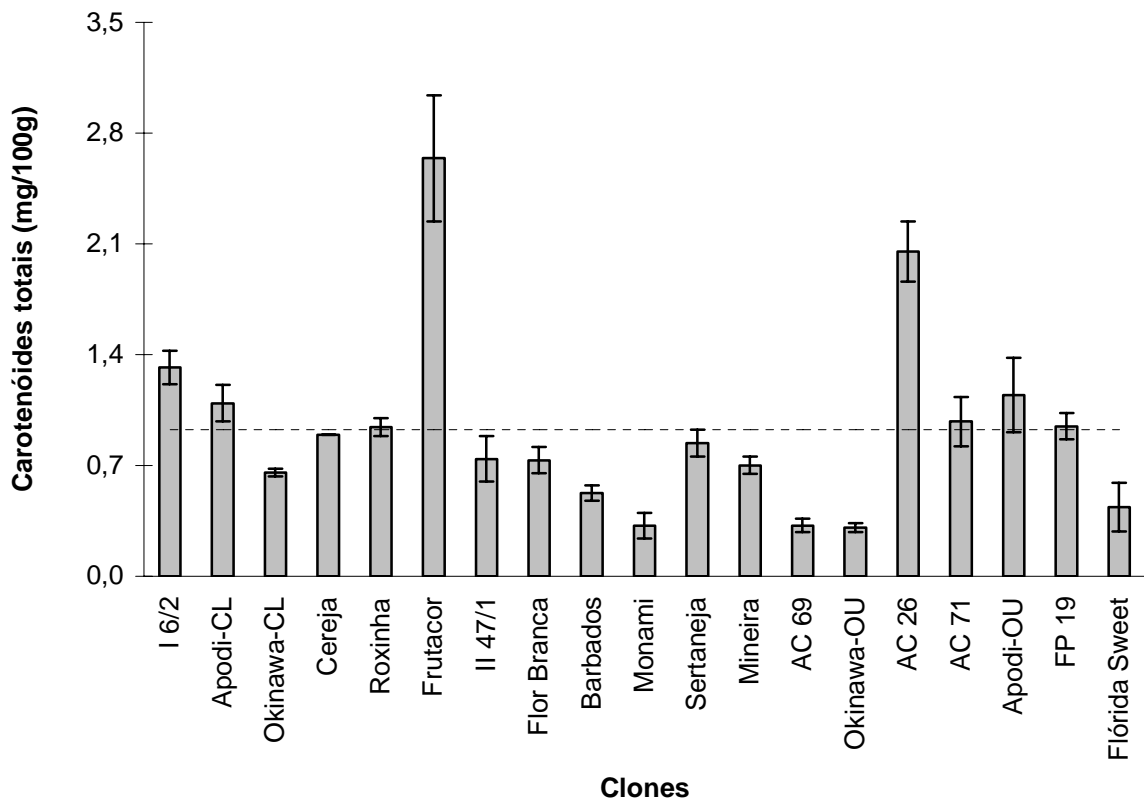
Soares et al. (2005), ao estudarem a avaliação de compostos com atividade antioxidante em células de levedura, afirmaram que os flavonóides contribuem significativamente no potencial antioxidante da dieta, reforçando a sua importância como antioxidantes, tanto em dietas normais quanto em terapias suplementadas com antioxidantes.



**Figura 20** - Flavonóides amarelos dos frutos de diferentes clones de aceroleira provenientes de Limoeiro do Norte, Pacajus e Ubajara – CE.

#### 4.2.8 Carotenóides totais

Na Figura 21 pode ser verificada a amplitude entre 0,31 (Okinawa-OU) e 2,64 (Frutacor), com média de 0,93mg/100g. Sete clones mostraram teores de carotenóides acima da média geral, destacando-se o AC 26 (2,05mg/100g). Embora possuam diferentes sistemas de cultivo (convencional e orgânico), e estejam implantados em regiões também distintas (Limoeiro do Norte-CE e Ubajara-CE), os clones Apodi-CL, Apodi-OU, Okinawa-CL e Okinawa-OU demonstraram médias próximas.



**Figura 21** - Carotenóides totais dos frutos de diferentes clones de aceroleira provenientes de Limoeiro do Norte, Pacajus e Ubajara – CE.

Cavalcante (1991) encontrou médias de 21,5; 25,8 e 4,0 $\mu$ g/g de  $\beta$ -caroteno, em frutos maduros oriundos do Ceará, Pernambuco e São Paulo, respectivamente. Aguiar (2001) obteve média geral de 3,54 $\mu$ g/g para o teor de  $\beta$ -caroteno, em acerolas maduras provenientes de melhoramento genético. Moura et al. (2002) encontraram teor de  $\beta$ -caroteno de 0,34 a 8,41 $\mu$ g/g, em frutos maduros, provenientes de 45 clones de aceroleiras.

Agostini-Costa et al. (2003) analisando o efeito do congelamento sobre a polpa de acerola, obteve na polpa recém processada não congelada (controle), teor de 7,1 $\mu$ g de  $\beta$ -caroteno/g de polpa. Para estes autores, as variações dos carotenóides podem estar associadas a fatores como safras, localidades e variedades, uma vez que no experimento foram utilizados frutos recebidos por uma indústria de processamento, não havendo uma amostra homogênea do material, quanto às condições de cultivo.

Araújo et al. (2007), avaliando alterações de  $\beta$ -caroteno, ácido ascórbico e antocianinas totais na polpa de clones de aceroleira conservadas por congelamento, encontraram 5,34 $\mu$ g/g, para o clone Frutacor, e 1,48 $\mu$ g/g, para o II 47/1. Moura et al. (2007), estudando os clones Apodi, Roxinha, Cereja, Sertaneja, I6/2, Flórida Sweet, II 47/1, Frutacor, Flor Branca, Monami, Okinawa, Mineira e Barbados, entre outros, verificaram que o Frutacor obteve a maior concentração de  $\beta$ -caroteno (8,41 $\mu$ g/g). O mesmo comportamento foi constatado neste trabalho, onde para o referido clone, que apresentou o maior teor de carotenóides totais, como foi comentado anteriormente.

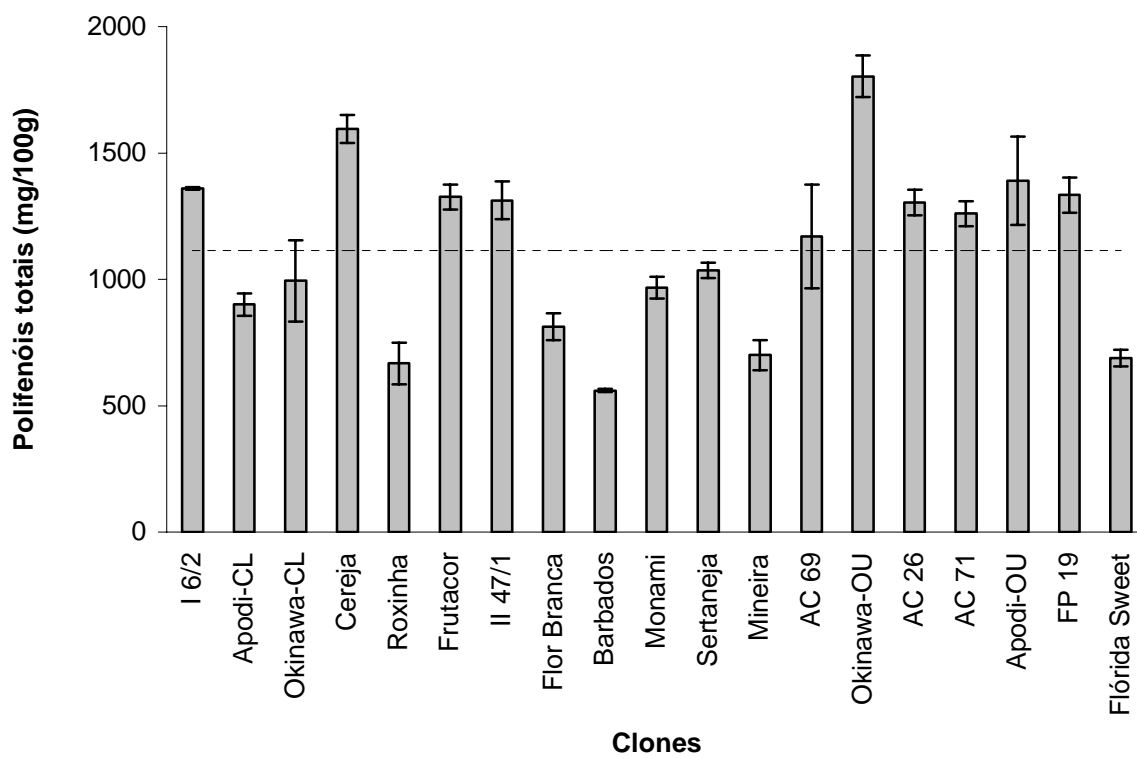
A composição de carotenóides em vegetais é afetada por diversos fatores, como variedade, parte consumida do vegetal, grau de maturação, clima, tipo de solo, condições de cultivo e área geográfica de produção, condições de colheita, processamento e armazenamento, como comentam os autores Campos e Rosado (2005).

Sabe-se que os carotenos possuem coloração amarela. Na acerola, o elevado teor de antocianinas totais pode mascarar esses carotenóides (FREITAS et al., 2006), assim, observou-se que nos clones com maior concentração de antocianinas, os carotenóides totais estavam em menor proporção. Alguns desses pigmentos são precursores de vitamina A e são fitoquímicos ativos à diminuição do risco de doenças degenerativas, como câncer, doenças cardiovasculares, degeneração macular e catarata (RODRIGUEZ-AMAYA, 2005).

Conforme dados encontrados na literatura (FREITAS et al., 2006), sobre a composição de carotenóides totais em frutos de acerola, uma porção de 100g da fruta *in natura*, poderá fornecer cerca de 28,76% da Ingestão Diária Recomendada - IDR de vitamina A para um adulto.

#### **4.2.9 Polifenóis extraíveis totais**

Obteve-se amplitude entre 552,66 e 1.895,12, com média geral de 1.114,67mg de ácido gálico/100g de polpa. Os clones provenientes de cultivo orgânico mostraram as maiores médias, com destaque para o Okinawa-OU (1.803,11mg/100g), que apresentou a maior média (FIGURA 22).



**Figura 22** - Polifenóis extraíveis totais dos frutos de diferentes clones de aceroleira provenientes de Limoeiro do Norte, Pacajus e Ubajara – CE.

Apesar do clone Barbados ter apresentado o menor teor de polifenóis totais (560,59mg/100g) entre os 19 clones analisados, o resultado foi próximo ao encontrado por Kuskoski et al. (2006), analisando polpa de acerola (580,1mg100g<sup>-1</sup>). Estes autores concluíram que a polpa de acerola possui elevado potencial antioxidante, atribuída em grande parte à estes compostos.

Os clones Apodi-OU (1.390,52mg/100g) e Okinawa-OU (1.803,11mg/100g), apresentaram teores consideravelmente mais elevados, quando comparados com o Apodi-CL (900,67mg/100g) e Okinawa-CL (994,02mg/100g).

Resultados inferiores ao deste trabalho foram determinados por Soares et al. (2001), analisando polpa de acerola, em que identificaram teor de polifenóis totais ao redor de 650mg/100g.

Conforme Hassimotto et al. (2005), o elevado teor de compostos fenólicos encontrados na polpa de acerola, tem significativa contribuição do teor de ácido ascórbico, que quando em concentração elevada, reage positivamente com o Folin-Ciocalteu.

#### **4.2.10 Atividade antioxidante total**

Conforme a metodologia aplicada, o resultado final corresponde à amostra necessária para reduzir em 50% a concentração inicial do radical DPPH ( $EC_{50}$ ), sendo expressos em grama de fruta/grama de DPPH. Deste modo, uma elevada atividade antioxidante significa dizer, uma menor proporção de amostra, ou seja, é uma relação inversamente proporcional.

Houve uma amplitude entre 309,08 e 3.187,23g fruta/g DPPH, com média de 804,23g fruta/g DPPH. Os valores mais baixos foram obtidos pelos clones orgânicos, com destaque para o Okinawa-OU que apresentou o menor valor (325,21g fruta/g DPPH). Seguido pelo clone I6/2 de cultivo convencional (556,67g fruta/g DPPH), como pode ser visto na Figura 23. Portanto, esses foram os clones que apresentaram as maiores atividades antioxidante total.

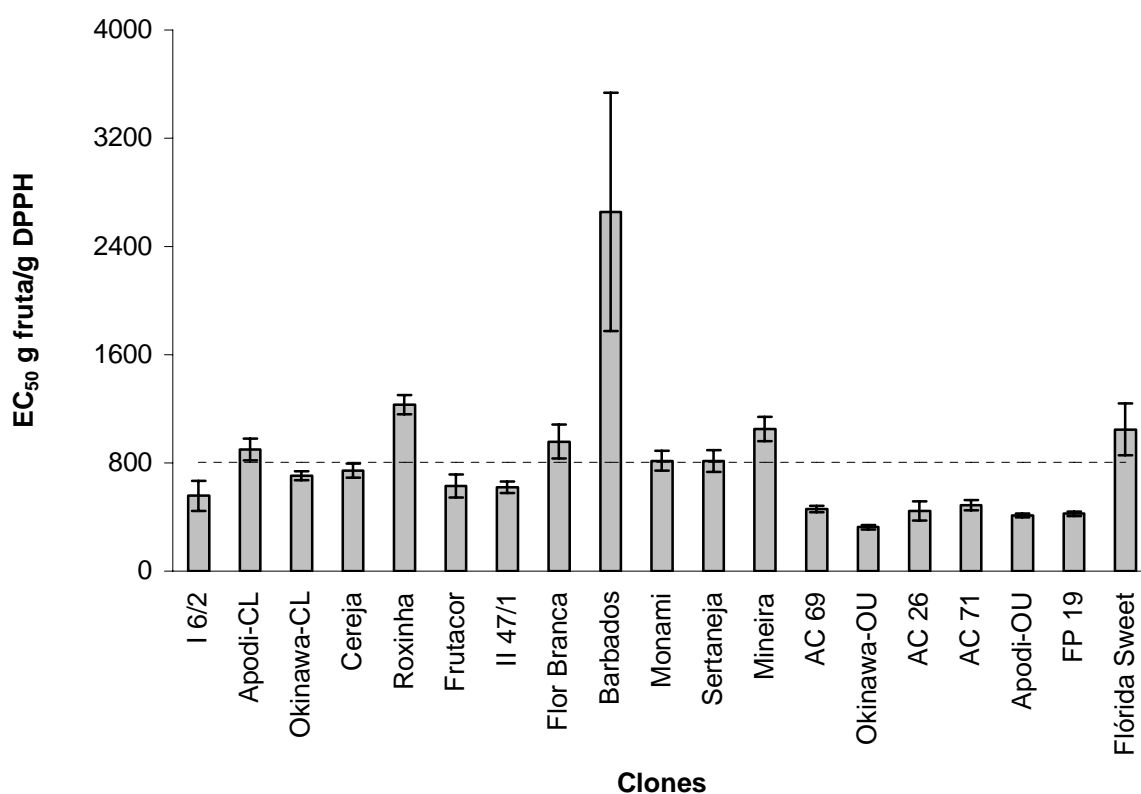
O clone Barbados obteve a menor atividade antioxidante total, mostrando a maior quantidade de amostra necessária para reduzir em 50% a concentração inicial do radical DPPH ( $EC_{50}$ ) (2.655,87g fruta/g DPPH).

Comparando os clones Apodi e Okinawa, nas duas regiões de cultivo (Limoeiro do Norte-CE e Ubajara-CE), foi observada a maior atividade antioxidante daqueles provenientes de Ubajara-CE, com atividade antioxidante consideravelmente mais elevada (54,2% e 53,8%, respectivamente) que os cultivados em Limoeiro do Norte-CE.

Sampaio (2006), estudando a atividade antioxidante dos clones Apodi, Cereja, Frutacor, Sertaneja, II 47/1 e Roxinha, cultivados em Limoeiro do Norte-CE, verificou que o clone II 47/1 foi o que apresentou a maior atividade antioxidante entre eles ( $EC_{50}$

553,22mg/100g). Os resultados obtidos no presente estudo para os mesmos clones, mostraram-se semelhantes, como pode ser visto na Figura 20, onde estes apresentaram uma boa atividade antioxidante quando comparado aos demais provenientes da mesma região de cultivo.

Na literatura, vários autores têm relacionado os compostos polifenólicos com a capacidade antioxidante total (KUSKOSKI et al., 2005; MELO et al., 2007), revelando uma maior atividade antioxidante em amostras com alto teor de compostos fenólicos totais. A atividade desses compostos tem sido atribuída às suas propriedades de óxido-redução, que desempenham importante papel na absorção ou neutralização de radicais livres (BASILE et al., 2005). Comportamento semelhante foi demonstrado no presente estudo, uma vez que os clones com maior atividade antioxidante, continham os maiores teores de polifenóis totais.



**Figura 23** - Atividade antioxidante total de frutos de diferentes clones de aceroleira provenientes de Limoeiro do Norte, Pacajus e Ubajara – CE. EC<sub>50</sub>: Amostra necessária para reduzir em 50% a concentração inicial do radical DPPH.

Conforme Kuskoski et al. (2005), a capacidade antioxidante de uma amostra não é dada por compostos isolados, mas dependem do ambiente em que se encontra o composto e da interação entre eles, uma vez que os compostos interagem entre si, podendo produzir efeitos sinérgicos ou inibitórios. Estes autores, ao analisar polpa congelada de acerola, obtiveram 959,1mg/100g (VCEAC - atividade antioxidante equivalente em vitamina C) aos 30 minutos de reação, usando o método de seqüestro do radical DPPH. É importante salientar, que os resultados mostrados na presente pesquisa, foram obtidos com 10 minutos de reação. Kuskoski et al. (2006) encontraram para polpa de acerola, atividade antioxidante de 53,2 $\mu$ mol g<sup>-1</sup> (TEAC – atividade antioxidante equivalente ao Trolox), expresso em matéria-fresca.

Duarte-Almeida et al. (2006), verificaram que os frutos *in natura* de acerola, tinham a maior capacidade de seqüestro de radicais livres. Estes autores comentam, que esta capacidade deve-se, em grande parte, ao alto teor de ácido ascórbico presente na fruta, comprovando a capacidade antioxidante de ácido ascórbico.

#### **4.3 Coeficiente de repetibilidade, variância residual e variância genética**

O coeficiente de repetibilidade expressa a correlação entre medidas repetidas no tempo ou no espaço, em um mesmo indivíduo (CRUZ e REGAZZI, 1997).

Com as estimativas de componentes da variância, residual e genética, por exemplo, é possível compreender como cada caráter responde às condições ambientais, bem como estimar quanto se deve a fatores genéticos. A participação porcentual de cada componente, na variação total de um caráter, possibilita a interpretação objetiva do que deve ser considerado na escolha do material promissor.

No entanto, quando a repetibilidade é baixa, faz-se necessário um número maior de repetições 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, especialmente no melhoramento genético, mas com dispêndio mínimo de tempo e mão-de-obra (LOPES et al., 2001).



### 4.3.1 Características físicas

Na Tabela 6, encontram-se as estimativas da variância residual, variância genética, coeficiente de repetibilidade e o coeficiente de determinação para as características físicas dos frutos de acerola.

Os coeficientes de repetibilidade obtidos podem ser classificados de moderados (50,49) a altos (80,81). A firmeza apresentou o mais elevado (80,81), seguido pela coordenada a\* (70,26), comprimento (66,92), diâmetro (62,69) e peso (61,75). Além de ter apresentado o maior coeficiente de repetibilidade, a firmeza destacou-se por ter mostrado a maior uniformidade de todos os parâmetros estudados, sendo demonstrado pela baixa variabilidade residual, variabilidade genética e pelo elevado coeficiente de determinação (96,06%).

**TABELA 6 - Estimativas da variância residual, variância genética, coeficiente de repetibilidade e coeficiente de determinação para as características físicas dos frutos de aceroleira. (n=25)**

Parâmetros	Variância Residual (dentro de plantas)	Variância Genética (entre de plantas)	Coeficiente de Repetibilidade	Coeficiente de Determinação
Luminosidade	10,18	9,69	50,49	96,23
Coordenada a*	12,71	28,51	70,26	98,34
Coordenada b*	15,02	16,64	53,86	96,69
Peso	1,73	2,59	61,75	97,58
Comprimento	2,31	4,25	66,92	98,07
Diâmetro	2,89	4,37	62,69	97,67
Firmeza	0,03	0,10	80,81	99,06

A coordenada b\* foi a variável que apresentou o menor coeficiente de repetibilidade (53,86), porém, grau de confiança acima de 90%. Isso sugere que a coloração, especialmente a cor amarela, sofre maior influência genética (16,64) do que das condições ambientais e de localização geográfica (variância residual: 15,02), como pode ser visto na

Tabela 6. Enquanto que para a cor vermelha (coordenada a\*), observa-se que o coeficiente de repetibilidade foi mais elevado, sendo necessário um número bem menor de medições para que se obtenha um grau de precisão acima de 90%.

O peso e o tamanho dos frutos (comprimento e diâmetro) ficaram entre os parâmetros físicos com menor influência de fatores ambientais, apresentando coeficiente de repetibilidade intermediário, quando comparados aos demais (61,75 a 66,92). As estimativas revelaram maior participação de fatores genéticos, uma vez que os valores estimados foram maiores para a variância genética (entre plantas). Lopes et al. (2001), comentam que o baixo valor do coeficiente de repetibilidade de uma característica pode revelar alta irregularidade de um ciclo para outro, deste modo, o aumento no número de medições pouco acrescentaria em termos de precisão. E, de acordo com Costa (2003), o baixo valor pode indicar que a variância ambiental para esta característica foi relativamente baixa, comparado com a variância existente entre plantas.

Os resultados indicaram que, para essas características físicas (peso e tamanho), houve influência direta das condições ambientais e que a expressão dessas características teve bom controle genético. Tais observações ficam mais evidentes, quando se compara a variância residual com a variância genética. As estimativas apresentaram alto grau de confiança, com valores entre 96,23 e 99,06%.

Lopes (1999) encontrou estimativas de coeficientes de repetibilidade das características altura média de fruto, diâmetro médio, entre outras, obtidas por diversas metodologias, que demonstraram alta regularidade na superioridade dos indivíduos de um ciclo para outro e que dois ciclos de avaliação são suficientes para predizer o valor real dos indivíduos, com nível de certeza acima de 90%.

Resultados semelhantes ao deste trabalho foram encontrados por Lopes et al. (2001), para características físicas (altura, diâmetro e peso) e físico-químicas (vitamina C e acidez total) em frutos de aceroleira. As estimativas obtidas por esses autores demonstraram alta regularidade na superioridade dos indivíduos de um ciclo para outro, e que a expressão das características tiveram bom controle genético.

A variabilidade fenotípica em genótipos de acerola, estudada por Gomes et al. (2000c), demonstraram que as diferenças em peso médio do fruto, rendimento, acidez, tamanho e largura de frutos são resultantes de fatores climáticos e de genótipos. Também observaram que as condições meteorológicas possuem ações marcantes em caracteres tecnológicos (acidez, sólidos solúveis) e nas dimensões dos frutos.

**Gomes et al. (2002), estimando componentes de variância e sua participação porcentual na variação total nos caracteres em genótipos de acerola, verificaram que os componentes da variância ambiental e de épocas interferiram diretamente nos caracteres, demonstrando efeito nas variações de largura média de folhas, massa média de polpa de vinte frutos, quantidade de vitamina C, rendimento médio de polpa e crescimento médio de ramos.**

#### 4.3.2 Características físico-químicas e químicas

**Na Tabela 7 encontram-se as estimativas para a variância residual, variância genética, coeficiente de repetibilidade e o coeficiente de determinação para as características físico-químicas e químicas dos frutos de acerola. Os coeficientes de repetibilidade obtidos neste experimento foram considerados altos, variando de 92,29 a 98,88.**

**Quando se observa a estimativa para as variâncias residual e genética, verificou-se que, com exceção da atividade antioxidante, todos os parâmetros físico-químicos e químicos apresentaram maior variância genética. Em geral, isso sugere que os fatores genéticos (intrínsecos) comportaram-se de modo semelhante para todos os clones analisados, independente das regiões de cultivo (Limoeiro do Norte-CE, Ubajara-CE e Pacajus-CE).**

**Para a vitamina C, polifenóis e atividade antioxidante, obteve-se as maiores variações, tanto residuais quanto genéticas. E, mediante os altos coeficientes de repetibilidade (92,29 a 98,66), esse comportamento tende a se repetir com bastante frequência. A vitamina C apresentou a maior variância genética de todos os clones**

estudados, seguida pela atividade antioxidante e polifenóis, permanecendo a mesma seqüência para as variâncias residuais, comprovando a alta influência de fatores genéticos sobre estes componentes. Por outro lado, os outros compostos bioativos como antocianinas, flavonóides e carotenóides, mostraram baixos valores para as duas variâncias estimadas, sugerindo pequena variabilidade, nas condições experimentais, com precisão acima de 90%.

**TABELA 7 - Estimativas da variância residual, variância genética, coeficiente de repetibilidade e coeficiente de determinação para as características físico-químicas e químicas dos frutos de aceroleira. (n=3)**

Parâmetros	Variância Residual (dentro de plantas)	Variância Genética (entre de plantas)	Coeficiente de Repetibilidade	Coeficiente de Determinação
Sólidos Solúveis	0,10	4,30	98,11	99,36
pH	0,01	0,02	97,42	99,12
Acidez Total	0,01	0,13	96,42	98,98
Relação SS/AT	0,05	3,75	98,88	99,62
Vitamina C	4101,51	308339,64	98,66	99,55
Antocianinas	0,84	23,49	96,82	98,92
Flavonóides	0,38	4,83	92,33	97,31
Carotenóides	0,02	0,34	96,07	98,65
Polifenóis	7654,44	112512,39	94,61	98,14
Atv. Antioxidante	46818,98	249906,56	92,29	97,29
Açúcar Total	0,16	1,87	93,65	97,79

Os sólidos solúveis, pH, acidez total, relação SS/AT, carotenóides e açúcares totais, foram as variáveis que demonstraram as menores influências, tanto do ambiente quanto genética, quando comparadas com as demais variáveis analisadas.

Lopes (1999) encontrou estimativas altas para o coeficiente de repetibilidade da vitamina C e acidez total, em frutos de acerola, verificando uma regularidade na superioridade dos indivíduos de um ciclo para outro, e que dois ciclos de avaliação são suficientes para predizer o valor real dos indivíduos, com nível de certeza acima de 90%.

Paiva et al. (2003) comentam que na fruticultura moderna, além da maior produtividade, é preciso que a produção seja compensadora e a qualidade dos frutos,

uniforme. Esses padrões serão alcançados com o uso de materiais selecionados, resultando em pomares com menor variação na produtividade e na qualidade do fruto (características físicas, físico-químicas e químicas), facilitando a padronização, diferentemente do que ocorre com material atualmente em uso, que é originado de sementes.

**As estimativas aqui mencionadas reforçam o fato de que as características físico-químicas e químicas dos frutos podem ser influenciadas por diversos fatores, a exemplo do grau de maturação, variedade, condições climáticas e edáficas, exposição ao sol, localização da fruta na planta, manuseio pós-colheita, entre outros (LIMA et al., 2000).**

#### 4.4 Análise de correlações

##### 4.4.1 Características Físicas

**A análise de correlação de Pearson (TABELA 8) mostrou relações positivas ( $P \leq 0,01$ ) da variável peso com o diâmetro (0,97) e comprimento (0,96); do comprimento com o diâmetro (0,91); e da coordenada  $a^*$  com a coordenada  $b^*$  (0,78). Este comportamento era esperado, uma vez que o peso depende diretamente do tamanho do fruto (comprimento e diâmetro), onde os frutos maiores possuem pesos também mais elevados. A associação apresentada pela coloração (coordenadas  $a^*$  e  $b^*$ ) é justificada pela variabilidade dos clones analisados, dentro e entre eles (TABELA 6), em que cada um possui naturalmente uma cor característica da cultivar, levando em consideração, todos os fatores interferentes comentados neste trabalho.**

**Foi observada baixa correlação significativa ao nível de 5% entre a luminosidade e a coordenada  $b^*$  (0,48). Como esta coordenada é relativa ao eixo amarelo-azul e a luminosidade mensura o brilho, observou-se que os clones variavam do amarelo ao vermelho intenso. Logo, a cor mostrou ser uma característica influenciada não apenas por fatores ambientais, mas também por fatores genéticos, uma vez que**

apresentou a maior variância residual (15,02) e a segunda maior variância genética (16,64) entre as plantas estudadas (TABELA 6).

**TABELA 8 - Correlações fenotípicas lineares entre as características físicas avaliadas nos frutos de aceroleira e níveis de significância de correlação de acordo com análise de Pearson.**

Parâmetros	Firmeza	Diâmetro	Comprimento	Peso	Coordenada b*	Coordenada a*
Luminosidade	-0.05 <sup>ns</sup>	0.13 <sup>ns</sup>	0.16 <sup>ns</sup>	0.08 <sup>ns</sup>	0.48 <sup>*</sup>	0.16 <sup>ns</sup>
Coordenada a*	-0.70 <sup>**</sup>	-0.11 <sup>ns</sup>	-0.14 <sup>ns</sup>	-0.09 <sup>ns</sup>	0.78 <sup>**</sup>	
Coordenada b*	-0.74 <sup>**</sup>	-0.13 <sup>ns</sup>	-0.02 <sup>ns</sup>	-0.05 <sup>ns</sup>		
Peso	0.16 <sup>ns</sup>	0.97 <sup>**</sup>	0.96 <sup>**</sup>			
Comprimento	0.23 <sup>ns</sup>	0.91 <sup>**</sup>				
Diâmetro	0.26 <sup>ns</sup>					

\*\* Significativo ao 1% de probabilidade; \* Significativo ao nível de 5% de probabilidade; <sup>ns</sup> Não significativo.

Houve correlação positiva ( $P \leq 0,01$ ) entre as coordenadas a\* e b\*, mostrando que as duas estão altamente associadas. No entanto, correlações negativas com a mesma significância foram demonstradas pelas coordenadas a\* e b\* com a firmeza. Este resultado mostrou-se inversamente proporcional, isto é, geralmente frutos mais amarelos ou vermelhos são menos firmes, com 80,81% de chance de se repetir (coeficiente de repetibilidade) e 90,01% de confiança (TABELA 6).

Gomes et al. (2000c), estudando a variabilidade fenotípica em genótipos de acerola, observaram correlação positiva ( $P \leq 0,05$ ) entre os parâmetros físicos, especialmente no tamanho e peso dos frutos, constatando efeito de fatores climáticos e de genótipos. Gomes et al. (2002), analisando componentes de variância em frutos de aceroleira, verificaram que a participação do componente de variância ambiental nos diversos caracteres estudados (altura, diâmetro médio e peso), pode ser relativa para cada componente, já que um pode sofrer maior influência ambiental do que o outro.

#### 4.4.2 Características físico-químicas e químicas

A análise de correlação mostrou alta relação positiva ( $P \leq 0,01$ ), entre os sólidos solúveis e os açúcares totais (0,90), relação SS/AT (0,71), pH (0,77) e moderada com a vitamina C (0,62). E correlação positiva ( $P \leq 0,05$ ), com a atividade antioxidante total (0,52) (TABELA 9).

Este resultado era esperado, pois sabe-se que entre os sólidos solúveis, a maior participação é dos açúcares totais, enquanto que na relação SS/AT, a maior participação é dada justamente pelos sólidos solúveis. Quanto ao ácido ascórbico, este comportamento pode estar associado à menor parcela dos sólidos em suspensão, uma vez que, entre os sólidos solúveis presentes na fruta, pode ocorrer a presença de outros ácidos orgânicos, a exemplo do ácido ascórbico. O pH apresentou alta correlação ( $P \leq 0,01$ ) com os sólidos solúveis, açúcares totais e relação SS/AT, mostrando-se interligados.

A acidez total apresentou correlação positiva ( $P \leq 0,01$ ) com a atividade antioxidante, polifenóis e vitamina C. Possivelmente por estar associada com o ácido ascórbico e ácidos fenólicos, e estes contribuírem significativamente com a atividade antioxidante total, embora a acidez tenha sido quantificada em % de ácido málico. Conforme Aguiar (2001), as frutas mais ácidas possuem maiores teores de vitamina C. Esta autora, ao analisar 75 clones de aceroleira utilizados no melhoramento genético, verificou correlação significativa ( $P \leq 0,01$ ) de 0,79 entre a acidez e a vitamina C. Moura et al. (1997), estudando 55 plantas provenientes de plantio comercial, obtiveram correlação de 0,73 para acidez e vitamina C. Esses resultados mostraram-se inferiores ao deste trabalho onde obteve-se correlação de 0,79.

**TABELA 9 - Correlações fenotípicas lineares entre as características físico-químicas e químicas avaliadas nos frutos de aceroleira e níveis de significância de correlação de acordo com análise de Pearson.**

Parâmetros	AçTot	Antiox	Polif	Carot	Flav	Antoc	VitC	SS/AT	AT	pH
SS	0.90 <sup>**</sup>	0.52 <sup>*</sup>	0.42 <sup>ns</sup>	-0.07 <sup>ns</sup>	-0.27 <sup>ns</sup>	0.04 <sup>ns</sup>	0.62 <sup>**</sup>	0.71 <sup>**</sup>	0.14 <sup>ns</sup>	0.77 <sup>**</sup>
pH	0.91 <sup>**</sup>	0.18 <sup>ns</sup>	-0.06 <sup>ns</sup>	-0.22 <sup>ns</sup>	-0.14 <sup>ns</sup>	0.28 <sup>ns</sup>	0.13 <sup>ns</sup>	0.93 <sup>**</sup>	-0.37 <sup>ns</sup>	
AT	-0.27 <sup>ns</sup>	0.67 <sup>**</sup>	0.81 <sup>**</sup>	0.39 <sup>ns</sup>	-0.34 <sup>ns</sup>	-0.31 <sup>ns</sup>	0.79 <sup>**</sup>	-0.54 <sup>**</sup>		
SS/AT	0.92 <sup>**</sup>	0.03 <sup>ns</sup>	-0.23 <sup>ns</sup>	-0.28 <sup>ns</sup>	0.06 <sup>ns</sup>	0.41 <sup>ns</sup>	-0.07 <sup>ns</sup>			
VitC	0.28 <sup>ns</sup>	0.78 <sup>**</sup>	0.87 <sup>**</sup>	0.18 <sup>ns</sup>	-0.56 <sup>*</sup>	-0.40 <sup>ns</sup>				
Antoc.	0.23 <sup>ns</sup>	0.41 <sup>ns</sup>	-0.37 <sup>ns</sup>	-0.30 <sup>ns</sup>	0.58 <sup>**</sup>					
Flav	-0.12 <sup>ns</sup>	0.39 <sup>ns</sup>	-0.40 <sup>ns</sup>	0.01 <sup>ns</sup>						
Carot	-0.28 <sup>ns</sup>	0.24 <sup>ns</sup>	0.25 <sup>ns</sup>							
Polif	0.08 <sup>ns</sup>	0.73 <sup>**</sup>								
At. Antiox	0.25 <sup>ns</sup>									

<sup>\*\*</sup>Significativo ao nível de 1% de probabilidade; <sup>\*</sup>Significativo ao nível de 5% de probabilidade; <sup>ns</sup>Não significativo; AçTot: Açúcares totais; Antiox.: Atividade antioxidante; Polif.: Polifenóis; Carot: Carotenóides; Flav.: Flavonóides; Antoc: Antocianinas; Vit.C: Vitamina C; SS/AT: Sólidos solúveis/Acidez total; AT: Acidez total.

Como era esperado, houve relação negativa significativa a 1%, entre a acidez total e a relação SS/AT. Sabe-se que a acidez total é uma das principais características para identificar o sabor do fruto, a correlação mostrou que quanto menor for a acidez total, maior será a relação SS/AT. A referida relação é responsável pelo sabor doce dos frutos, portanto, quanto maior, mais doces serão os frutos, sendo comprovada sua participação por meio da alta correlação positiva ( $P \leq 0,01$ ) obtida entre ela e os açúcares totais (0,92).

A correlação negativa significativa a 5%, demonstrada entre a vitamina C e os flavonóides amarelos pode ser explicada pela ação pró-oxidante desta vitamina, que contribuiu para oxidar os flavonóides e não inibir a sua oxidação. As antocianinas apresentaram correlação positiva ( $P \leq 0,01$ ) com os flavonóides amarelos (0,58). Segundo Fennema (1993), os flavonóis (quercetina) e as flavonas (luteolina) são os grupos de flavonóides responsáveis pela cor amarela que sempre acompanham as antocianinas em frutos, provavelmente porque apresentam caminhos de biossíntese semelhantes. Estes pigmentos pertencem ao grupo dos flavonóides que têm sido relatados como compostos que possuem capacidade antioxidante (PIETTA, 2000).



Resultados obtidos por Rosso e Mercadante (2007), analisando frutos de acerola, mostraram que a presença de alta concentração de ácido ascórbico pode causar diminuição da estabilidade das antocianinas presentes na acerola. Comentam ainda, que a degradação das antocianinas resulta na redução da cor vermelha da polpa congelada e do suco processado, consistindo em um dos maiores problemas durante o armazenamento comercial desses produtos. Segundo Starr e Francis (1968), a interação entre antocianina e ácido ascórbico resulta na degradação dos dois compostos. Conforme esses autores o mecanismo dessa reação envolve um intermediário, peróxido de hidrogênio ( $H_2O_2$ ), produto da degradação do ácido ascórbico. Acredita-se, portanto, que o peróxido de hidrogênio formado promova a oxidação do núcleo flavilium, levando à formação de substâncias incolores.

Os resultados encontrados no presente trabalho, sugerem que a vitamina C contribuiu consideravelmente para a atividade antioxidante total, uma vez que apresentou uma correlação direta ( $P \leq 0,01$ ) com os polifenóis (0,87) e com a atividade antioxidante total (0,78), conflitando com os resultados obtidos por Sun et al. (2002), em que a contribuição da vitamina C na atividade antioxidante de 11 frutos foi baixa, sendo a maior contribuição dada pela composição de outros fitoquímicos.

Os polifenóis apresentaram correlação positiva ( $P \leq 0,01$ ) com a atividade antioxidante total (0,73). Muitos estudos também têm verificado uma correlação direta entre a atividade antioxidante total e os compostos fenólicos, sendo estes considerados os mais representativos entre as substâncias bioativas com atividade antioxidante. De acordo com Heim et al. (2002), os compostos fenólicos são os maiores responsáveis pela atividade antioxidante em frutos.

Santos (2007) aplicou a correlação de Pearson entre as variáveis vitamina C, carotenóides, antocianinas e compostos fenólicos encontrados em polpas de açaí, e verificou correlação para as variáveis antocianinas ( $r=0,72$ ) e compostos fenólicos ( $r=0,59$ ), ao nível de 5 % de probabilidade. Kalt et al. (1999) verificaram correlação positiva entre a atividade antioxidante total e os teores de antocianinas e de fenólicos totais.

Kuskoski et al. (2006) constataram que os compostos fenólicos e as antocianinas contribuem para atividade antioxidante, observando uma correlação direta entre os valores de

fenólicos e de antocianinas totais com os da atividade antioxidante em equivalente de Trolox (TEAC) e atividade antioxidante em equivalente de vitamina C (VCEAC). Esses autores observaram tanto uma resposta entre o conteúdo total de polifenóis e a atividade antioxidante dos 15 frutos analisados ( $r=0,9914$ ,  $P \leq 0,01$ ) quanto ao conteúdo de antocianinas totais ( $r=0,9686$ ,  $P \leq 0,01$ ), indicando que os compostos fenólicos contribuíram para a atividade antioxidante total dos frutos.

Muitos autores têm demonstrado de forma conclusiva que existe uma forte relação positiva entre o teor de fenólicos totais e a atividade antioxidante de frutas e hortaliças, enquanto que outros autores não têm evidenciado essa correlação (KAHKONEM et al., 1999; ISMAIL, A.; MARJAN, Z. M.; FOONG, C. W., 2004). A composição e a estrutura química do componente ativo de extrato são fatores importantes que influenciam a eficácia do antioxidante natural. A posição e o número de hidroxilas presentes na molécula dos polifenóis é um fator relevante para esta atividade. Acredita-se que a orto-dihidroxição contribui marcadamente para a atividade antioxidante do composto (SHAHIDI, F.; JANITHA, P. K.; WANASUNDARA, P. D., 1992). Assim, a atividade antioxidante de um extrato não pode ser explicada apenas com base em seu teor de fenólicos totais. A caracterização da estrutura do composto ativo também é necessária (HEINONEN, M.; LEHTONEN, P. J.; HOPIA, A., 1998).

Deste modo, segundo Hassimoto et al. (2005), argumenta-se que a atividade antioxidante não ocorre pela contribuição de um ou outro composto isolado, mas ao sinergismo entre eles, resultando na atividade antioxidante total. Fato que pode justificar a correlação não significativa da atividade antioxidante com os outros compostos bioativos analisados neste trabalho.

Diante do exposto, como foi observada correlação direta da atividade antioxidante com dois dos principais grupos de compostos bioativos (polifenóis totais e vitamina C), acredita-se que a ação antioxidante dos materiais deve-se, basicamente, a esses dois compostos, sem desconsiderar o sinergismo que existe entre todos eles.

## 5 CONCLUSÕES

Os clones I6/2, Okinawa-OU, Apodi-OU, Cereja, Frutacor, II 47/1, Sertaneja, AC 69, AC 26, AC 71 e FP 19 possuem boa qualidade, de acordo com os atributos avaliados, apresentado teor de ácido ascórbico acima de 1.200mg/100g de polpa, consideráveis teores de substâncias bioativas, bem como elevada atividade antioxidante total.

O clone Flórida Sweet por possuir características peculiares como elevada relação SS/AT e considerável teor de antocianinas totais, é indicado tanto para o consumo *in natura* quanto para industrialização.

Todos os clones estudados, com destaque para o Okinawa-OU, apresentam atividade antioxidante, sendo, portanto, fontes dietéticas de antioxidantes naturais e seu consumo deve ser estimulado.

O cultivo orgânico mostra-se interessante como manejo devido aos resultados obtidos quanto aos teores de ácido ascórbico, polifenóis totais, atividade antioxidante e firmeza de polpa nos clones AC 69, AC 26, AC 71, FP 19, Okinawa-OU e Apodi-OU analisados.

São necessários maiores estudos em relação ao cultivo orgânico, especialmente quanto às possíveis interferências sobre a qualidade dos frutos cultivados nesse sistema de produção.

## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDILLE, M. H. et al. Antioxidant activity of the extracts from *Dillenia indica* fruits. **Food Chemistry**, v. 90, p.891-896, 2005.

AGOSTINI-COSTA, T. S. ABREU, L. N.; ROSSETTI, A. G. Efeito do congelamento e do tempo de estocagem da polpa de acerola sobre o teor de carotenóides. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 25, n. 1, p. 56-58, 2003.

AGUIAR, L. P.  **$\beta$ -Caroteno, vitamina C e outras características de qualidade de acerola, caju e melão em utilização no melhoramento genético.** 2001. 87f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2001.

ALVES, R. E. **Acerola (*Malpighia emarginata* D.C.): Fisiologia da maturação e armazenamento refrigerado sob atmosfera ambiente e modificada.** Lavras: ESAL, 1993. 99f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Lavras, Minas Gerais, 1993.

ALVES, R. E. Características das frutas para exportação. In: MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, DO ABASTECIMENTO E DA REFORMA AGRÁRIA. **Acerola para exportação: procedimentos de colheita e pós-colheita.** Brasília: EMBRAPA/ FRUPEX, 1996. p. 9-21.

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

ALVES, R. E. **Qualidade de Acerola Submetida a Diferentes Condições de Congelamento, Armazenamento e Aplicação Pós-colheita de Cálcio.** Lavras: ESAL, 1999. 117f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Federal de Lavras, Minas Gerais, 1999.

ALVES, R. E.; BRITO, E. S.; RUFINO, M. S. M. **Prospecção da atividade antioxidante e de compostos com propriedades funcionais em frutas tropicais.** Disponível em: <<http://www.fruticultura.org>>. Acesso em: 05 mar. 2007.

ALVES, R.E., CHITARRA, A.B., CHITARRA, M.I.F. Postharvest physiology of acerola (*Malpighia emarginata* D.C.) fruits: maturation changes, respiratory activity and refrigerated storage at ambient and modified atmospheres. **Acta Horticulturae**, 370, p. 223-229, 1995.

ALVES, R.E; MENEZES, J.B. Caracterização pós-colheita de acerolas vermelhas e amarelas colhidas em pomar comercial. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 13., 1995, Salvador. **Anais**. Salvador: SBF, 1995. p.99.

ALVES, R. E; BRITO, E. S.; RUFINO, M. do S. M. Prospecção da atividade antioxidante e de compostos com propriedades funcionais em frutas tropicais. In: Congresso Brasileiro de Fruticultura, 19, 2006, Cabo Frio. **Palestras e resumos...** Cabo frio-RJ: SBF/UENF/UFRRJ. 2006. p. 133-141.

AMAYA-FARFAN, J.; DOMENE, S. M. A.; PADOVANI, R. M. DRI: Síntese Comentada das Novas Propostas sobre Recomendações Nutricionais para Antioxidantes. **Revista Nutrição**, Campinas, v.14, n. 1, p. 71-78, jan./abr. 2001.

AMBRÓSIO, C. L. B.; CAMPOS, F. A. C. S.; FARO, Z. P. Carotenóides como alternativa contra a hipovitaminose A. **Revista Nutrição**, Campinas, v. 19, n. 2, p. 233-243, mar./abr., 2006.

ANGELIS, R.C. **Importância de alimentos vegetais na proteção da saúde: fisiologia da nutrição protetora e preventiva de enfermidades degenerativas**. São Paulo: Atheneu, 2001. 295p.

ANSEJO, C. F. Acerola. In: NAGY, S.; SHAW, P. E. **Tropical e subtropical fruits: composition, properties and uses**. Westport: AVI, 1980. p. 341-374.

**ANUÁRIO BRASILEIRO DA FRUTICULTURA** - Santa Cruz do Sul, Gazeta Santa Cruz, 2006.136p.

ARANHA, F.Q.; MOURA, L.S.A.; SIMÕES, M.O.S. et al. Normalização dos níveis séricos de ácido ascórbico por suplementação com suco de acerola (*Malpighia glabra L.*) ou farmacológica em idosos institucionalizados. **Revista Nutrição**, Campinas, v. 17, n.3, p.309-317, 2004.

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

ARAÚJO, P. G. L. **Conservação pós-colheita e estabilidade da polpa congelada de acerolas Apodi, Cereja, Frutacor, II 47/1, Roxinha e Sertaneja**. 2005. 67f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2005.

ARAÚJO, P. G. L.; FIGUEIREDO, R. W.; ALVES, R. E. et al. Qualidade de frutos de aceroleira colhidos em diferentes épocas do ano. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 19, 2004, Recife, **Anais...** Recife: SBCTA, 2004. CD-ROM.

ARAÚJO, P. G. L.; FIGUEIREDO, R. W.; ALVES, R. E.; MAIA, G. A.; PAIVA, J. R.  $\beta$ -Caroteno, ácido ascórbico e antocianinas totais em polpa de frutos de aceroleira conservada por congelamento durante 12 meses. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 27, n. 1, p. 104-107, jan./mar., 2007.

ARAÚJO, P. S. R.; MINAMI, K. **Acerola**. Campinas: Fundação Cargill, 1994. 8p.

AWAD, M. **Fisiologia pós-colheita de frutos**. São Paulo: Nobel, 1993.114p.

BARNABÉ, D.; VENTURINI FILHO, W.G. Características Físico-químicas e Sensoriais de Refrigerantes de Acerola Produzidos a partir de Suco Desidratado e Extrato Seco da Fruta. **Journal of Food Technology**, v. 7, p. 69- 76, jan./jun., 2004.

BARROS, R. S.; FINGER, F. L.; MAGALHÃES, M. M. Changes in non-structural carbohydrates in developing fruit of *Myrciaria jaboticaba*. **Scientia Horticulturae**. The Netherlands, v.16, p. 209-215, 1996.

BAZILE, A.; FERRARA, L.; DEL POZZO, M.; MELE, G.; SORBO, S.; BASSI, P.; MONTESANO, D. Antibacterial and antioxidant activities of ethanol extract from *Paullinia cupana* Mart. **J. Ethnopharmacol**, v. 102, p. 32-36, 2005.

BENZIE, I. F. F.; STRAIN, J. J. The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of antioxidant power: the FRAP assay. **Analytical Biochemistry**, v. 239, p.70-76, 1996.

BERSET, C.; CUVELIER, M. E. **Sciences des Aliments**. [S.l: s.n.], 1996, v.16, 219p.

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.

BIANCHI, M. L. P.; ANTUNES, L. M. G. Radicais livres e os princípios antioxidantes da dieta. **Revista Nutrição**, Campinas, v.12, n.2, p.123-130, 1999.

BOSCO, J.; AGUIAR FILHO, S.P; BARREIRO NETO, M. Características fenológicas de plantas de aceroleira In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 13., 1994, Salvador. **Anais**. Salvador: SBF, 1994. p.87.

BOVERIS, A. Biochemistry of free radicals: from electrons to tissues. **Medicina**. Buenos Aires, v. 58, p. 350-356, 1998.

BRAND-WILLIAMS, W.; CUVELIER, M. E.; BERSET, C. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. **Food Science and Technology**. v.28, p.25-30, 1995.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) – Ministério da Saúde. Resolução RDC nº269, de 22 de setembro de 2005. Aprova o regulamento técnico sobre a Ingestão Diária Recomendada (IDR) de proteína, vitaminas e minerais. **Diário Oficial da União**, Poder Executivo, Brasília, 23 de set. 2005a.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Métodos físicos-químicos para análise de alimentos**, 1018p., 2005b.

BRUNINI, M. A.; MACEDO, N. B.; COELHO, C. V.; SIQUEIRA, G. F. Caracterização física e química de acerolas provenientes de diferentes regiões de cultivo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 26, n. 3, p. 486-489, dezembro, 2004.

CAMPOS, F. M.; ROSADO, G. P. Novos fatores de conversão de carotenóides provitamínicos A. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 25, n. 3, p. 571-578, jul./set., 2005.

CARPENTIERI-PÍPOLO, V.; PRETE, C. E. C.; GONZALEZ, M. G. N. et ai. Novas cultivares de acerola (*Malpighia emarginata* D.C.): UEL 3 (Dominga) - UEL 4 (Lígia) – UEL 5 (Natália). **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 24, n. 1, p. 124-126, janeiro, 2002.

CARRINGTON, C. M. S. KING, R. A. G. Fruit development and ripening in Barbados cherry, *Malpighia emarginata* DC. **Scientia Horticulturae**, v.92, p. 1-7, 2002.

CARVALHO, R. A. **Análise econômica da produção de acerola no município de Tomé-Açú, Pará**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2000. 21p.

CARVALHO, R. I. N.; MANICA, I. Acerola: composição e armazenamento de frutos. **Cadernos de Horticultura da UFRGS**. Rio Grande do Sul, v. 1, n. 1, p. 1-7, 1993. (Boletim Técnico).

CAVALCANTE, M. L. **Composição de carotenóides e valor de vitamina A na pitanga (*Eugenia uniflora*) e acerola (*Malpighia glabra*).** 1991, 69f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1991.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio.** Lavras: UFLA, 2005. 785 p.

CHU, Y. F. et al. Antioxidant and proliferative activities of vegetables. **Journal Agriculture Food Chemistry**, v.50, p. 6910-6916, 2002.

COCOZZA, F. D. M. **Maturação e conservação de manga 'Tommy Atkins' submetida à aplicação pós-colheita de 1-metilciclopropeno.** 2003. 198f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2003.

COLBORN, T.; DUMANOSKI, D.; MYERS, J.P. **O futuro roubado.** Tradução Cláudia Buchweitz. Porto Alegre: L&PM, 1997. 354 p.

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

COSTA, M. J. C. Estimativas de repetibilidade de alguns caracteres de produção em mangueira. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 33, n. 2, p. 263-266, mar./abr., 2003.

COSTA, L. C.; PAVANI, M. C. M. D.; MORO, F. V.; PERECIN, D. Viabilidade de Sementes de aceroleira (*Malpighia emarginata* DC): Avaliação da Vitalidade dos Tecidos. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.25, n.3, p. 532-534, dezembro/ 2003.

COSTA, M. J. C.; TERTO, A.L.Q.; SANTOS, L.M.P. et al. Efeito da Suplementação com acerola nos níveis sanguíneos de vitamina C e de hemoglobina em crianças pré-escolares. **Revista Nutrição**, Campinas, v.14, n.1, p.13-20, 2001.

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

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



DE ANGELS, R. C. Como obter a melhor defesa contra os RL por meio da alimentação. In: DE ANGELS, R. C. **A importância dos alimentos vegetais na proteção da saúde: fisiologia da nutrição protetora e preventiva de enfermidade degenerativas**. São Paulo: Atheneu, 2005. p. 83-92.

DECKER, E. A. Phenolics: prooxidants or antioxidants. **Nutrition Reviews**, New York, v.55,n.11, p.396-407,1997.

DUARTE-ALMEIDA, J. M. et al. Avaliação da atividade antioxidante utilizando sistema  $\beta$ -caroteno/ácido linoléico e método de seqüestro de radicais DPPH●. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 26, n.2, p.446-452, 2006.

DUTRA-DE-OLIVEIRA, J.E.; MARCHINI, J.S. **Ciências Nutricionais**. São Paulo: Sarvier, 1998. 403p.

EPE, B. Genotoxicity of singlet oxygen. **Chemico-Biological Interactions**, v. 80, p. 239-260, 1991.

ESPÍN, J.C.; SOLER-RTVAS, C., WICHERS, H.J.; GARCÍA-VIGUEIRA, C. Anthocyanin-based natural colorants: a new source of antiradical activity for foodstuff. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.48, p. 1588-1592, 2000.

FAO. FAOSTAT. Statistics Division 2006. Disponível em: <<http://faostat.fao.org/site/408/DesktopDefault.aspx?PageID=408>>. Acesso em: 25 jan. 2008.

FENEMMA, O. R. **Química de los alimentos**. Zaragoza: Editorial Acríbia, 1993.

FIGUEIREDO, R. W. **Qualidade e bioquímica de parede celular durante o desenvolvimento, maturação e armazenamento de pedúnculos de cajueiro anão precoce CCP 76 submetidos à aplicação pós-colheita de cálcio**. 2000. 154f. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos) - Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.

FRACIA-ARICHA, F. M.; GUERRA, M. T.; RIVAS-GONZALO, I. C.; SANTOS-BUELGA, C. New anthocyanin pigments formed after condensation with flavonols. **J. Agric. Food Chem.**, v. 45, p. 2262-2266, 1997.

FRANÇA, V. C.; NARAIN, N. Caracterização química dos frutos de três matrizes de acerola (*Malpighia emarginata* D.C.). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.23, n. 2, p. 157-160, maio./ago. 2003.

FRANCIS, F. J. Analysis of anthocyanins. In: MARKAKIS, P.(Ed). **Anthocyanins as food colors**. New York: Academic Press, 1982. p. 181-207.

FRANKEL, E. N.; MEYER, A. S. The problems of using one-dimensional methods to evaluate multifunctional food and biological antioxidants. **Journal Science Food Agricultural**, v. 80, n. 13, p. 1925-1941, 2000.

FREITAS, C. A. S.; MAIA, G. A.; COSTA, J. M. C.; FIGUEIREDO, R. W.; SOUSA, P. H. M. Acerola: produção, composição, aspectos nutricionais e produtos. **Revista Brasileira Agrociência**, Pelotas, v. 12, n. 4, p. 395-400, out./dez. 2006.

FRIDOVICH, I. Oxygen toxicity: a radical explanation. **Journal of Experimental Biology**, v. 201, p. 1203-1209, 1998.

FUNCEME (Fundação Cearense de Meteorologia e Recurso Hídricos). Disponível em: <<http://www.funceme.br/>>. Acesso em: 04 abril, 2008.

GARCIA-ALONSO, M. et al. Evaluation of the antioxidant properties of fruits. **Food Chemistry**, v.84, n.1, p.13-18, 2004.

GOMES, E.; DILERMANO, P.; MARTINS, A. B. G.; FERRAUDO, A. S. Análise de grupamentos e de componentes principais no processo seletivo em genótipos de aceroleira (*Malpighia emarginata* DC). **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.22, n.1, p. 36-39, abr. 2000a.

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

GOMES, J. E.; PERECIN, D.; MARTINS, A. B. G. Desenvolvimento do fruto da acerola da fecundação à maturação em três épocas nas condições de Jaboticabal. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 22, n. 3, p. 318-322, dezembro 2000b.

GOMES, J. E.; PERECIN, D.; MARTINS, A. B. G. Componentes da variância em caracteres agronômicos de acerola. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 24, n. 2, p. 453-457, agosto 2002.

GOMES, J. E.; PERECIN, D.; MARTINS, A. B. G.; ALMEIDA, E. J. Variabilidade fenotípica em genótipos de acerola. **Revista Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 11, p.2205-2211,nov.2000c.

GOMES, J. E.; PERECIN, D.; MARTINS, A. B. G.; FONTES, S. Variações físico-químicas em suco de acerola armazenado. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 22, n. 3, p. 377-381, Dezembro 2000d.

GOMES, J. E.; PERECIN, D.; MARTINS, A. B. G.; IGNÁCIO, N. Enraizamento de estacas herbáceas de genótipos de acerola em câmara de nebulização intermitente tratadas com ácido indolbutírico em duas épocas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 22, n. 3 p. 407-412, dezembro 2000e.

GOMES, P. M. A.; FIGUEIREDO, R. M. F.; QUEIROZ, A. J. M. Armazenamento da polpa de acerola em pó a temperatura ambiente. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.24,n. 3,p. 384-389, jul./set. 2004.

GONÇALVES, N. B.; CARVALHO, V. D. de; GONÇALVES, J. R. de A.; COELHO, S. R. M.; SILVA, T. das G. Caracterização física e química dos frutos de cultivares de mangueira (*Mangifera indica* L.). **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.22, n.1, p.72-78, jan./mar. 1998.

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

GONZAGA NETO, L.; MATTUZ, B.; SANTOS, C. A. Caracterização Agronômica de Clones de Aceroleira (*Malpighia ssp*) na Região do Submédio São Francisco. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal-SP, v.21, n.2, p. 110-115, agosto,1999.

GONZAGA NETO, L. Melhoramento genético da aceroleira na Embrapa Semi-Árido. In: QUEIRÓZ, M. A. de; GOEDERT, C. O.; RAMOS, S. R. R. **Recursos genéticos e melhoramento de plantas para o Nordeste brasileiro**. Petrolina: Embrapa Semi-Árido / Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, nov. 1999. Disponível em: <<http://www.cpatsa.embrapa.br/servicos/catalogo/livrorg/acerolasemiarido.doc>> Acesso em: 18 fev. 2005.

HARBONE, J. B. Comparative biochemistry of the flavonoids. London: Academic Press. 1967, 383p.

HATANO, T., H. KAGAWA, T. YASUHARA, T. OKUDA. Two new flavonoids and other constituents in licorice root: their relative astringency and radical scavenging effects. **Chem. Pharm. Bull.** v. 36, p. 1090-2097, 1988.

HALLIWELL, B., GUTTERIDGE, J.C. **Free Radicals in Biology and Medicine**. 3.ed. Oxford, New York, 2000.

HASSIMOTO, N. M. A.; GENOVESE, M. I.; LAJOLO, F. M. Antioxidant activity of dietary fruits, vegetables, and commercial frozen fruit pulps. **Journal Agriculture Food Chemistry**, v.53, p.2928-2935, 2005.

HEIM, K. E.; TAGLIAFERRO, A. R.; BOBILYA, D. J. Flavonoid antioxidants: chemistry, metabolism and structure-activity relationships. **Journal Nutricional Biochemistry**, v.13, p.572-584,2002.

HEINONEN, M.; LEHTONEN, P. J.; HOPIA, A. Antioxidative activity of berry and fruit wines and liquor. **J. Agri. Food Chemistry**, v.48, n. 1, p. 25-31, 1998.

HENSHALL, J.D. Ascorbic acid in fruit juices and beverages. In: COUNSELL, J.N.; HORNING, D.H. eds. **Vitamin C (Ascorbic Acid)**. London: Applied Science, 1981.

HIGBY, W. K. A simplified method for determination of some the carotenoid distribution in natural and carotene-fortified orange juice. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 27, p.42-49, 1962.

HOBSON, G. E.; GRIERSON, D. Tomato. In: SEYMOUR, G. B.; TAYLOR, J. E.; TUCKER, G. A. (Ed.). **Biochemistry of fruits ripening**. London: Champman & Hall, 1993. Cap.13, p. 405-442.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Agropecuário, 2000**. Disponível em <<http://www.ibge.gov.br>> Acesso em 25 março 2005.

**INSTITUTO BRASILEIRO DE FRUTAS**. Seleção Fruta a Fruta: Acerola. São Paulo, 1995. 59p.

ISHIGE, K.; SCHUBERT, D.; SAGARA, Y. Flavonoids protect neuronal cells from oxidative stress by three distinct mechanisms. **Free Rad Biology Medicine**, v.30, p.433-466, 2001.

ISMAEL, A.; MARJAN, Z. M.; FOONG, C. W. Total antioxidant activity and phenolic content in selected vegetables. **Food Chemistry**, v. 87, n.4, p.581-586,2004.

JORGENSEN, K.; SKIBSTED, L.H. Carotenoid scavenging of radicals. **Z. Lebensm Unters Forsch**, n.5, p.423-429,1993.

KAHKONEN, M. P.; HOPIA, A. L; VOURELA, H. J.; RAUHA, J. P.; PIHLAJA, K.; KUJALA, T. S.; HEINONEN, M. Antioxidant activity of plant extracts containing phenolic compounds. **Journal Agricultural Food Chemistry**, v. 47, n. 10, p.3954-3962, 1999.

KALT, W. et al. Antioxidant capacity, vitamin C, phenolics and anthocyanins after fresh storage of small fruits. **Journal Agricultura Food Chemistry**, v.47, n.11, p.4.638-4.644, 1999.

KATSUBE, N. et. al. Induction of apoptosis in cancer cells by bilberry (*Vaccinium myrtillus*) and the anthocyanins. **Journal Agriculture Food Chemistry**, v.51, p.68-75, 2003.

KAYS, J. S. **Postharvest physiology of perishable plant products**. New York: Avi Book, 1991. 543p.

KIM, Y.; BRECHIT, J. K.; TALCOTT, S. T. Antioxidant phytochemical and fruit quality changes in mango (*Mangifera indica* L.) following hot water immersion and controlled atmosphere storage. **Food Chemistry**, v. 105, p. 1327-1334. 2007.

KLUGE, R. A.; NACHTIGAL, J.C.; FACHINELO, J. C.; BILHALVA, A.B. **Fisiologia e manejo pós-colheita de frutas de clima temperado**. Campinas: Emopi, 2002. 214 p.

KUSKOSKI, E. M. et al. Aplicación de diversos métodos químicos para determinar actividad antioxidante em pulpa de frutos. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.25, n.4, p.726-732, 2005.

KUSKOSKI, E. M. et al. Frutos tropicais silvestres e polpas de frutas congeladas: atividade antioxidante, polifenóis e antocianinas. **Ciência Rural**, v. 36, n.4, p.1283-1287, 2006.

KUSKOSKI, E. M.; ASUERO, A. G.; GARCIA-PARILLA, M. C.; TRONCOSO, A. M.; FETT, R. Actividad antioxidante de pigmentos antocianicos. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.24, p. 4, p.691-693, out./dez. 2004.

LAJOLO, F. M. Alimentos funcionais: uma visão geral. In DE ANGELS, R. C. **A importância dos alimentos vegetais na proteção da saúde: fisiologia da nutrição protetora e preventiva de enfermidades degenerativas.** São Paulo: Atheneu, 2005. p.175-181.

LARRAURI, J. A.; RUPÉREZ, P.; SAURA-CALIXTO, F. Effect of drying temperature on the stability of polyphenols and antioxidant activity of red grape pomace peels. **Journal Agriculture Food Chemistry**, v.45, p.1390-1393, 1997.

LEDIN, R. B. A comparison of three clones of barbados cherry and the importance of improved sections for comercial planting. **The Processings of Flórida State Horticultural Society**, Goldenrod, v. 69, p. 293-297, 1956.

LEONG, L. P.; SHUI, G. An investigation of antioxidant capacity of fruits in Singapore markets. **Food Chemistry**, v.76, p.69-75,2002.

LIMA, A. R.; BARBOSA, V. C.; FILHO, P. R. S.; GOUVÊA, C. M. C. P. Avaliação *in vitro* da atividade antioxidante do extrato hidroalcoólico de folhas de bardana. **Brasilian Journal of Pharmacognos**, v.16, n.4, p. 531-536, out./dez., 2006a.

LIMA, V. L. A. G.; MELO, E. A.; LIMA, L. S.; NASCIMENTO, P. P. Caracterização físico- química e sensorial de pitanga roxa. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 22, n. 3, p. 382-385, dezembro 2000.

LIMA, V. L. A. G.; MELO, E. A.; MACIEL, M. L. S.; LIMA, D. E. S. Avaliação de teor de antocianinas em polpa de acerola congelada proveniente de frutos de 12 diferentes aceroleiras. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 23, n. 1, p. 101-103, 2003.

LIMA, V. L. A. G.; MELO, E. A.; MACIEL, M. I. S.; PRAZERES, F. G.; MUSSER, R. S.; LIMA, D. E. S. Total phenolic and carotenoid contents in acerola genotypes harvested at three ripening stages. **Food Chemistry**, v.90, p.565-568, 2005.

LIMA, V. L. A. G.; MELO, E. A.; LIMA, L. S. et al. Polpa congelada de acerola: efeito da temperatura sobre os teores de antocianinas e flavonóis totais. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 24, n. 3, p. 669-670, 2002.

LIMA, V. L. A. G.; PINHEIRO, I. O.; NASCIMENTO, M. S.; GOMES, P. B.; GUERRA, N. B. Identificação de antocianidinas em acerolas do banco ativo de germoplasma da Universidade Federal Rural de Pernambuco. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 26, n. 4, p. 927-935, out./dez. 2006b.

LOPES, R. **Polimorfismo, sistema de acasalamento, polinizações, repetibilidade de características do fruto e avaliação de genótipos de aceroleira (*Malpighiaemarginata* DC.)**. 1999. 146p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1999.

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

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.; PAIVA, J. R. Aceroleira. In: BRUCKNER, C.H. **Melhoramento de Fruteiras Tropicais**. Editora Universidade Federal de Viçosa/UFV. p. 63-99. 2002.

LUCAS, A.P. Acerola: suco da saúde conquista o mundo inteiro. **Manchete Rural**, Rio de Janeiro, v.5, n. 69, jan.1993. p.10-13.

MAHAN, L.K., ARLIN, M.T. **Alimentos, nutrição e dietoterapia**. São Paulo: Rocca, 1995. 957p.

MALACRIDA, C. R.; MOTTA, S. Compostos fenólicos totais e antocianinas em suco de uva. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.25, n. 4, p. 659-664, out./dez., 2005.

MARCHAND, L. L. Efeitos dos flavonóides na prevenção de câncer - uma revisão. **Biomedicine Pharmacotherapy**, v.56, p. 296-301, 2002.

MARCO, G. A rapid method for evaluation of antioxidants. **Journal American Oil Chemistry Society**, v.45, p.594-598, 1968.

MARINO NETTO, L. **Acerola: A cereja tropical**. São Paulo: Nobel, 1986. 94p.

MARTINEZ-VALVERDE, L; PERIAGO, M.J.; ROS, G. Significado nutricional de los compuestos fenólicos de la dieta. **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**, v.50, n.1, p.5-18, 2000.

MARTINS, C. G. M.; LORENZON, M. C. A.; BAPTISTA, J. L. Eficiência de Tipos de Polinização em Acerola. **Caatinga**, Mossoró, v.12, n. 1, p. 55-59, dezembro, 1999.

MATSUURA, F. C. A. U. et al. Avaliações físico-químicas em frutos de diferentes genótipos de acerola (*Malpighia puniceifolia* D.C.) **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 23, n. 3, p. 602-606, 2001.

MATSUURA, F. C. A. U.; ROLIM, R. B. Avaliação da adição de suco de acerola em suco de abacaxi visando à produção de um "blend" com alto teor de vitamina C. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.24, n.1, p. 138-141, abril, 2002.

MATTA, V. M.; CABRAL, L. M. C.; SILVA, L. F. M. Suco de Acerola Microfiltrado: Avaliação da Vida de Prateleira. **Revista Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.24, n. 2, p.293-297, abril-junho, 2004.

MAZZOLENI, E. M.; NOGUEIRA, J. M. Agricultura orgânica: características básicas do seu produtor. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, Brasília, v.44, n.2, abr./jun., 2006.

McGUIRE, R. G. Reporting of objective color measurement. **HortScience**, v. 27, n.12, p.1254-1255, 1992.

MELO, E. A.; MACIEL, M. I. S.; LIMA, V. L.A. G.; LEAL, F. L. L.; CAETANO, A. C. S.; NASCIMENTO, R. J. Capacidade antioxidante de hortaliças usualmente consumidas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 26, n. 3, p. 639-644, jul./set. 2006a.

MELO, E. A.; LIMA, V. L. A. G.; MACIEL, M. I. S. Polyphenol, ascorbic acid and total carotenoid contents in common fruits and vegetables. **Brazilian Journal Food Technology**, v. 19, n.2, p.89-94, 2006b.

MILLER, H. E. A simplified method for the evaluation of antioxidant. **Journal American Society**, v. 48, p. 91, 1971.

MILIAUSKAS, G.; VENSKUTONIS, P. R.; VAN BEEK, T. A. Screening of radical scavenging activity of some medicinal and aromatic plant extracts. **Food Chemistry**, v. 85, p. 231-237, 2004.



MOURA, C. F. H. et al. Avaliações físicas e físico-químicas de frutos de clones de aceroleira (*Malpighia emarginata* D.C.). **Revista Ciência Agronômica**, v.38, n. 1, p.52-57, 2007.

MOURA, C. F. H.; ALVES, R. E.; PAIVA, J. R. et al. Avaliação de clones de aceroleira (*Malpighia emarginata* D.C.) na região da Chapada do Apodi-CE. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 17., 2002, Belém, **Anais...** Belém: SBF, 2002. CD-ROM.

MOURA, C. F. H.; ALVES, R. E.; MOSCA, J. L.; PAIVA, J. R.; OLIVEIRA, J. J. G. Fruit physicochemical characteristics of acerola (*Malpighia emarginata*) clones in commercial orchards. **Proceedings of the Interamerican Society for Tropical Horticulture**, Guatemala, v. 41, p. 194-198. 1997.

MUSSER, R. S. **Caracterização de acessos de aceroleira (*Malpighia emarginata* D. C.) do Banco Ativo de Germoplasma em Pernambuco**. 2001.143f. Tese (Doutorado em Botânica e Melhoramento Vegetal), Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2001.

MUSSER, R. S. Situação atual e perspectivas da acerola. In: SÃO JOSÉ, A. R.; ALVES, R. E. **Acerola no Brasil: Produção e mercado**. Vitória da Conquista: DFZ/UESB, p. 4-6, 1995.

MUSSER, R. S.; LEMOS, M. A.; LIMA, V. L. A. G.; MELO, E. A.; LEDERMAN, I. E.; SANTOS, V. F. Caracterização física e de produção de acerola do banco ativo de germoplasma em Pernambuco. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 27, n. 2, p. 320-323, agosto 2005.

MUSSER, R. S.; LEMOS, M. A.; LIMA, V. L. A. G.; MELO, E. A.; LEDERMAN, I. E.; SANTOS, V. F. Características Físico-químicas de Acerolas do Banco Ativo de Germoplasma de Pernambuco. **Revista Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 24, n. 4, p. 556 - 561, out-dez. 2004.

NAGAMINE, L.; AKIYAMA, T.; KAINUMA, M. et al. Effect of acerola cherry extract on cell proliferation and activation of Râs signal pathway at the promotion stage of lung tumorigenesis in mice. **Journal of Nutritional Science and Vitaminology**, Tokyo, v.8, n.1, p.69-72, 2002.

NAKASONE, H.Y.; YAMANE, G.M.; MIYASHITA, R.K. **Selection, evaluation, and naming of acerola (*Malpighia glabra* L.) cultivars**. University of Hawaii. 1968.19p. (Circular n. 65).

NENADIS, N. et al. Estimation of scavenging activity of phenolic compounds using the ABTS\*<sup>+</sup> assay. **Journal Agriculture Food Chemistry**, v.52, p.4669-4674, 2004.

NOGUEIRA, C. M. C. C. D. **Estudo químico e tecnológico da acerola (*Malpighia glabra* L.)**. Fortaleza, 1991. 117f. Dissertação (Mestrado em Ciências), Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 1991.

NOGUEIRA, R. J. M. C.; MORAES, J. A. P. V.; BURITY, H. A.; JÚNIOR, J. F. S. Efeitos do Estádio de Maturação dos Frutos nas Características Físico-Químicas de Acerola. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 4, p. 463-470, abr.2002.

ODIN, A. P. Vitamins as antimutagens: advantages and some possible mechanisms of antimutagenic action. **Mutation Research**, Amsterdam, v.386, n.1, p.39-67,1997.

OGA, Z. **Fundamentos de toxicologia**. 2.ed. São Paulo: Atheneu, 2003, p. 39-44.

OLIVA, P. B. **Estudo do armazenamento da acerola *in natura* e estabilidade do néctar de acerola**. 1995. 103p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1995.

OLIVEIRA, M.E.B.; FEITOSA, T.; BASTOS, M. S. R.; BRANCO, M. A. A. C.; SILVA, M.G. G. Perfil químico de qualidade das polpas de acerola, cajá e caju comercializadas no Estado da Bahia. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 22, n. Especial, p. 09-15, Julho 2000.

PAIVA, J.R.; ALVES, R.E.; ALMEIDA, A. S.; PINTO, S.A.A. Conteúdo de vitamina C em plantas de acerola selecionadas nas gerações paternal e filial. Fortaleza: Embrapa-CNPAT, 1998. 3p. (EMBRAPA-CNPAT. Pesquisa em Andamento, 36).

PAIVA, J. R., ALVES, R. E., BARROS, L. M. Melhoramento genético da aceroleira (*Malpighia emarginata* D.C.) na Embrapa Agroindústria Tropical. In: QUEIROZ, M. A.; GOEDERT, C. O.; RAMOS, S. R. R., (Ed.) **Recursos genéticos e melhoramento de plantas para o Nordeste brasileiro**. Petrolina: Embrapa Semi Árido; Brasília, DF: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 1999a. Disponível em <<http://www.cpat.br>> Acesso em: 20/12/07

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

PAIVA, J. R., PAIVA, W. O., CORDEIRO, E. R., SABRY NETO, H. Parâmetros genéticos em progênies de polinização livre de acerola. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.34, n.4, p. 629-634. 1999c.

PAIVA, J. R.; ALVES, R. E.; BARROS, L. M.; CRISÓSTOMO, J. R.; MOURA, C. F. H.; ALMEIDA, A. S. Seleção de clones de acerola (*Malpighia emarginata*) no Estado do Ceará, Brasil. **Proc. Interamer. Soe. Trop. Hort.**, v. 47, p. 99-102, outubro 2003.

PAIVA, J. R.; CAVALCANTI, J. J. V.; NETO, H. S.; FREITAS, A. S. M., SOUSA, F. H. L. Variabilidade genética em caracteres morfológicos de populações de plantas jovens de acerola. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 23, n. 2, p. 350-352, 2001a.

PAIVA, J. R.; RESENDE, M. D. V.; CORDEIRO, E. R. Avaliação do número de colheitas na produção de progênies de aceroleira, repetibilidade e herdabilidade de caracteres. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 23, n. 1, p. 102-107, Abril 2001b.

PAIVA, J. R.; SANTOS, F. J. S.; CACAU, J. B.; SOUZA, R. N. M.; SOBRAL, A. R. A. Policultivo com diferentes espécies frutíferas de valor econômico. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 30, n. 1, p.81-87, Janeiro/fevereiro, 2006.

PANTASTICO, E. B. **Postharvest physiology, handling and utilization of tropical and vegetables**. Westport: AVI, 1975. 660p.

PATTERSON, M.S., MADSEN, S.J., WILSON, B.C. Experimental tests of the feasibility of singlet oxygen luminescence monitoring *in vivo* during photodynamic therapy. **Journal of Photochemistry and Photobiology**, v. 5, p. 69-84, 1990.

PENTEADO, S. R. **Introdução à agricultura orgânica: normas e técnicas de cultivo**. Campinas: Grafimagem, 2000. 110p.

PEREZ, F. G. **Manual de fisiologia, patologia post-cosecha y control de qualidade de frutas y hortalizas**. Armenia: Sena Regional Quindio, 1997. 406p.

PÉREZ-JIMÉNEZ, J.; SAURA-CALIXTO, F. Effect of solvent and certain food constituents on different antioxidant capacity assays. **Food Research International**, v.39, p.791-800, 2006.

PETINARI, R. A.; TARSITANO, M. A. A. Análise Econômica da Produção de Acerola para Mesa, em Jales-SP: Um estudo de caso. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.24, n.2, p. 411-415, agosto, 2002.

PIETTA, P. G. Flavonoids as antioxidants. **J. Natural Prod.**, v. 63, n. 7, p. 1035-1042, 2000.

PIMENTEL, M. L.; MAIA, G. A.; OLIVEIRA, G. S. F.; MONTEIRO, J. C. S.; JÚNIOR, A. S. Influência do processamento sobre a vitamina C do suco da acerola (*Malpighia glabra* L.). **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.23, n.1, p. 143-146. Abri, 2001.

PINTO, W. da S.; DANTAS, A.C. V. L.; FONSECA, A. A. O.; LEDO, C. A. da S. L.; JESUS, S. C. de; CALAFANGE, P. L. P.; ANDRADE, E. M. Caracterização física, físico-química de frutos de genótipos de cajazeira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, n. 9, p. 1059-1066, set. 2003.

PULIDO, R.; BRAVO, L.; SAURA-CALIXTO, F. Antioxidant activity of dietary polyphenols as determined by a modified ferric reducing antioxidant power assay. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.48, p.3396-3402, 2000.

RAMALHO, R. A.; ANJOS L. A.; FLORES H. Valores séricos de vitamina A e teste terapêutico em pré-escolares atendidos em uma unidade de saúde do Rio de Janeiro. **Revista de Nutrição**, Campinas, v. 14, p. 5-12, 2001.

RAMARARHNAME, N.; OSAWA, T.; OCHI, H.; KAWAKISHI, S. The contribution of plant food antioxidants to human health. **Trends Food Science Technology**, v. 6, n.3, p. 75-82, 1995.

RAO, A. V.; RAO, L. G. Carotenoids and human health. **Pharmacological Research**, v. 55, p. 207-216. 2007.

RE, R et al. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. **Free Radical Biology and Medicine**, v. 26, n. 9-10, p.1231-1237,1999.

RICE-EVANS, C. A. Flavonoid antioxidants. **Current Medicinal Chemistry**, v. 8, p. 797-807, 2001.

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

RITZINGER, R.; KOBAYASHI, A. K.; OLIVEIRA, J. R. P. **A cultura da acerola**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2003. 198p.

RODRIGUES-AMAYA, D. B. Critical review of provitamina A: determination in plants foods. **Journal Micronutrients An.**, v.5, p.191-225, 1989.

RODRIGUES-AMAYA, D. Carotenóides em alimentos brasileiros (frutas e hortaliças). In: SEMINÁRIOS AVANÇADOS EM NUTRIÇÃO, 2005. Recife-PE. **Anais**. Recife: UFPE, 2005.

ROSSO, V. V.; MERCADANTE, A. Z. The high ascorbic acid content is the main cause of the low stability of antocyanin extracts from acerola. **Food Chemistry**, v. 103, p. 935-943. 2007.

RUFINO, M. S. M. et ai. **Metodologia científica**: determinação da atividade antioxidante total em frutas pela captura do radical livre DPPH●. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2007. (Embrapa Agroindústria Tropical, Comunicado Técnico).

SÁNCHEZ-MORENO, C.; LARRAURI, J. A.; SAURA-CALIXTO, F. A procedure to measure the antiradical efficiency of polyphenols. **Journal Science Food Agriculture**, v.76, p.270-276, 1998.

SALVADOR, M., HENRIQUES, J.A.P. **Radicais livres e a resposta celular ao estresse oxidativo**. 1a Ed. Editora da ULBRA, Canoas, 2004. 200p.

SAMPAIO, C. G. Qualidade e atividade antioxidante de frutos de clones das aceroleiras Apodi, Cereja, Frutacor, Roxinha, Sertaneja e II 47/1. 2006. 64f. Monografia (Licenciatura Plena em Química) – Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza, 2006.

SANTORO, N., THIELE, D.J. Oxidative stress responses in the yeast *Saccharomyces cerevisiae*. In: **Yeast Stress Responses**. Ed. S. Hohmann and W. H. Mager. Heidelberg: Springer-Verlag GmbH & Co. KG, p. 171-212, 1997.

SANTOS, G. M. dos. **Contribuição da vitamina C, carotenóides e compostos fenólicos no potencial antioxidante de produtos comerciais de açaí e cupuaçu**. 2007. 99f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2007.

SANTOS, L. C. et al. Atividade antioxidante de xantonas isoladas de espécies de *Leiothrix* (Eriocaulaceae). **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 13, n. 2, p.67-74, 2003.

SBAF (Sociedade Brasileira de alimentos funcionais). **Alimentos Funcionais**. Disponível em: <<http://sbaf.org.br>> Acesso em: 21 mar 2007.

SCALBERT, A.; WILLIAMSON, G. Dietary intake and bioavailability of polyphenols. **Journal of Nutrition**, v.130, p. 2073-2085, 2000.

SEMENSATO, L. R. **Caracterização físico-química de frutos de genótipos de acerola (Malpighia sp.), cultivados em Anápolis-GO, processamento e estabilidade de seus produtos**. 1997. 74p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 1997.

SEMENSATO, L. R.; PEREIRA, A. S. Características de Frutos de Genótipos de Aceroleira Cultivados sob Elevada Altitude. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 5, n.12, p. 2529-2536, dez. 2000.

SHAHIDI, F.; JANITHA, P. K.; WANASUNDARA, P. D. Phenolic antioxidants. **CRC-Crit. Rev. Food Sci. Nutr.**, v.32, n. 1, p. 67-103,1992.

SILVA, J. J. M. Fatores que afetam o conteúdo do ácido ascórbico da acerola (*Malpighia glabra* L.). **Caderno de Agricultura**, v. 1, n. 1, p. 23,1994.

SILVA, C. R. M.; NAVES, M. M. V. Suplementação de vitaminas na prevenção de câncer. **Revista de Nutrição**, Campinas, v. 14, n. 2, p. 135-143, maio./ ago., 2001.

SILVA, D. S. **Estabilidade do suco tropical de goiaba (*Pisidium guajava* L) obtido pelos processos de enchimento à quente e asséptico**. 2007. 82f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2007.

SILVA, F. A. M.; BORGES, M. F. M.; FERREIRA, M. A. Métodos para avaliação do grau de oxidação lipídica e da capacidade antioxidante. **Química Nova**, v.22, n.1, p.94-103, 1999.

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

SIMÃO, S. **Manual de fruticultura**. São Paulo: Agronômica Ceres, p.477-485, 1971.

SIMARELLI, M. Frutas do Brasil. **Frutas e Derivados**, v.1, n.1, p.15-27, 2006.

SOARES, S. E. Ácidos fenólicos como antioxidantes. **Revista Nutrição**, Campinas, v. 15, n. 1, p. 71-81, jan./abr., 2002.

SOARES FILHO, W. S.; OLIVEIRA, J. R. P. Introdução. RITZINGER, R.; KOBAYASHI, A. K.; OLIVEIRA, J. R. P. **A cultura da acerola**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2003. p. 15-16.

SOARES, D. G.; ANDREZZA, A. C.; SALVADOR, M. Avaliação de compostos com atividade antioxidante em células da levedura *Saccharomyces cerevisiae*. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, v. 41, n. 1, jan./mar. 2005.

SOARES, E. C., OLIVEIRA, G. S. F., MAIA, G. A., MONTEIRO, J. C. S., SILVA Jr., A., FILHO, M. S. Desidratação da Polpa de Acerola (*Malpighia emarginata* D. C.). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.21 n. 2 p.164-170, 2001.

SOUSA, C. M. M.; SILVA, H. R.; VIEIRA-JR., G. M.; AYRES, M. C. C.; COSTA, C. L. S.; ARAÚJO, D. S.; CAVALCANTE, L. C. D.; BARROS, E. D. S.; ARAÚJO, P. B. M.; CHAVES, M. S. B. M. Fenóis totais e atividade antioxidante de cinco plantas medicinais. **Química Nova**, v. 30, n. 2, p. 351-355, 2007.

SOUZA, M. C. de. **Qualidade e atividade antioxidante de frutos de diferentes progênies de açaizeiro (*Euterpe oleracea* Mart)**. 2007. 124f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2007.

SOUZA, H. K. O.; SILVA, V. E.; FILGUEIRA, M. A.; CHAVES, J. W. N. Infestação da Aceroleira por *Ceratitis capitata* (Wiedemann, 1824) (Diptera, Tephritidae) em Mossoró-RN. **Caatinga**, Mossoró, v. 12, n. 1, p. 25-28, dez. 1999.

SOUZA, K. A.; MACIEL, M. I. S.; LIMA, V. L. A. G.; MELO, E. A.; SILVA, W. S. Caracterização físico-química de 12 genótipos de aceroleiras do banco ativo de germoplasma da UFRPE. In: 8ª JORNADA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 2004. Recife. **Anais**. Recife: FACEPE, 2004. p. 45.

SPENCER, J. P.; SCHROETER, H.; RECHNER, A. R.; RICE-EVANS, C. A. Bioavailability of flavan-3-ols and procyanidins: gastrointestinal tract influences and their relevance to bioactive forms *in vivo*. **Antioxidant Redox Signal**, v. 3, n. 6, p. 1023-1039, 2001.

**SRB** (Sociedade Rural Brasileira). Disponível em: <<http://www.srb.org.br/modules/news/article.php?storvid=2121>> Acesso em: 20 fev. 2007.

STARR, M. S.; FRANCIS, F. J. Oxygen and ascorbic acids effect on relative stability of four anthocyanins pigments in cranberry juice. **Food Technology**, v. 22, p. 1293, 1968.

STEINMETZ, K. A.; POTTER, J. D. Vegetables, fruit and cancer prevention: a review. **J. Am. Diet. Assoc.**, v. 54, p. 1027-1039, 1996.

STOCLET, J. C. et al. Vascular protection by dietary polyphenols. **European Journal Pharmacology**, v.500, p.299-313, 2004.

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

SUN, J. et al. Antioxidant and antiproliferative activities of fruits. **Journal Agriculture Food Chemistry**, v.50, p.7449-7454, 2002.

TOIT, R. D.; VOLSTEEDT, Y.; APOSTOLIDES, Z. Comparison of the antioxidant content of fruits, vegetables and teas measured as vitamin C equivalents. **Toxicology**, v. 166, p. 63-69, 2001.

VAN GADOW, A.; JOUBERT, E.; HANSMANN, C. F. **Journal Agriculture Food Chemistry**, v.45, p.632, 1997.

VANNUCCHI, H. A. F.; JORDÃO JÚNIOR. Vitaminas hidrossolúveis, In J. E. Dutra-de-Oliveira, & J. S. Marchini. **Ciências Nutricionais**. São Paulo: Sarvier. v. 403, p.191-208, 1998.

VENDRAMINI, A. L. A.; TRUGO, L. C. Chemical composition of acerola fruit (*Malpighia glabra* L.) at three stages of maturity. **Food Chemistry**, London, v. 71, n. 2, p. 195-198, 2000.

VENDRAMINI, A. L. A.; TRUGO, L. C. Phenolic compounds in acerola fruit (*Malpighia puniceifolia* L.). **J. Braz. Chem. Soe.**, v. 15, n. 5, p. 664-668, 2004.

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

VOGTMANN, H. Organic farming practices and research in Europe. In: BEZDICEK, D.F. *et. ai.* **Organic Farming: Current Technology and Its Role in a Sustainable Agriculture**. ASA Special Publication, Number 46, 1984. p. 19-36.

WANG, J.; MAZZA, G. Effects of anthocyanins and other phenolic compounds on the production of tumor necrosis factor alpha in LPS/IFN-gamma-activated RA W 264.7 macrophages. **Journal Agriculture Food Chemistry**, v.50, p.4183-4189, 2002.



WEBER, O. B.; MONTENEGRO, A. A. T.; SILVA, I. M. N.; SOARES, I.; CRISÓSTOMO, L. A. Adubação nitrogenada e potássica em bananeira 'pacovan' (Musa A.A.B., subgrupo prata) na Chapada do Apodi, Estado do Ceará. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal-SP, v. 28, n.1, p. 154-157, abril, 2006.

WIKIPEDIA. Ubajara-CE. Disponível em: <<http://pt.wikipedia.org/wiki/Ubajara#Geografia>> Acesso em: 12 abril, 2005.

WTCR/AICR - World Cancer Research Foundation and American Institute for Cancer Research. **Food Nutrition and Prevention of Cancer: a Global Perspective**. Washington: WTCR/AICR, 670p.,1997.

WU, L. et al. Antioxidant and antiproliferative activities of red pitaya. **Food Chemistry**. 2005 (in press).

YAMANE, G. M.; NAKASONE, H. Y. Pollination and fruit set studies of Acerola (*Malpighia glabra* L.) in Hawaii. **Proceedings of the American Society for Horticultural Science**, Beltsville, v. 78, p.141-148,1961.

YAMASHITA, F.; BENASSI, M. T.; TONZAR, A. C.; MORIYA, S.; FERNANDES, J. G. Produtos de acerola: estudo da estabilidade de vitamina C. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 23, n. 1, p. 92-94, 2003.

YEMN, E. W.; WILLIS, A. J. The estimation of carbohydrate in plant extracts by anthrone. **The Biochemical Journal**, London, v. 57, p.508-514, 1954.

YUTING, C., RONGLIANG, Z., ZHONGJIAN, J., YONG, J. Flavonoids as superoxide scavengers and antioxidants. **Free Radical Biology & Medicine**, v. 9, p. 19-21, 1990.

ZHANG, Y.; VAREED, S. K.; NAIR, M. G. Human tumor cell growth inhibition by nontoxic anthocyanidins, the pigments in fruits and vegetables. **Life Sciences**, v. 76, n. 13, p. 1465-1472, 2005.