



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
DEPARTAMENTO DE TECNOLOGIA DE ALIMENTOS  
PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

**SANDRA MARIA LOPES DOS SANTOS**

**RESFRIAMENTO RÁPIDO DE ACEROLA POR AR FORÇADO:  
AVALIAÇÃO DOS PARÂMETROS FÍSICOS, FÍSICO-QUÍMICOS,  
SENSORIAIS E DO PROCESSO.**

FORTALEZA  
2009

**SANDRA MARIA LOPES DOS SANTOS**

**RESFRIAMENTO RÁPIDO DE ACEROLA POR AR FORÇADO:  
AVALIAÇÃO DOS PARÂMETROS FÍSICOS, FÍSICO-QUÍMICOS,  
SENSORIAIS E DO PROCESSO.**

Dissertação submetida à Coordenação do Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Tecnologia de Alimentos.

Orientador: Prof. Dr. José Maria Correia da Costa  
Co-orientador: Prof. Dr. Marcos Rodrigues Amorim Afonso

FORTALEZA  
2009

S233r Santos, Sandra Maria Lopes dos  
Resfriamento rápido de acerola por ar forçado: avaliação dos  
parâmetros físicos, físico-químicos, sensoriais e do processo / Sandra Maria  
Lopes dos Santos, 2009  
125f. ; il. enc.

Orientador: Prof. Dr. José Maria Correia da Costa

Co-orientador: Prof. Dr. Marcos Rodrigues Amorim Afonso

Área de concentração: Tecnologia de alimentos

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Ceará, Centro de  
Ciências Agrárias. Depto. de Tecnologia de Alimentos, Fortaleza, 2009.

1. Refrigeração. 2. Vida útil. 3. *Malpighia emarginata*. 4. Pós-colheita.  
I. Costa, José Maria Correia da (orient.). II. Afonso, Marcos Rodrigues  
Amorim (co-orient.). III. Universidade Federal do Ceará – Curso de  
Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos. IV. Título.

CDD 664

**SANDRA MARIA LOPES DOS SANTOS**

**RESFRIAMENTO RÁPIDO DE ACEROLA POR AR FORÇADO:  
AVALIAÇÃO DOS PARÂMETROS FÍSICOS, FÍSICO-QUÍMICOS,  
SENSORIAIS E DO PROCESSO.**

Dissertação submetida à apreciação da banca examinadora do Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Tecnologia de Alimentos.

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

Aprovada em \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_

---

Sandra Maria Lopes dos Santos

---

Prof. Dr. José Maria Correia da Costa  
(Orientador)  
Universidade Federal do Ceará - UFC

---

Dr. Carlos Farley Herbster Moura  
Embrapa Agroindústria Tropical – CE

---

Prof. Dr. Marcos Rodrigues Amorim  
Afonso (Co-orientador) Universidade  
Federal do Ceará - UFC

---

Prof. Dr. Geraldo Arraes Maia  
Universidade Federal do Ceará - UFC

---

Prof.(a) Dra. Sueli Rodrigues  
Universidade Federal do Ceará - UFC

À Deus dedico porque sem a presença d'Ele nada seria possível.

Aos meus pais Luiz Beca dos Santos e Maria Eunice Lopes dos Santos. Aos meus irmãos Hellen Lopes dos Santos, Elaine Cristina Lopes dos Santos e Luiz Beca dos Santos Filho.

Ao meu namorado Anderson Maciel de Vasconcelos.

A vocês dedico por toda paciência com que suportaram todas as minhas dificuldades, mas principalmente pelo carinho e amor que sempre me deram e continuam me dando até hoje.

## AGRADECIMENTOS

A Deus por me abençoar diariamente e por permitir que mais esta etapa fosse realizada em minha vida.

A minha família pela presença constante, pelo apoio incondicional e por todos os momentos compartilhados. Eu amo vocês!

À Universidade Federal do Ceará, pela oportunidade de fazer o curso de graduação e o de mestrado, bem como ao corpo docente do Curso de Engenharia de Alimentos e do Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos por todo conhecimento repassado ao longo destes anos.

Ao professor Dr. José Maria Correia da Costa, pela orientação, apoio e compreensão nos momentos necessários.

Ao professor Dr. Marcos Rodrigues Amorim Afonso, pela co-orientação, paciência e atenção dispensada.

Ao pesquisador Dr. Carlos Farley Herbster Moura, bem como aos professores Dr. Geraldo Arraes Maia e Dra. Sueli Rodrigues por terem aceitado participar desta banca de defesa de dissertação, enriquecendo ainda mais este trabalho.

A Lívia, por todo companheirismo, por todas as dificuldades superadas juntas desde a graduação e por acreditar em mim sempre. Obrigada.

A Ana Maria pelo exemplo de organização, amizade e paciência. A você que sempre diz que sou seu braço direito e esquerdo, a você que foi minha cabeça, meu juízo. Muito obrigada.

Ao meu amado Anderson Maciel de Vasconcelos, pelo apoio, incentivo, convívio e ajuda incondicional durante todo esse período. Obrigada por acreditar no meu trabalho e por ajudar diretamente na concretização deste sonho. Amo-te.

Aos demais amigos que aqui não foram citados, mas nem por isso são menos importantes. Vocês fazem parte de uma história que eu vou guardar para sempre em meu coração.

A todas as pessoas presentes em minha vida que contribuíram de forma direta ou indireta para minha formação pessoal e profissional.

Por fim, agradeço a Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FUNCAP), pela concessão da bolsa de estudo e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq pelo financiamento do projeto de pesquisa.

“ **R**enda-se como eu me rendi;

Mergulhe no que você não conhece como eu mergulhei;

Não se preocupe em entender;

Viver ultrapassa todo e qualquer entendimento. ”

***Clarice Lispector***

## RESUMO

### RESFRIAMENTO RÁPIDO DE ACEROLA POR AR FORÇADO: AVALIAÇÃO DOS PARÂMETROS FÍSICOS, FÍSICO-QUÍMICOS, SENSORIAIS E DO PROCESSO.

O presente trabalho teve como objetivo montar um sistema de resfriamento rápido por ar forçado para acerola e verificar sua influência sobre a vida útil pós-colheita da referida fruta através das análises químicas, físico-químicas e sensoriais da mesma. As acerolas foram colhidas no estádio de maturação comercial, de um plantio comercial localizado em Caucaia – Ceará e transportadas para o Laboratório de Controle de Qualidade do Departamento de Engenharia de Alimentos, localizado na Universidade Federal do Ceará, onde foram feitas as análises. As etapas de resfriamento rápido e de armazenamento foram realizadas no Laboratório de Refrigeração localizado no mesmo Departamento. As frutas foram selecionadas, lavadas em água corrente, imersas em solução detergente e após o enxague foram sanitizadas. Feito isso, elas foram submetidas aos ensaios; foram realizadas 11 condições de resfriamento rápido (cinco áreas de aberturas e cinco intervalos distintos entre a colheita e o resfriamento), além das testemunhas, frutas armazenadas a temperatura ambiente e frutas armazenadas sob refrigeração sem a prévia aplicação do resfriamento rápido. A temperatura final das frutas no resfriamento rápido foi de aproximadamente 8 °C. Após esta etapa todas foram armazenadas em câmaras refrigeradas a 8 °C ± 3 com 90% ± 3 de umidade, com exceção do ambiente - E12 que foi armazenado à 29 °C. As variáveis estudadas foram o coeficiente convectivo de transferência de calor, vazão, velocidade do ar e vida útil. As análises físico-químicas, químicas e sensoriais foram realizadas a cada dois dias e no caso do E12 foi realizado diariamente sendo caracterizados massa, diâmetro transversal e longitudinal, umidade, volume, perda de massa, vitamina C, pH, sólidos solúveis, acidez titulável, avaliação sensorial da cor e da aparência externa da fruta. Os resultados mostraram que no que se refere aos parâmetros envolvidos no processo de resfriamento rápido por ar forçado, o ensaio E03 (maior área de abertura e menor intervalo entre a colheita e o resfriamento) foi o que apresentou melhor eficiência de resfriamento. Isto porque ele apresentou os melhores valores de n° de *Biot*, coeficiente de resfriamento e coeficiente convectivo de transferência de calor. Com relação à perda de massa, esta foi retardada quando relacionada com as frutas submetidas ao armazenamento à temperatura ambiente, porém, quando relacionadas às submetidas ao resfriamento lento, apenas dois ensaios se destacaram (E04 - maior área de abertura e menor tempo e E06 - ponto central). Quanto à vida útil, foi observado que as acerolas foram bem aceitas em relação ao parâmetro cor até o oitavo dia de armazenamento para todos os ensaios. Quanto às características químicas e físico-químicas, não é possível afirmar que as mudanças ocorridas sejam decorrentes do tratamento aplicado, tendo em vista que são alterações que ocorrem normalmente durante a maturação das frutas. Fazem-se necessários estudos posteriores aumentando o intervalo entre a colheita e o resfriamento rápido, para que assim, possa ser melhor avaliado a influência deste parâmetro sobre a vida útil da acerola.

Palavras-chave: Refrigeração, vida útil, *Malpighia emarginata*, pós-colheita.



## ABSTRACT

### **FORCED AIR COOLING OF ACEROLA: EVALUATION OF THE PARAMETERS PHYSICAL, PHYSICAL-CHEMICAL, SENSORIAL AND OF THE PROCESS.**

This study aimed to build a system of forced air cooling to acerola and check its influence on post-harvest shelf life of the fruit through chemical analysis, physical-chemical and sensory of it. The acerola were harvested at the stage of commercial maturity, of a commercial plantation located in Caucaia - Ceará and transported to the Laboratory for Quality Control, Department of Food Engineering at Federal University of Ceará, where the tests were made. The stages of rapid cooling and storage were performed at the Laboratory of Refrigeration located in the same department. The fruits were selected, washed in running water, immersed in a solution after the detergent and rinse were sanitized. Then, they were subjected to tests, were 11 conditions of rapid cooling (five areas of openings and five different intervals between harvest and cooling), in addition to the witnesses, fruit stored at room temperature and fruit stored under refrigeration without the prior application of rapid cooling. The final temperature of the fruit in the rapid cooling was approximately 8 ° C. After this stage all chambers were stored in chilled to 8 ° C ± 3 to 90 ± 3% moisture, with the exception of the environment - E12 which was stored at 29 ° C. The variables studied were the answers coefficient of convective heat transfer, flow, speed of air and shelf life. The physico-chemical analysis, chemical and sensory were taken every two days and in the case of E12 was performed daily and is characterized mass, transverse and longitudinal diameter, moisture content, volume, weight loss, vitamin C, pH, soluble solids, acidity , sensory evaluation of color and external appearance of fruit. The results showed that with regard to parameters involved in the process of forced air cooling, the test E03 (greater area of the opening and lower interval between harvest and cooling) was the efficiency of cooling. This is because it showed the best values of number of Biot, a cooling rate and coefficient of convective heat transfer. With respect to weight loss, was delayed when related to the fruit subjected to storage at room temperature but when the subject related to the room cooling, only two stood out tests (E04 - the largest opening and less time and E06 - central point). In shelf life, it was observed that the acerola were well accepted in the color parameter to the eighth day of storage for all tests. As the chemical characteristics and physical-chemical, you can not say that changes are arising from the treatment, since they are changes that typically occur during the ripening of fruit. It is necessary to further studies by increasing the interval between harvest and rapid cooling, so that may be better assessed the influence of this parameter on the shelf life of the acerola.

Keywords: chilling, shelf life, *Malpighia emarginata*, post-harvest.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 -	Transpiração de frutas e hortaliças, relacionando-se fenômenos e fatores.....	28
Figura 2 -	Sistema de resfriamento por ar forçado, tipo túnel.....	32
Figura 3 -	Modelo de uma curva típica de resfriamento de produtos hortícolas.....	38
Figura 4 -	Mapa com a localização de Caucaia.....	43
Figura 5 -	Disposição dos furos nas caixas com porcentagens de aberturas distintas (4,48%, 5,57%, 8,35%, 11,13% e 12,45% da área de abertura lateral).....	45
Figura 6 -	Sistema de resfriamento rápido por ar forçado.....	47
Figura 7 -	Termopar inserido no fruto.....	48
Figura 8 -	Fluxograma de atividades realizadas após a recepção dos frutos no Laboratório.....	50
Figura 9 -	Modo de apresentação das amostras referentes a avaliação sensorial.....	55
Figura 10 -	Distribuição de temperatura experimental no resfriamento rápido de acerola do ensaio E01, embalado em caixas de papelão com área de abertura de 11,13% e 11 h 30 min. após a colheita.....	63
Figura 11 -	Coefficiente convectivo de transferência de calor estimado versus coeficiente convectivo de transferência de calor observado do resfriamento rápido de acerola.....	66
Figura 12 -	Vazão do ar estimada versus vazão do ar observada durante resfriamento rápido de acerola.....	67
Figura 13 -	Superfície de resposta da vazão do ar em função do tempo entre o resfriamento rápido e a colheita e a área de abertura na lateral das caixas.....	68
Figura 14 -	Velocidade do ar estimada versus velocidade do ar observada durante resfriamento rápido de acerola.....	69
Figura 15 -	Superfície da velocidade do ar em função do tempo entre o resfriamento rápido e a colheita e a área de abertura na lateral das caixas.....	72
Figura 16 -	Vida útil estimada versus vida útil observada durante resfriamento rápido de acerola.....	71
Figura 17 -	Médias hedônicas e Tukey para o atributo cor em acerolas armazenadas durante 5, 8 e 10 dias, onde 1,0 = desgostei muitíssimo; 5,0 = nem gostei/nem desgostei e 9,0 = gostei muitíssimo.....	75
Figura 18 -	Média, desvio padrão e Teste de Tukey da perda de massa (%) de acerola no último dia de armazenamento.....	78
Figura 19 -	Acerolas no final do armazenamento.....	79
Figura 20 -	Média, desvio padrão e Teste de Tukey de vitamina C encontrada em acerolas quando submetidas às condições do ensaio E01 (acerolas armazenadas em caixa de papelão com área de abertura de 11,13%, 11 h 30 min. após a colheita).....	80
Figura 21 -	Média, desvio padrão e teste de Tukey de vitamina C encontrada em acerolas ao 16º dia de armazenamento.....	82
Figura 22 -	Média e desvio padrão encontrados para pH ao longo do armazenamento de acerolas quando submetidas as condições do ensaio E01 (acerolas armazenadas	

	em caixa de papelão com área de abertura de 11,13%, 11 h 30 min. após a colheita).....	84
Figura 23 -	Média, desvio padrão e Tukey encontrados para pH ao 16° dia de armazenamento para os onze ensaios submetidos previamente ao resfriamento rápido .....	85
Figura 24 -	Média e desvio padrão encontrados para acidez titulável ao longo do armazenamento de acerolas quando submetidas às condições do ensaio E01 (acerolas armazenadas em caixa de papelão com área de abertura de 11,13%, 11 h 30 min. após a colheita) .....	86
Figura 25 -	Média e desvio padrão encontrados para sólidos solúveis ao longo do armazenamento de acerolas quando submetidas às condições do ensaio E01 (acerolas armazenadas em caixa de papelão com área de abertura de 11,13%, 11 h 30 min. após a colheita) .....	88

### LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Principais municípios produtores de acerola no Estado do Ceará. ....	19
Tabela 2 -	Valores médios de peso, diâmetro e comprimento de acerola, segundo diferentes autores. ....	22
Tabela 3 -	Composição nutricional da acerola por 100 gramas de porção comestível.....	23
Tabela 4 -	Valores médios de vitamina C, pH, sólidos solúveis (SS) e acidez titulável (AT) de acerolas, segundo diferentes autores.....	26
Tabela 5 -	Pluviosidade ocorrida no período de janeiro de 2008 a janeiro de 2009 na região de Caucaia .....	44
Tabela 6 -	Medida do diâmetro das diferentes serras-copo utilizadas, bem como, sua área de equivalência com a respectiva porcentagem de área de abertura apresentada em relação à área lateral da caixa .....	45
Tabela 7 -	Planejamento fatorial completo com três pontos centrais e quatro axiais. ....	52
Tabela 8 -	Lote representativo dos ensaios submetidos, ou não, ao resfriamento rápido por ar forçado .....	54
Tabela 9 -	Valores médios e desvio padrão de massa e diâmetros das acerolas utilizadas nos ensaios submetidos ao resfriamento rápido.....	58
Tabela 10 -	Média do volume e da massa específica das acerolas em estudo. ....	60
Tabela 11 -	Valores médios e desvios do conteúdo de água das acerolas estudadas .....	60
Tabela 12 -	Dados de área de abertura, tempo entre a colheita e o resfriamento rápido, velocidade do ar, temperatura inicial e final dos frutos e o tempo de resfriamento .....	61
Tabela 13 -	Parâmetros do resfriamento rápido de acerola nas diferentes condições avaliadas.....	65
Tabela 14 -	Resultados das variáveis respostas do resfriamento rápido por ar forçado de acerola.....	67
Tabela 15 -	Médias hedônicas e desvio padrão dos resultados da análise sensorial de acerola armazenada a temperatura ambiente para o parâmetro cor .....	72
Tabela 16 -	Médias hedônicas e desvio padrão dos resultados da análise sensorial de acerola armazenada sob refrigeração para o parâmetro cor.....	74
Tabela 17 -	Valores médios da perda de massa ocorrida em acerola durante seu armazenamento .....	77
Tabela 18 -	Perda de vitamina C ao final do armazenamento de acerola submetido a diferentes condições de Ensaio .....	81
Tabela 19 -	Média e Teste de Tukey para os parâmetros vitamina pH e acidez titulável de acerolas submetidas previamente ao resfriamento rápido ao 16º dia de armazenamento .....	87
Tabela 20 -	Média e Teste de Tukey para os parâmetros de sólidos solúveis de acerolas submetidas previamente ao resfriamento rápido ao 16º dia de armazenamento..	89

## LISTA DE APÊNDICES

Apêndice A - Definições dos defeitos observados nas acerolas apresentadas aos provadores...	106
Apêndice B - Ficha sensorial utilizada para avaliação da aparência externa.....	107
Apêndice C - Distribuição de temperatura experimental no resfriamento rápido de acerola do Ensaio 02, embalado em caixa de papelão com área de abertura de 5,57% e 12 h 30 min. após a colheita.....	108
Apêndice D - Distribuição de temperatura experimental no resfriamento rápido de acerola do Ensaio 03, embalado em caixa de papelão com área de abertura de 11,13% e 5 h 30 min. após a colheita.....	108
Apêndice E - Distribuição de temperatura experimental no resfriamento rápido de acerola do Ensaio 04, embalado em caixa de papelão com área de abertura de 5,57% e 5 h 30 min. após a colheita.....	109
Apêndice F - Distribuição de temperatura experimental no resfriamento rápido de acerola do Ensaio 05, embalado em caixa de papelão com área de abertura de 8,35% e 8 h 30 min. após a colheita.....	109
Apêndice G - Distribuição de temperatura experimental no resfriamento rápido de acerola do Ensaio 06, embalado em caixa de papelão com área de abertura de 8,35% e 8 h 30 min. após a colheita.....	110
Apêndice H - Distribuição de temperatura experimental no resfriamento rápido de acerola do Ensaio 07, embalado em caixa de papelão com área de abertura de 8,35% e 8 h 30 min. após a colheita.....	110
Apêndice I - Distribuição de temperatura experimental no resfriamento rápido de acerola do Ensaio 08, embalado em caixa de papelão com área de abertura de 4,48% e 8 h 30 min. após a colheita.....	111
Apêndice J - Distribuição de temperatura experimental no resfriamento rápido de acerola do Ensaio 09, embalado em caixa de papelão com área de abertura de 1,42% e 8 h 30 min. após a colheita.....	111
Apêndice L - Distribuição de temperatura experimental no resfriamento rápido de acerola do Ensaio 10, embalado em caixa de papelão com área de abertura de 8,35% e 4 h 15 min. após a colheita.....	112
Apêndice M - Distribuição de temperatura experimental no resfriamento rápido de acerola do Ensaio 11, embalado em caixa de papelão com área de abertura de 8,35% e 12 h 45 min. após a colheita.....	112
Apêndice N - Análise de variância (ANOVA) para o coeficiente convectivo de transferência de calor ( $W/m^2 \text{ } ^\circ C$ ) observado em acerolas em função da área de abertura das embalagens e do tempo entre a colheita e o resfriamento rápido .....	113
Apêndice O - Análise de variância (ANOVA) para a variável vazão do ar (L/s) ocorrido em acerolas em função da área de abertura das embalagens e do tempo entre a colheita e o resfriamento rápido.....	113
Apêndice P - Coeficientes de regressão, erro padrão e <i>p</i> -valores para a variável vazão do ar (L/s) ocorrido em acerolas em função da área de abertura das embalagens e do tempo entre a colheita e o resfriamento rápido .....	114

Apêndice Q - Análise de variância (ANOVA) para a variável velocidade do ar ( $m/s^2$ ) ocorrido em acerolas em função da área de abertura das embalagens e do tempo entre a colheita e o resfriamento rápido.....	114
Apêndice R - Coeficientes de regressão, erro padrão e <i>p</i> -valores para a variável velocidade do ar ( $m/s^2$ ) ocorrido em acerolas em função da área de abertura das embalagens e do tempo entre a colheita e o resfriamento rápido .....	114
Apêndice S - Análise de variância (ANOVA) para a variável vida útil (dias) ocorrido em acerolas em função da área de abertura das embalagens e do tempo entre a colheita e o resfriamento rápido.....	114
Apêndice T - Média e Teste de Tukey para os parâmetros sensoriais avaliados para as acerolas armazenadas à temperatura ambiente (E12).....	115
Apêndice U - Média e Teste de Tukey para os parâmetros sensoriais avaliados para as acerolas armazenadas sob refrigeração (E13).....	116
Apêndice V - Média e Teste de Tukey para as acerolas previamente submetidas ao resfriamento rápido, avaliadas quanto ao parâmetro “cor” .....	116
Apêndice X - Média e Teste de Tukey para as acerolas previamente submetidas ao resfriamento rápido, avaliadas quanto ao parâmetro “aspecto de fofo” .....	117
Apêndice Z - Média e Teste de Tukey para as acerolas previamente submetidas ao resfriamento rápido, avaliadas quanto ao parâmetro “colapso de polpa” .....	117
Apêndice AA - Média e Teste de Tukey para as acerolas previamente submetidas ao resfriamento rápido, avaliadas quanto ao parâmetro “incidência de fungos”.. ....	118
Apêndice AB - Média e Teste de Tukey para as acerolas previamente submetidas ao resfriamento rápido, avaliadas quanto ao parâmetro “senescência” .....	118
Apêndice AC - Média e Teste de Tukey para perda de massa ocorrida em acerolas armazenadas à temperatura ambiente (E12) e sob refrigeração (E13) .....	119
Apêndice AD - Média e Teste de Tukey para perda de massa de acerolas previamente submetidas ao resfriamento rápido e armazenadas sob refrigeração .....	120
Apêndice AE - Teste de Tukey para os parâmetros perda de massa, vitamina C, pH, acidez titulável e sólidos solúveis de acerolas armazenadas a temperatura ambiente (E12) .....	121
Apêndice AF - Teste de Tukey para os parâmetros perda de massa, vitamina C, pH, acidez titulável e sólidos solúveis de acerolas armazenadas sob refrigeração (E13) .....	121
Apêndice AG - Média e Teste de Tukey para vitamina C em acerola encontrada nos onze ensaios distintos ao longo do armazenamento .....	122
Apêndice AH - Média e Teste de Tukey para pH em acerola encontrada nos onze ensaios distintos ao longo do armazenamento .....	122
Apêndice AI - Média e Teste de Tukey para acidez em acerola encontrada nos onze ensaios distintos ao longo do armazenamento .....	123
Apêndice AJ - Média e Teste de Tukey para sólidos solúveis (SS) em acerola encontrada nos onze ensaios distintos ao longo do armazenamento .....	123

## SUMÁRIO

<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	I
<b>LISTA DE TABELAS</b> .....	III
<b>LISTA DE APÊNDICES</b> .....	IV
<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	15
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	17
<b>2.1 Acerola</b> .....	17
2.1.1 Origem e dispersão.....	17
2.1.2 Produção, colheita e comercialização.....	17
2.1.3 Botânica.....	20
2.1.4 Morfologia.....	20
2.1.5 Propagação.....	21
2.1.6 Fatores de qualidade da acerola.....	21
<b>2.2 Respiração e transpiração</b> .....	26
<b>2.3 Conservação pelo frio</b> .....	29
<b>2.4 Resfriamento Rápido de Frutas</b> .....	30
2.4.1 Resfriamento lento.....	31
2.4.2 Resfriamento rápido por água gelada.....	31
2.4.3 Resfriamento rápido com gelo.....	31
2.4.4 Resfriamento rápido à vácuo.....	32
2.4.5 Resfriamento Rápido por Ar Forçado.....	32
<b>2.5 Propriedades térmicas</b> .....	34
2.5.1 Massa específica.....	34
2.5.2 Condutividade térmica.....	34
2.5.3 Difusividade térmica.....	35
2.5.4 Calor específico.....	36
2.5.5 Conteúdo de água.....	36
2.5.6 Coeficiente convectivo de transferência de calor.....	36
<b>2.6 Modelo matemático</b> .....	37
<b>2.7 Análise sensorial como ferramenta de qualidade</b> .....	41
<b>3 MATERIAL</b> .....	43
<b>3.1 Produto</b> .....	43
<b>3.2 Embalagens</b> .....	44
<b>3.3 Câmara de refrigeração</b> .....	46
<b>3.4 Sistema de resfriamento rápido</b> .....	46
<b>3.5 Instrumentação</b> .....	47
<b>4 MÉTODOS</b> .....	49
<b>4.1 Medidas</b> .....	49
<b>4.2 Planejamento dos experimentos</b> .....	51
<b>4.3 Modelo matemático do resfriamento rápido</b> .....	52
<b>4.4 Caracterização física</b> .....	53
4.4.1 Massa.....	53
4.4.2 Diâmetro longitudinal e transversal.....	53
4.4.3 Umidade ou conteúdo de água.....	53
4.4.4 Volume.....	54
<b>4.5 Avaliação da vida útil pós-colheita</b> .....	54

4.5.1 Avaliação sensorial.....	55
4.5.2 Perda de massa .....	56
4.5.3 Determinação de ácido ascórbico total .....	56
4.5.4 pH .....	57
4.5.4 Sólidos Solúveis Totais .....	57
4.5.6 Acidez Titulável .....	57
<b>5 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>58</b>
<b>5.1 Caracterização física .....</b>	<b>58</b>
<b>5.2 Resfriamento rápido por ar forçado.....</b>	<b>61</b>
<b>5.3 Delineamento experimental .....</b>	<b>65</b>
5.3.1 Coeficiente convectivo de transferência de calor ( <i>hc</i> ).....	66
5.3.2 Vazão .....	67
5.3.3 Velocidade do ar.....	68
5.3.4 Vida útil .....	70
<b>5.4 Avaliação da vida útil pós-colheita .....</b>	<b>72</b>
5.4.1 Cor e aparência externa .....	72
5.4.2 Perda de massa .....	77
5.4.3 Vitamina C .....	80
5.4.4 pH e acidez .....	83
5.4.5 Sólidos solúveis.....	87
<b>6 CONCLUSÕES .....</b>	<b>90</b>
<b>7 SUGESTÕES PARA FUTUROS TRABALHOS .....</b>	<b>91</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>92</b>
<b>APÊNDICES .....</b>	<b>105</b>



## 1 INTRODUÇÃO

A fruticultura é considerada uma das atividades mais dinâmicas da economia brasileira por apresentar uma contínua evolução. Sua produção é capaz de suprir as necessidades do mercado interno e vem ganhando cada vez mais espaço no mercado internacional abastecendo-o com frutas tropicais, subtropicais e de clima temperado. Segundo dados do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) esta atividade representa papel relevante na economia nacional. O Brasil é um dos maiores produtores mundiais de frutas, só em 2007, foram colhidos cerca de 43,7 milhões de toneladas, contudo, deste montante, apenas aproximadamente 2,0% da sua produção *in natura* foi exportada, o que leva o país a ocupar o 15º lugar no ranking dos países exportadores de frutas (AGRIANUAL, 2008).

Apesar de o país ser um grande produtor de frutas, boa parte da sua produção é perdida durante as etapas que sucedem a colheita, o que pode ser um dos fatores determinantes para o baixo índice de exportação das mesmas. Alternativas vêm sendo buscadas para diminuir estas perdas, que geralmente são decorrentes da deficiência de técnicas adequadas de conservação pós-colheita, do uso de transporte inadequado e do armazenamento sob condições desfavoráveis a manutenção da qualidade das frutas.

Dentre os métodos de tecnologia pós-colheita de frutas e hortaliças utilizados, pode-se destacar o uso do resfriamento rápido, que consiste em remover rapidamente o calor do produto recém-colhido (calor vital e calor do campo) antes do armazenamento, processamento ou transporte por longas distâncias, com o objetivo de reduzir a atividade metabólica dos tecidos e conseqüentemente, sua deterioração. Destacam-se como principais métodos de resfriamento rápido para frutas e hortaliças o uso de ar forçado, água gelada, gelo e vácuo. Dentre estes o mais utilizado para alimentos é o resfriamento rápido por ar forçado no qual, o ar é o meio de resfriamento (CORTEZ; CASTRO; VIGNEAULT, 2002).

A comercialização da maioria dos vegetais frescos pode ser prolongada pelo armazenamento imediato do mesmo, em condições atmosféricas que mantenham a sua qualidade. Portanto o armazenamento visa minimizar a intensidade do processo vital das frutas e hortaliças, através de condições adequadas, que permitam uma redução no metabolismo normal, sem alterar a fisiologia do produto (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

Contudo, na ausência de um tratamento adequado, o tempo de vida útil pós-colheita das frutas pode ser diminuído bruscamente. O controle da umidade, além da

temperatura pós-colheita, pode significar um importante passo na conservação de suas qualidades sensoriais e nutricionais. Dussan Sarria e Honório (2005) relatam que quanto mais rápido se aplicar o resfriamento, maior o tempo de conservação e melhor as condições que a fruta apresentará para comercialização e complementam: um produto, mesmo resfriado rapidamente, só se manterá em boas condições de conservação, se o seu conteúdo de calor for mantido até seu consumo final. Quando por alguma razão a “cadeia do frio” é quebrada, diminui-se, conseqüentemente, o período de conservação pela diminuição da qualidade do produto.

Os mercados consumidores, nacionais e internacionais, apresentam uma demanda crescente por frutas e seus subprodutos, os quais representam fontes importantes de vitaminas e minerais, nutrientes reconhecidos como fundamentais a saúde do ser humano.

Dentre as várias frutas produzidas no Brasil, a acerola vem ganhando cada vez mais destaque principalmente pelo seu elevado teor de ácido ascórbico e pela presença de compostos benéficos, tais como os antioxidantes (ASENJO, 1959). Outro destaque é a classificação desta fruta como alimento funcional, a qual se dá justamente pelo seu alto conteúdo de vitamina C e pela presença de carotenóides e antocianinas em sua composição. Além disso, pode-se destacar, ainda, o seu fácil cultivo, o sabor e aroma agradáveis e a grande capacidade de aproveitamento industrial, que viabiliza a elaboração de vários produtos ao mesmo tempo em que promove a geração de empregos (FREITAS *et al.*, 2006).

A acerola, assim como os frutos em geral, é altamente perecível em virtude do seu elevado teor de umidade. Este aspecto contribui para o maior entrave na difusão e comercialização de acerola na forma natural devido a curta vida útil pós-colheita da referida fruta que também sofre influência das reações metabólicas por estas continuarem a ocorrer nos frutos durante todo o período pós-colheita. O emprego do resfriamento rápido pode ser uma alternativa viável para a manutenção da qualidade da mesma por mais alguns dias.

Diante do exposto, os objetivos deste trabalho foram: montar um sistema de resfriamento rápido por ar forçado e aplicá-lo à acerola; caracterizar os parâmetros químicos, físico-químicos e sensoriais das frutas; além de medir, avaliar e quantificar os parâmetros envolvidos no processo de resfriamento rápido por ar forçado e deste modo identificar a melhor condição do processo com base nos principais parâmetros de resfriamento.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Acerola

#### 2.1.1 Origem e dispersão

A acerola (*Malpighia emarginata* D. C.) é originária das Antilhas e dispersou-se para outras regiões do mundo principalmente, por se destacar como uma excelente fonte de vitamina C, estabelecendo-se particularmente em ecossistemas tropicais e subtropicais do continente americano (GONZAGA NETO; SOARES, 1994; SOBRINHO; BANDEIRA; ALVES, 2001).

No Brasil, a introdução desta frutífera ocorreu na década de 50, oriunda de Porto Rico, mas só a partir dos anos 80, com o aumento da demanda do produto tanto em nível nacional quanto internacional, depois de sua divulgação como fruta rica em vitamina C, foi que os plantios desta cultura ganharam expressão econômica, fazendo com que seu cultivo se espalhasse de forma rápida e desordenada, o que resultou na produção de frutos com acentuada variabilidade em suas características (OLIVEIRA; SOARES FILHO, 1998).

#### 2.1.2 Produção, colheita e comercialização

A acerola desenvolve-se bem em clima tropical e subtropical. Temperaturas médias em torno de 26 °C e chuvas variando de 1.200 a 1.600 mm, bem distribuídas, são ideais para a cultura. O seu cultivo pode ser feito em quase todos os tipos de solo, devendo-se preferir, no entanto, os solos profundos, argilo-arenosos, de boa fertilidade e drenagem satisfatória. A aceroleira começa a frutificar no primeiro ano após o plantio, chegando a produzir de quatro a sete colheitas por ano. Geralmente, levam aproximadamente 22 dias desde a floração até a maturação. A média de produção varia de 2,0 kg no primeiro ano a 47,0 kg no sexto ano. Caso seja irrigada, produz o ano todo, com uma pequena paralisação após as chuvas (PORTAL SÃO FRANCISCO, 2009; VILELA, 2009).

A colheita da acerola deve ser feita de forma manual e diária, devido à fragilidade do fruto e ao rápido amadurecimento (ALMEIDA; LOPES; OLIVEIRA, 2006). A colheita das frutas dependerá da coloração da película e do fim a que esta se destina. Quando a finalidade é o consumo na forma de fruta fresca, produção de polpa ou de suco, estas devem ser colhidas quando a película se apresentar na cor vermelha. Se o destino da acerola for a

indústria farmacêutica ou de concentrados para o enriquecimento de alimentos, ela deve ser colhida mais cedo, quando o teor de vitamina C é mais alto (fruto verde, verde-amarelado ou no início da pigmentação vermelha) (PORTAL SÃO FRANCISCO, 2009). As acerolas destinadas a mercados distantes devem ser colhidas "de vez". Deve-se evitar que os frutos sofram pancadas ou ferimentos durante a colheita, seleção e embalagem, pois isso acelera sua deterioração. Após a colheita as frutas devem ser colocadas em caixas plásticas com altura máxima de 15,0 cm onde serão transportados até o ponto de comercialização ou beneficiamento (ALMEIDA; LOPES; OLIVEIRA, 2006).

Deve-se ter cuidado no acondicionamento dos frutos, principalmente os maduros, que devem ser colocados nas caixas de colheita em poucas camadas, pois o peso das camadas superiores pode provocar o rompimento da casca dos frutos das camadas de baixo. O uso de refrigeração é essencial para evitar a deterioração rápida da acerola. Não se deve usar, porém, temperatura inferior a 8 °C e umidade relativa inferior a 90% (PORTAL SÃO FRANCISCO, 2009; VILELA, 2009).

Segundo Franco (2008) o Brasil é o maior produtor e exportador de acerola do mundo, com plantios comerciais praticamente em todos os estados brasileiros, estando concentrada grande parte da safra nacional na região Nordeste, isto devido às condições favoráveis de clima e de solo. Os estados desta região que se destacam na produção desta fruta são Bahia, Ceará, Pernambuco e Rio Grande do Norte que juntos processam cerca de 35 mil toneladas de acerola por ano, volume que rende algo em torno de 18 mil litros de suco e polpa destinados em especial para o Japão, Europa e Estados Unidos.

Segundo o Grupo de Coordenação de Estatísticas Agropecuárias do Ceará – GCEA- IBGE, o Ceará produziu em dezembro de 2008, 10.492 toneladas de acerola, apresentando um rendimento médio de 7.147 kg/ha. A Tabela 1 apresenta os principais municípios produtores de acerola do Ceará.

Tabela 1 – Principais municípios produtores de acerola no Estado do Ceará.

<b>Município</b>	<b>Produção (t)</b>
Ubajara	2.040
Jaguaruana	992
Baturité	647
Maranguape	480
Boa viagem	400

Fonte: GCEA – IBGE (2008).

No Brasil a acerola é comercializada principalmente *in natura* (70% da produção) ou em polpa (30% da produção), nos grandes centros urbanos. No varejo aparece em feiras livres, supermercados, lanchonetes e sorveterias (ALMEIDA; LOPES; OLIVEIRA, 2006), podendo ser consumida tanto *in natura* quanto processada na forma de sucos, compotas e geléias, bem como ser utilizada no enriquecimento de sucos e de alimentos dietéticos e nutracêuticos, bebidas para esportistas, barras nutritivas, iogurtes, chás ou ainda, como suplemento alimentar na forma de comprimidos ou cápsulas (CARPENTIERI-PÍPOLO *et al.*, 2002; MATSUURA; ROLIM, 2002; MATTA; CABRAL; SILVA, 2004).

Uma novidade é o refrigerante de acerola. Bernardino (2002) desenvolveu este produto a partir do suco integral da fruta, com teores variáveis de extrato (10,11 e 12 °Brix) e diferentes meios de conservação (pasteurização e conservante químico). Os refrigerantes obtidos apresentaram teor médio de vitamina C elevado (277 mg ácido ascórbico/100 mL), boa aceitação sensorial e vida de prateleira de 30 dias.

Já Barnabé e Venturini Filho (2004) desenvolveram refrigerante de acerola, a partir suco desidratado e extrato seco da fruta com acidez fixa (0,15%) e os teores de sólidos solúveis variáveis (10, 11 e 12 °Brix). O teor médio de vitamina C foi de 12,40 mg de ácido ascórbico/100 mL para os refrigerantes produzidos com suco desidratado e 112,58 mg de ácido ascórbico/100 mL para aqueles produzidos com extrato seco de acerola. Durante o período de armazenagem (150 dias), as bebidas apresentaram aumento no teor de acidez e mudanças na coloração. Os testes de aceitação demonstraram que as bebidas apresentaram boa aceitabilidade. A vida de prateleira dos refrigerantes variou de acordo com o teor de sólidos solúveis e a fonte de matéria-prima de acerola usada na formulação das bebidas. Estes mesmos autores comprovaram a viabilidade de exploração comercial destes produtos tendo em vista, que os refrigerantes produzidos por eles se mostraram competitivos no mercado com

custos de produção e de comercialização inferiores aos verificados no varejo (BARNABÉ; VENTURINI FILHO, 2006).

### 2.1.3 Botânica

A aceroleira pertence à família Malpighiaceae, gênero *Malpighia*, cuja família engloba cerca de 60 gêneros e 850 espécies. A acerola corresponde à espécie *Malpighia emarginata* Sessé e Moc. ex D.C. (OLIVEIRA *et al.*, 2003). Existem mais de 42 variedades de acerola que são cultivadas no Brasil. As principais são: Apodi (BRS 235), Cabocla, Cereja (BRS 236), Frutacor (BRS 238), Okinawa, Olivier, Roxinha (BRS 237), Rubra e Sertaneja (BRS 152).

As variedades de acerola podem ser classificadas em doces, semi-doces e ácidas, sendo que sua diferenciação ocorre em função dos teores de sólidos solúveis e acidez titulável nos frutos maduros (RITZINGER; SOARES FILHO; OLIVEIRA, 2003). As variedades doces, preferidas para o consumo *in natura*, caracterizam-se por apresentar valores de sólidos solúveis elevados (iguais ou superiores a 11,0 °Brix), e valores de acidez titulável iguais ou inferiores a 1% de ácido málico (LASKOWSKI; BAUTISTA, 1998). As variedades ácidas, mais utilizadas para a industrialização, apresentam sabor pouco agradável devido ao elevado teor de acidez (superior a 1% de ácido málico). Já as variedades semi-doces contêm teores intermediários de sólidos solúveis e acidez titulável, o que lhes confere aptidão tanto para o uso industrial quanto para o consumo ao natural.

### 2.1.4 Morfologia

A aceroleira é um arbusto permanente, de copa compacta, com ramos curvados para baixo e raiz pivotante (com um eixo central). As folhas são opostas, inteiras, com pecíolos de coloração verde-escura, brilhante na parte superior e verde-pálido na inferior. As flores são pequenas, hermafroditas (macho e fêmea), com 1,0 a 1,3 cm de diâmetro, coloração variando de róseo-pálido a violeta-esbranquiçada, aparecendo nas inflorescências duas a seis flores. A fruta é uma drupa<sup>1</sup> constituída por três partes: o epicarpo representado por uma fina película, o mesocarpo representado pela polpa e o endocarpo, constituído por três caroços unidos, com textura pergaminácea, que dão ao fruto o aspecto trilobado. Cada caroço pode conter no seu interior uma semente, com 3,0 a 5,0 mm de comprimento, de forma ovóide e

---

<sup>1</sup> Drupa: são frutos indeiscentes, formados por epicarpo delgado, mesocarpo carnoso ou fibroso e endocarpo duro e lenhoso contendo ou não esclerídeos, designado como caroço. As drupas são chamadas de “frutas de caroço” (CHITARRA; CHITARRA, 2006).

com dois cotilédones (ALMEIDA; LOPES; OLIVEIRA, 2006). A polpa comestível é carnosa, macia, suculenta e ácida, extremamente rica em vitamina C (CHITARRA; CHITARRA, 2006).

Estes frutos apresentam bastante variedade em sua forma. Há frutos arredondados, ovalados ou mesmo cônicos. Sua cor atribuída ao pigmento do grupo das antocianinas pode ser amarela, vermelha ou roxa quando maduras (FRANÇA, 1999; GONZAGA NETO; SOARES, 1994).

### 2.1.5 Propagação

A propagação de plantas é uma atividade fundamental para humanidade, por promover o desenvolvimento da agricultura, possibilitar a produção de alimentos, além da ocupação e sobrevivência do homem na terra. A propagação de plantas é conceituada como a multiplicação controlada das mesmas de forma sexuada ou assexuada com a finalidade de aumentar seu número e preservar as características desejáveis (HARTMANN *et al.*, 2002).

Segundo Almeida, Lopes e Oliveira (2006), a acerola pode ser propagada por sementes ou multiplicada por estaquia, alporquia ou ainda, por enxertia. A estaquia é um método de propagação vegetativa no qual se utiliza a parte de uma folha, de um ramo ou de uma raiz que depois de retirada da planta e colocada em meio de enraizamento passa a ser denominada de estaca, esta estaca formará uma nova planta. Na alporquia o substrato terroso é levado à parte aérea que se pretende enraizar. É um tipo de propagação que exige pouca técnica. Já a enxertia é um processo de multiplicação que consiste na obtenção de uma aceroleira pela união do enxerto ao porta-enxerto. Após o pegamento, o enxerto fornece a copa e o porta-enxerto a raiz. A muda enxertada apresenta sistema radicular pivotante (com um eixo central).

### 2.1.6 Fatores de qualidade da acerola

A qualidade de produtos hortícolas é definida como o conjunto de muitas propriedades ou características peculiares inerentes aos mesmos. Englobam propriedades sensoriais (aparência, textura, sabor e aroma), valor nutritivo e multifuncional decorrentes dos compostos químicos, propriedades mecânicas, bem como a ausência ou presença de defeitos do fruto (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

Segundo Vendramini e Trugo (2000), a composição química da acerola é dependente de fatores como as condições ambientais e o estágio de maturação da fruta. Já 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 afetados 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 (NOGUEIRA *et al.*, 2002).

As características físicas podem variar de acordo com a seleção ou clone e com os fatores nutricionais e ambientais (CHITARRA; CHITARRA, 2006). A dimensão da acerola é uma característica física relevante na seleção de variedades comerciais. Quanto maior o fruto, mais fácil e rápida é sua colheita, demandando menos mão-de-obra e, conseqüentemente, reduzindo os custos de produção. No entanto, essa característica deve ser acompanhada de outros parâmetros de qualidade, como: teor de vitamina C, cor, firmeza, além do número de frutos/planta e massa média dos frutos, entre outros (GONZAGA NETO; MATTUZ; SANTOS, 1999).

Geralmente, a acerola apresenta comprimento de 1,0 a 3,0 cm, diâmetro de 1,0 a 4,0 cm e massa de 2,0 a 16,0 g (GONZAGA NETO; SOARES, 1994; GORGATTI NETTO *et al.*, 1996). Esta afirmação está de acordo com os resultados obtidos por outros autores e apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 – Valores médios de peso, diâmetro e comprimento de acerola segundo diferentes autores.

<b>Características</b>	FRANÇA; NARAIN (2003)	BRUNINI <i>et al.</i> (2004)	FREIRE, <i>et al.</i> (2006)	SILVA (2008)
Peso médio (g)	2,65 - 10,85	7,28 - 9,24	1,62 a 2,83	2,09 - 14,48
Diâmetro médio (cm)	1,62 a 2,83	1,78 -2,50	1,66 - 2,32	1,31 - 2,66
Comprimento médio (cm)	1,43 - 2,35	2,02 - 2,21	1,53 - 2,32	1,50 - 3,06

O rendimento em polpa é um atributo muito valioso para as indústrias de processamento de polpa de modo que, este é um dos parâmetros a ser observado. O mesocarpo ou polpa representa 41,93 a 53,99% da massa total do fruto (PAIVA *et al.* 2003a). Carvalho (2000) e Almeida, Lopes e Oliveira (2006) encontraram rendimento variando entre 70,0 e 80,0%. Já Freire *et al.* (2008) avaliando o comportamento biométrico de acerolas irrigadas em diferentes regiões fisiográficas paraibanas e os atributos intrínsecos e extrínsecos de seus frutos obtiveram um rendimento em polpa variando entre 80,06 e 93,88% em relação a massa do fruto em completo estágio de maturação.



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

Souza *et al.* (2006) destacam que a cultura da acerola no Brasil oferece grandes possibilidades de sucesso, devido às condições climáticas favoráveis, principalmente na parte tropical do território nacional e pelo aspecto nutricional para a saúde pública, particularmente das populações economicamente mais carentes.

A Tabela 3 compara os teores de nutrientes e vitaminas encontrados em 100,0 g de acerola com os dados da IDR (Ingestão Diária Recomendada) de vitaminas e minerais estabelecidas pela legislação brasileira (BRASIL, 1998). Observando-a é possível constatar que a acerola é uma excelente fonte de vitamina C. Uma porção de 100 g da fruta *in natura* fornece oito vezes mais vitamina C do que o recomendado pela IDR para um adulto.

Tabela 3 – Composição nutricional da acerola por 100 gramas de porção comestível.

<b>Nutrientes</b>	<i>Acerola in natura</i>	Ingestão Diária Recomendada
Água (g)	91,41	-
Energia (kcal)	32,00	-
Proteína (g)	0,40	50
Lipídeos totais (g)	0,30	-
Cinzas (g)	0,20	-
Carboidratos por diferença (g)	7,69	-
Fibra dietética total (g)	1,10	-
<b>Vitaminas</b>		
Tiamina (mg)	12,00	800
Niacina (mg)	18,00	300
Ácido pantotênico (mg)	11,00	800
Vitamina B-6 (mg)	0,10	15
Vitamina A (UI)	0,09	3
Vitamina C (mg)	0,60	70

Fontes: Adaptado de BRASIL (1998) e USDA (2008).

Dentre os diversos fatores de qualidade da acerola, foram estudados neste trabalho o teor de vitamina C, o pH, a acidez titulável e o teor de sólidos solúveis.

- **Vitamina C**

A vitamina C pode ser encontrada em grande variedade de frutas e hortaliças. O ácido L-ascórbico é o composto principal, com 100% de atividade de vitamina C. O seu produto de oxidação, o ácido L-dehidroascórbico tem a mesma atividade biológica da vitamina C, mas é pouco estável. Não ocorre redução na atividade da referida vitamina durante a oxidação e a redução balanceada entre os dois ácidos (ácido L-ascórbico e o ácido L-dehidroascórbico). A perda de vitamina C ocorre pela conversão irreversível do ácido L-dehidroascórbico ao ácido 2,3-diceto-L-gulônico, o qual é posteriormente metabolizado. Sua formação é praticamente instantânea em pH alcalino, rápida em pH neutro e lenta em condições ácidas. Por esse fato, frutas cítricas possuem boa estabilidade da vitamina C. Como esta não é sintetizada pelo organismo humano, é indispensável sua ingestão mediante consumo de frutas, por exemplo, já que estas são consideradas como excelentes fontes de vitamina C (CHITARRA; CHITARRA, 2006; COULTATE, 2004; JACOMINO *et al.*, 2008).

O teor de ácido ascórbico diminui em alguns frutos durante o amadurecimento, já em outros, aumenta, reduzindo-se somente na fase de senescência. O aumento pode estar relacionado com a liberação de açúcares precursores da biossíntese do ácido ascórbico durante o processo de degradação da parede celular, ao passo que a redução está relacionada com a oxidação do ácido. Danos mecânicos, apodrecimentos e senescência promovem sua oxidação (JACOMINO *et al.*, 2008).

No caso da acerola, o teor de vitamina C diminui com o amadurecimento, fato evidenciado por diversos estudos. Carpentieri-Pípolo *et al.* (2002) ao avaliarem três novos cultivares de aceroleira, encontraram teores de vitamina C variando entre 1.098,0 e 1.458,0 mg/100 g em frutos maduros e entre 2.906,0 e 3.579,0 mg/100 g em frutos verdes. Nogueira *et al.* (2002) encontraram um decréscimo do teor de vitamina C durante o amadurecimento, de 2.732,7 para 1.682,7 mg/100 g na estação seca e de 1.753,2 até 865,8 mg/100 g na estação chuvosa. Vendramini e Trugo (2000), que também investigaram o efeito do estágio de maturação na composição química e nos componentes voláteis da acerola, pela análise de frutos em três diferentes estádios de maturação observaram que a acerola apresentou uma média de 2.164,0 mg/100 g quando se apresentava imatura (verde), 1.065,0 mg/100 g no estágio intermediário de maturação (amarela) e 1.074,0 mg/100 g quando madura (vermelha).

A acerola é caracterizada entre as frutas como uma ótima fonte de vitamina C, ficando atrás apenas do camu-camu, que contém teores variando entre 2.489,0 e 3.133,0 mg de vitamina C/100g (TODA FRUTA, 2009).

- **pH e acidez**

A determinação de acidez pode fornecer um dado valioso na apreciação do estado de conservação de um produto alimentício. Um processo de decomposição, seja por hidrólise, oxidação ou fermentação, altera quase sempre a concentração dos íons de hidrogênio. Os métodos de determinação da acidez podem ser os que avaliam a acidez titulável ou fornecem a concentração de íons hidrogênio livre, por meio do pH.

O potencial hidrogênico ou pH representa o inverso da concentração de íons de hidrogênio ( $H^+$ ) em um certo material e pode ser determinado com o auxílio de papel indicador ou de potenciômetro (peagâmetro) (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

A acidez é usualmente determinada por titulometria, ou por potenciometria. Os resultados podem ser expressos em mEq/100 mL de suco ou em porcentagem do ácido principal, assumido como o único presente. Como os ácidos orgânicos encontram-se presentes em misturas complexas, a expressão dos resultados em mEq é mais correta. No entanto, em trabalhos de rotina, utiliza-se a expressão dos resultados em porcentagem do ácido predominante, como representante da acidez titulável (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

Os ácidos são encontrados nos vacúolos das células, na forma livre e/ou combinados com sais, ésteres e glicosídeos, como importantes fontes de energia para os frutos, durante o processo de maturação; por conseguinte, é de se esperar que seu conteúdo diminua durante o período de atividade metabólica máxima dos vegetais. Normalmente, durante a maturação e o armazenamento, as frutas perdem rapidamente a acidez, isto porque os ácidos sofrem oxidação no ciclo de Krebs, porém em alguns casos pode ocorrer um pequeno aumento nestes valores. Os ácidos predominantemente encontrados nas frutas e hortaliças são cítrico, málico, tartárico, acético e oxálico (CECCHI, 2003; CHITARRA, 2005; JACOMINO *et al.*, 2008).

Na acerola, o ácido que se apresenta em maior concentração é o málico, sendo os resultados obtidos para este parâmetro expressos em função do mesmo.

- **Sólidos solúveis (SS)**

Os sólidos solúveis indicam a quantidade, em gramas, dos sólidos que se encontram dissolvidos em 100 mL de sucos ou polpa das frutas, sendo este expresso em °Brix. Este parâmetro apresenta uma tendência de aumentar com o avanço da maturação, podendo este ser facilmente medido no produto ainda no campo ou na indústria com o auxílio de um penetrômetro (CHITARRA; CHITARRA, 2006).

Os sólidos solúveis correspondem a todas as substâncias que se encontram dissolvidos em um solvente, no caso dos alimentos é a água. São constituídos principalmente por açúcares, sendo variáveis com a espécie, a cultivar, o estágio de maturação e o clima, com valores médios entre 8,0 e 14,0%, onde a faixa de variação é entre 2,0 e 25,0% (CHITARRA; CHITARRA, 2006).

Os teores de sólidos solúveis totais (SS) são mais elevados nas acerolas maduras, porém são reduzidos pela chuva ou irrigação excessiva, em virtude da diluição do suco celular, e variam também de acordo com o genótipo (NOGUEIRA *et al.*, 2002).

A Tabela 4 apresenta os valores médios de ácido ascórbico (vitamina C), pH, sólidos solúveis (SS) e acidez titulável (AT) de acerolas, segundo diferentes autores.

Tabela 4 - Valores médios de vitamina C, pH, sólidos solúveis (SS) e acidez titulável (AT) de acerolas, segundo diferentes autores.

<b>Autores</b>	<b>Vit. C (mg /100 g polpa)</b>	<b>pH</b>	<b>SS (°Brix)</b>	<b>AT (% ácido málico)</b>
ALVES, 2003	1.596,94	-	8,71	-
BRUNINI <i>et al.</i> , 2004	243,48 a 818,17	2,39 a 4,00	5,70 a 8,22	0,50 a 1,11
FREIRE <i>et al.</i> , 2008	-	3,26 a 3,80	7,29 a 11,97	-
GODOY, <i>et al.</i> , 2008	911,96 a 1.191,90	3,29 a 3,60	7,88 a 8,84	0,83 a 1,35

## 2.2 Respiração e transpiração

Os produtos hortifrutícolas são constituídos de células vegetais vivas que liberam energia após a sua colheita devido à respiração. A energia liberada é resultado da transformação de substâncias presentes no tecido vegetal que, por sua vez, estão ligadas à

vida útil pós-colheita desses tipos de produtos (HONÓRIO; MORETTI, 2002; NEVES FILHO; VIGNEAULT; CORTEZ, 1997). A respiração pode ser representada como:



A taxa respiratória é um indicador da atividade metabólica do tecido vegetal, portanto, um excelente indicador do potencial de armazenagem das frutas (CHITARRA; CHITARRA, 2005). Um importante fator que atua diretamente na respiração durante a estocagem frigorificada é a temperatura, neste sentido, a redução da mesma implica na diminuição da respiração, prolongando seu tempo de estocagem, enquanto que o aumento intensifica a perda de peso do produto, pois facilita a perda de água na forma de vapor (NEVES FILHO; VIGNEAULT; CORTEZ, 1997; SPOTO; GUTIERREZ, 2006).

Em condições não controladas a respiração leva a rápida senescência dos tecidos vegetais tornando-os susceptíveis ao ataque de microrganismos e a perda de água. Assim, o controle da taxa respiratória é essencial para a conservação da qualidade dos produtos perecíveis (DUSSAN SARRIA, 2003) e este pode ser realizado através da redução da temperatura dos mesmos (KADER, 1992).

Segundo Honório e Moretti (2002), as frutas e hortaliças contêm elevado teor de água e estão sujeitas a injúrias mecânicas, ataques microbiológicos, além de variações de temperatura e umidade do ambiente onde se encontram. O mesmo é relatado por Hardenburg, Watada e Wang (1990) que salientam que estes vegetais perdem água facilmente por terem entre 80 e 95% de sua composição composta por água. Como a umidade relativa dos espaços intercelulares é muito próxima de 100% e no ambiente onde se encontram os produtos é freqüentemente menor que 100%, na maioria das vezes, o vapor d'água migra destes espaços, pelo processo de transpiração, para o ambiente ao redor dos produtos, ocasionando amarelecimento e o enrugamento dos tecidos vegetais.

A transpiração ou perda de água para o ambiente acontece de forma constante após a colheita não podendo mais ser repostada pela planta (exceção a flores e alguns produtos folhosos) gerando perda de massa e alguns defeitos visíveis como a perda de turgor das células (KADER, 1992; NEVES FILHO, 2002a).

Entre os fatores que afetam a transpiração destacam-se as propriedades do produto em estudo, a temperatura e a umidade relativa. Em relação a este último fator, o acréscimo na umidade relativa do ar faz com que a diferença entre a pressão de vapor de água no interior do produto e o ambiente seja reduzida, reduzindo também a taxa de transpiração (SPOTO;

GUTIERREZ, 2006). Diante do exposto, Honório e Moretti (2002) recomendam elevar a umidade do ar do ambiente, reduzir a temperatura do produto, adequar a velocidade do ar ambiente, utilizar embalagem adequada e utilizar coberturas sintéticas ou naturais sobre o produto, tudo isso com o objetivo de reduzir a perda de água.

Para o armazenamento e manuseio de produtos perecíveis é fundamental conhecer os fatores que afetam a transpiração sejam eles inerentes à própria fruta ou ambientais. A Figura 1 reúne estes fatores, relacionando-os com a transpiração de frutas e hortaliças.

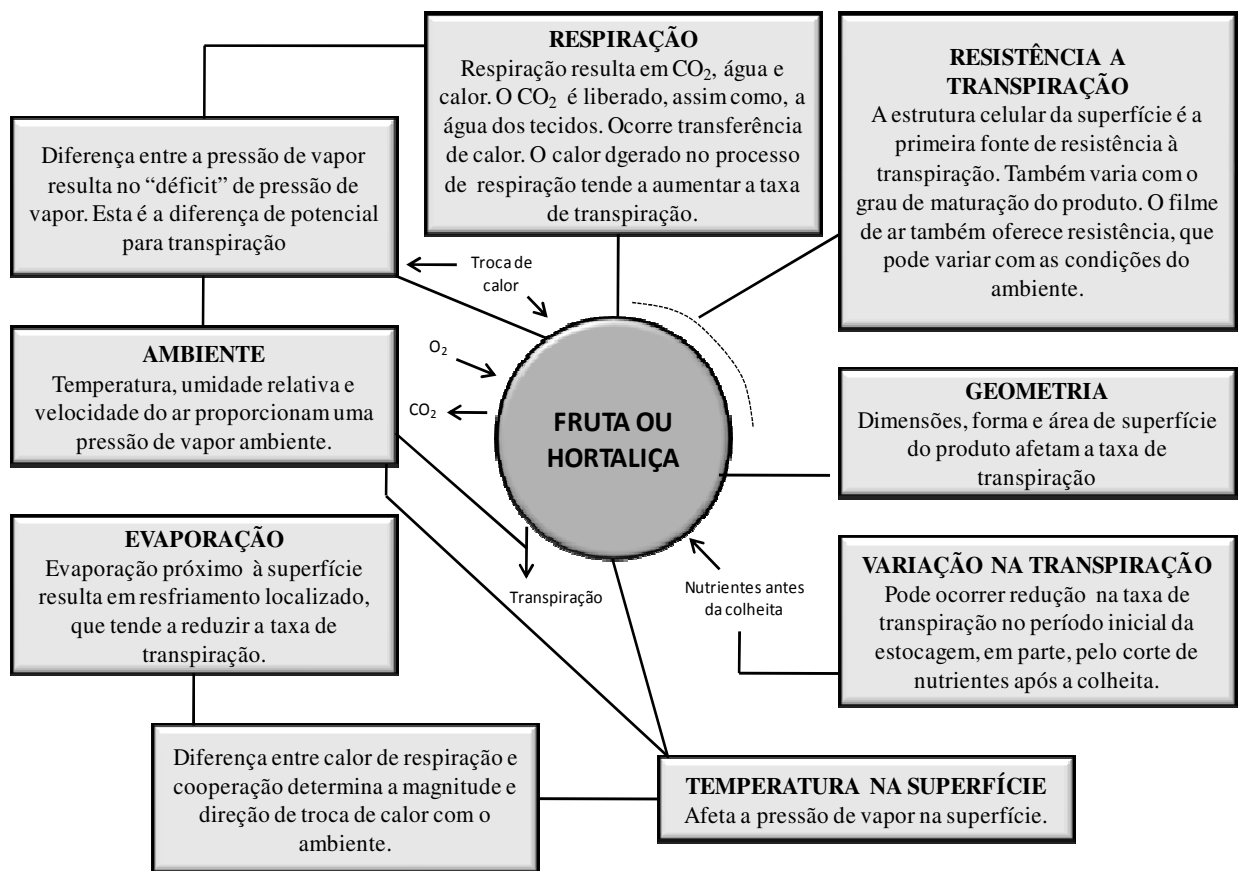


Figura 1 – Transpiração de frutas e hortaliças, relacionando-se fenômenos e fatores.  
Fonte: Adaptado de SATRY; BAIRD; BUFFINGTON (1978).

### 2.3 Conservação pelo frio

Um dos métodos de conservação de alimentos mais antigos é o emprego de baixas temperaturas. O princípio deste método baseia-se na transmissão de calor, onde o alimento é o foco quente, do qual o calor passa a um meio exterior frio, ou seja, o produto é resfriado pela remoção do seu calor e não pela transmissão de frio para ele. Tanto a refrigeração quanto o congelamento permitem prolongar a vida útil dos alimentos, sejam frescos ou processados, durante período de tempo relativamente longo, com mínima alteração em suas características nutritivas e organolépticas (CHITARRA; CHITARRA, 2005; ORDÓÑEZ *et al.*, 2005).

Segundo Chitarra e Chitarra (2005), a refrigeração é recomendada para muitos produtos porque retarda a ação dos seguintes fatores: o envelhecimento devido ao amadurecimento, responsável por alterações na textura e na cor; mudanças metabólicas indesejáveis e produção do calor vital pela respiração; perda de umidade e conseqüente murchamento, deterioração devido a bactérias e fungos e ainda, o crescimento indesejável (brotamento, alongação de caules, entre outros).

No intuito de conservar frutos e hortaliças por mais tempo, o resfriamento deve ser uma das primeiras etapas após a colheita (RYALL; LIPTON, 1972). Um atraso entre a colheita e o resfriamento pode provocar automaticamente, uma deterioração prematura do produto que pode ser caracterizada pela perda de firmeza e de água nos produtos causada pela própria respiração (SASTRY; BUFFINGTON, 1983).

Além do controle de temperatura, outros fatores são importantes num processo de refrigeração. A circulação de ar deve ser adequada, para transferir rapidamente o calor do alimento para o sistema de refrigeração. O ar circulante não deve ser muito seco, nem muito úmido. Se muito seco, resseca os alimentos; se muito úmido, pode condensar umidade na superfície dos alimentos, resultando em possível crescimento de bolores (POTTER; HOTCHKISS, 1995).

Para que a conservação seja bem sucedida, preservando a qualidade e prolongando a vida útil de produtos hortícolas, é essencial fazer um resfriamento rápido até uma temperatura próxima da armazenagem (BLEINROTH; CASTRO; SIGRIST, 1985; GAST; FLORES, 1991).

## 2.4 Resfriamento Rápido de Frutas

A colheita apresenta como principais objetivos a retirada dos produtos do campo em níveis adequados de maturidade, com um mínimo de dano ou perda, com a maior rapidez possível e com um custo mínimo. No entanto, este é um processo traumático, que conduz à formação de ferida no produto. Ao serem colhidos, os produtos hortícolas passam por uma aceleração da taxa respiratória, que pode ser influenciada pela temperatura, na qual uma redução de 10,0 °C causa uma redução de 2 a 4 vezes na atividade respiratória, deste modo, o bom gerenciamento da refrigeração e da temperatura são de extrema importância para uma lenta deterioração fisiológica dos produtos frescos, minimizando assim, as perdas (CHITARRA; CHITARRA, 2005; MITCHELL, 1992).

O tempo de espera após a colheita, antes da etapa de refrigeração, influenciará na deterioração desses produtos (HARDENBURG; WATADA; WANG, 1990; SUN; BROSNAM, 2001). Para preservar a qualidade e prolongar a vida útil de produtos hortifrutícolas é essencial fazer um resfriamento rápido até a temperatura próxima de estocagem (SPAGNOL; SIGRIST, 1992). Quanto antes um produto vegetal atingir a sua temperatura ideal de estocagem, maior será sua vida útil e menores serão suas perdas durante a comercialização.

A redução da velocidade de deterioração das frutas, em geral, depende da retirada rápida do calor do produto após a colheita, combinado com o armazenamento refrigerado à temperatura e umidade relativa do ar recomendadas, além do manuseio adequado durante estas etapas (DINCER, 1995a; DINCER, 1995b,).

O resfriamento rápido de produtos hortifrutícolas refere-se à rápida remoção do “calor de campo” desses produtos, antes das etapas de estocagem ou transporte. Feito de modo apropriado, ajuda a diminuir as perdas pós-colheita e manter a qualidade dos produtos (CORTEZ; LEAL, 1997; HARDENBURG; WATADA; WANG, 1990).

As tecnologias de resfriamento rápido, denominadas em inglês de “precooling”, provavelmente tiveram sua origem nos EUA, onde frutas e hortaliças eram transportadas de uma cidade a outra por via férrea e rodoviária (CORTEZ; HONÓRIO; MORETTI, 2002).

Métodos de resfriamento foram desenvolvidos para atender a necessidade, que a grande maioria dos produtos de origem vegetal possui, de serem resfriados no menor tempo possível após sua colheita, a fim de minimizar e retardar sua deterioração. Existem atualmente desenvolvidos, quatro métodos de remoção rápida do calor dos produtos hortícolas,



dependendo do meio refrigerante utilizado: resfriamento à vácuo (*vacuum cooling*), resfriamento com água gelada (*hydrocooling*), resfriamento com gelo (*ice cooling*) e resfriamento com ar forçado (*forced air cooling*). O resfriamento realizado em câmaras frias (*room cooling*) é denominado resfriamento lento (FRASER, 1991; LEAL; CORTEZ, 1998).

#### 2.4.1 Resfriamento lento

Este método envolve a colocação do produto dentro da câmara frigorífica ou em salas especiais, onde o ar frio oriundo do evaporador entra pela parte superior do ambiente, sob o teto e move-se horizontalmente sobre o produto, por um caminho que lhe cause a menor resistência possível. Tem como vantagem proporcionar o resfriamento e o armazenamento do produto dentro da câmara sem que este precise ser transferido, além de poder ser usado com produtos que são comercializados logo após a colheita, produtos armazenados sem embalagem e produtos que requerem uma temperatura amena de resfriamento. Dentre as desvantagens podemos salienta a lentidão do processo que, para a maioria dos produtos hortícolas, pode proporcionar um aumento na deterioração principalmente de produtos altamente perecíveis (CORTEZ; CARTRO; VIGNEAULT, 2002).

#### 2.4.2 Resfriamento rápido por água gelada

Quando um filme de água gelada flui de forma rápida e uniforme sobre a superfície de um produto, que está mais quente que a água, a temperatura desta superfície torna-se igual à temperatura da água (CORTEZ; VIGNEAULT; CARTRO, 2002). Neste processo, o produto hortícola é resfriado com água gelada por imersão, lavagem ou aspersão. Devido sua simplicidade, economia e eficiência, este método de resfriamento é muito popular nos Estados Unidos e no Canadá. Pode ser um método rápido e eficiente, quando dimensionado e utilizado de maneira correta. Uma das suas vantagens é que o produto não perde umidade durante o processo de resfriamento (SARGENT; TALBOT; BRECHT, 1991). Permite um resfriamento mais rápido que o ar, em função do alto coeficiente de transferência de calor entre a superfície do produto e o filme de água (NEVES FILHO, 2002b).

#### 2.4.3 Resfriamento rápido com gelo

Uma das alternativas para aumentar ainda mais as vantagens do resfriamento à água é a adição de gelo, a simples adição de gelo aumenta significativamente a capacidade frigorífica, porque o mesmo pode fornecer frio de uma forma prolongada. No entanto, deve-se

ter cautela ao utilizar este método com produtos hortícolas. Ele é limitado a produtos e embalagens que não danifiquem com o gelo ou com a água (VIGNEAULT; CORTEZ, 2002).

#### 2.4.4 Resfriamento rápido a vácuo

Este método consiste em eliminar o ar de uma câmara que contenha o produto até que a pressão interna seja tão baixa a ponto de evaporar a água da superfície do produto (CORTEZ; SIQUEIRA JUNIO; AFONSO, 2002). Baseia-se no efeito de resfriamento devido a evaporação da água. Geralmente, utiliza-se uma câmara especial na qual a pressão interna é reduzida até que se alcance um valor correspondente à temperatura de saturação desejada (NEVES FILHO, 2002b).

#### 2.4.5 Resfriamento Rápido por Ar Forçado

No sistema de resfriamento rápido por ar forçado, o ar é o meio de resfriamento. Neste sistema o ar frio é forçado através dos produtos reduzindo seu tempo de resfriamento (CHITARRA; CHITARRA, 2005; CORTEZ; CASTRO; VIGNEAULT, 2002). O método de resfriamento rápido com ar forçado, tipo túnel (sistema denominado túnel californiano) consiste em empilhar as embalagens com produtos formando uma estrutura fechada, ou seja, os paletes com as embalagens contendo o produto são colocados lado a lado formando um túnel. Uma lona é colocada na parte superior dos paletes formando um túnel e um ventilador-exaustor succiona o ar para dentro do túnel, forçando o ar frio, fora do túnel a passar através do produto embalado. Este ar é, então, direcionado ao evaporador, onde é resfriado novamente e retornado à câmara (DUSSAN SARRIA; HONÓRIO, 2005). A Figura 2 ilustra a montagem de um sistema dentro da câmara de resfriamento.

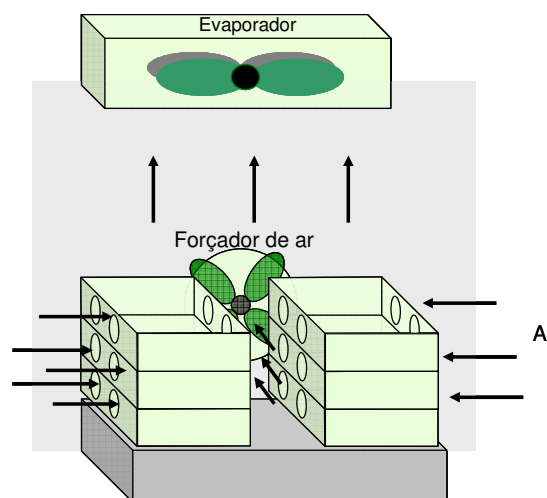


Figura 2 – Sistema de resfriamento por ar forçado, tipo túnel.

O resfriamento rápido por ar forçado possibilita que o ar refrigerado passe pelo interior das embalagens devido a uma diferença de pressão criada pela alta capacidade dos ventiladores e pela ação convectiva, fazendo com que os produtos sejam resfriados mais rapidamente (FRASER, 1991).

Existem várias configurações que representam um sistema de resfriamento por ar forçado. A mais comum é aquela na qual se aproveita uma câmara de estocagem e arranja-se o produto de forma a direcionar o ar por entre eles. Uma maneira de fazer esse arranjo é através do uso de lonas e um ventilador que provocará um fluxo de ar e, conseqüentemente, uma diferença de pressão. A adaptação de uma câmara de estocagem para realizar o resfriamento por ar forçado tem como vantagem o custo reduzido para aplicação. Para a construção de um sistema de resfriamento rápido por ar forçado dentro de uma câmara frigorífica são necessários: Câmara fria, unidade condensadora, evaporador, ventilador e acessórios do sistema de refrigeração (CORTEZ; CASTRO; VIGNEAULT, 2002).

Segundo Leal e Cortez (1998) o tempo de resfriamento irá depender das dimensões das caixas onde os produtos estarão acondicionados, da área de abertura destas, da forma e distribuição das caixas na câmara, da velocidade do ar através do produto, além das características do próprio produto, tais como, temperatura inicial, forma geométrica e calor específico.

Segundo Arifin; Chau (1988) e Chau (2001), a taxa de ar que passa pelo ventilador deve estar entre  $0,001 \text{ m}^3/\text{s}$  e  $0,006 \text{ m}^3/\text{s}$  por kg de produto a ser resfriado. Um uso bem sucedido de tal método requer que os produtos possuam embalagens com orifícios localizados na direção em que o ar se moverá e com um mínimo de materiais que poderiam impedir o fluxo livre do ar. Leal e Cortez (1998) indicam que as embalagens devem ter no mínimo de 5,0 a 10,0% da área efetiva para a passagem do ar frio e que a distribuição das aberturas seja uniforme na embalagem.

A aplicação do método de resfriamento em ameixas, utilizando uma vazão de ar de  $0,001 \text{ m}^3/\text{s}$  por kg de produto, gastou quatro horas para que a temperatura atingisse os 7/8 de resfriamento, enquanto com uma vazão duas vezes maior o tempo foi reduzido em 40,0% (THOMPSON *et al.*, 1998). Leal e Cortez (1998) obtiveram um tempo de 3,75 horas para atingir os 7/8 de resfriamento para morangos resfriados de  $20 \text{ }^\circ\text{C}$  até  $2 \text{ }^\circ\text{C}$ , enquanto que aqueles colocados diretamente na câmara, sem o uso do ar forçado, obtiveram um tempo de 27 horas.

O método demonstra ser eficiente para diversas frutas e hortaliças, porém, podem ocorrer grandes diferenças de temperatura entre os produtos. Thompson *et al.* (1998)

verificaram que cerejas embaladas e resfriadas de 30,0 °C para 10 °C com ar forçado à vazão de 0,002m<sup>3</sup>/s por kg de produto tiveram uma diferença de 25 minutos no tempo de resfriamento entre as cerejas da base dos paletes e àquelas na superfície dos paletes. Assim, nem sempre uma alta vazão de ar frio significará um bom processo de resfriamento. É preciso que o ar frio seja uniformemente distribuído em todo o lote a ser resfriado.

## 2.5 Propriedades térmicas

As propriedades térmicas, tais como, condutividade térmica, calor específico e difusividade térmica das frutas, em fresco, são do ponto de vista da engenharia importantes para o conhecimento das necessidades e condições de operação dos equipamentos de resfriamento. O processo de resfriamento está ligado estritamente à temperatura e propriedades dos produtos de modo que, o efeito das propriedades térmicas pode influenciar de modo positivo ou negativo na precisão dos resultados (DUSSAN SARRIA; HONÓRIO, 2005; TERUEL, 2001). Por outro lado, propriedades de transporte, tais como, o coeficiente convectivo de transferência calor, são também, de grande importância no desenvolvimento de cálculos de transferência de calor (TERUEL, 2001).

### 2.5.1 Massa específica

A massa específica ou densidade ( $\rho$ ) pode ser definida pela relação entre a massa ( $m$ ) e o volume ( $V$ ) ocupado por um material biológico. Existem três tipos de densidade: a) “bulk” ou a granel: equivale à massa individual de cada produto acondicionado em embalagem em um determinado volume total incluindo o espaço poroso dentro da embalagem; b) aparente: corresponde à massa total do produto dividida pelo seu volume total considerando também a porosidade; c) real: obtida pelo quociente entre a massa e o volume totais do produto, sem incluir o espaço poroso (MOHSENIN, 1980 citado por CASTRO, 2004).

### 2.5.2 Condutividade térmica

A condução de calor pode ser descrita como, a transferência de calor associada com o movimento de partículas (moléculas, átomos, elétrons) da substância, sem considerável

deslocamento ou fluxo destas partículas. A forma de transferir o calor depende do coeficiente de condutividade térmica, o qual corresponde a quantidade de calor (fluxo) em função do tempo através de uma espessura e área unitária com um diferencial de temperatura entre as faces. A condutividade térmica depende do tipo de substância (metal, cristal, líquido e gás), da composição (impura, mistura), da estrutura e orientação estrutural, da temperatura e da pressão (DUSSAN SARRIA, 2003). Tal propriedade, portanto, é essencial na busca da manutenção da qualidade do produto e da eficiência do sistema (FONTANA *et al.*, 1999). Apesar da dificuldade na medição e estimativa precisa dos valores da condutividade de diversos alimentos, vários dados experimentais estão disponíveis para estimar a condutividade térmica com suficiente aproximação, podendo ser utilizados em trabalhos práticos (SWEAT, 1974). Este mesmo autor desenvolveu, para frutas e hortaliças, a Equação (1) que relaciona a condutividade térmica ( $k$ ), expressa em  $W/m \text{ } ^\circ C$ , em função do conteúdo de água ( $Ca$ ) do produto expresso em porcentagem em base úmida.

$$k = 0,00493 \times Ca + 0,148 \quad (1)$$

### 2.5.3 Difusividade térmica

Difusividade térmica corresponde à taxa em que o calor se propaga ou é difundido através dos produtos, sendo, portanto, essencial para a estimativa da duração de processos como aquecimento, resfriamento ou congelamento (FONTANA *et al.*, 1999). A difusividade equivale à relação entre a condutividade térmica  $k$ , densidade  $\rho$  e o calor específico  $Cp$ . A difusividade térmica é mais utilizada em situações em que a transferência de calor ocorre em regime transiente e é definida matematicamente pela Equação (2) (MOHSENIN, 1980).

$$\alpha = \frac{k}{\rho \times Cp} \quad (2)$$

onde,  $\alpha$  representa a difusividade térmica ( $m^2.s^{-1}$ );  $\rho$  representa a massa específica ( $kg.m^{-3}$ ) e  $Cp$  representa o calor específico expresso em  $kJ.kg^{-1} \text{ } ^\circ C$ .

RIEDEL (1969) verificou que a difusividade térmica de alimentos com conteúdo de água maior que 40% é fortemente dependente do conteúdo de água ( $Ca$ ). A expressão que representa essa dependência é a Equação (3):

$$\alpha = 0,088 \times 10^{-6} + (\alpha_w - 0,088 \times 10^{-6}) \times \frac{Ca}{100} \quad (3)$$

em que,  $\alpha_w$  é a difusividade térmica da água expressa em  $\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ .

#### 2.5.4 Calor específico

Calor específico corresponde à energia necessária para alterar a temperatura da massa unitária do produto em um grau. Baseia-se estritamente na quantidade de energia requerida e não na taxa em que ocorre essa mudança de temperatura (FONTANA *et al.*, 1999). Segundo ASHRAE (2002), o calor específico é essencial no cálculo da quantidade de calor imposta ao equipamento de refrigeração durante o resfriamento ou congelamento de produtos hortícolas. Acima do ponto de congelamento, o calor específico pode ser utilizado no lugar da entalpia. ASHRAE (1993), descreve a Equação de Siebel (4) para o cálculo do calor específico ( $C_p$ ) dos materiais biológicos com base no conteúdo de água ( $Ca$ ):

$$C_p = (0,0335 \times Ca) + 0,837 \quad (4)$$

#### 2.5.5 Conteúdo de água

O conteúdo de água, embora não seja uma propriedade térmica, influencia significativamente todas as propriedades térmicas. Os valores de calor específico e calor latente de difusão são calculados através do valor médio de água contida no alimento. Para frutas e hortaliças, o conteúdo de água varia com o estágio de desenvolvimento do cultivar e perda de água após a colheita. O teor de água contido em cada produto depende exclusivamente da sua constituição. A variação do conteúdo de água do produto dependerá da quantidade de água presente no ambiente de conservação (DUSSAN SARRIA, 2003).

#### 2.5.6 Coeficiente convectivo de transferência de calor

Uma das formas de calcular o coeficiente convectivo de transferência de calor é utilizando do modelo desenvolvido por Dincer (1995a), representado pela Equação (5). Modelo matemático no qual o coeficiente convectivo é calculado com base na condutância térmica do filme ou superfície do produto esférico submetido ao resfriamento. Onde  $a$  corresponde à taxa de resfriamento encontrada experimentalmente expressa em  $\text{s}^{-1}$  e  $R$  corresponde ao raio.

$$h_c = \frac{3,2 \times kRa}{10,3 \times aR^2} \quad (5)$$

## 2.6 Modelo matemático

Como já foi dito anteriormente, os métodos mais comuns utilizados no resfriamento de frutas e hortaliças são: resfriamento em câmaras frigoríficas, resfriamento por ar forçado, resfriamento por água gelada, resfriamento com gelo-água e resfriamento a vácuo. (AFONSO, 2005; KADER, 1992; SUN; BROSANAN, 2001).

Independente do método utilizado, a determinação do tempo necessário para resfriamento do produto é um dos parâmetros mais importante. Frequentemente utiliza-se o conceito de “tempo de meio (1/2) resfriamento” e o “tempo de sete oitavos (7/8) de resfriamento”. Segundo a Ashrae (2002) o tempo de 1/2 resfriamento é aquele necessário para diminuir a temperatura do produto até a temperatura média entre a inicial do produto e aquela do meio de resfriamento. A definição do tempo de 1/2 resfriamento pode ser estendida ao tempo de 7/8 de resfriamento. Através do conhecimento desses tempos pode-se estimar o efeito das diversas variáveis envolvidas no resfriamento rápido sobre a temperatura do produto e no tempo necessário para o produto atingir certa temperatura.

A característica da diminuição da temperatura dos produtos hortícolas submetidos aos métodos de resfriamento rápido apresentam uma característica exponencial em função do tempo. Ou seja, à medida que o resfriamento ocorre há uma queda rápida da temperatura do produto no início, porém bem menos acentuada quando a temperatura do produto se aproxima da temperatura do meio de resfriamento. A Figura 3 ilustra esse comportamento.

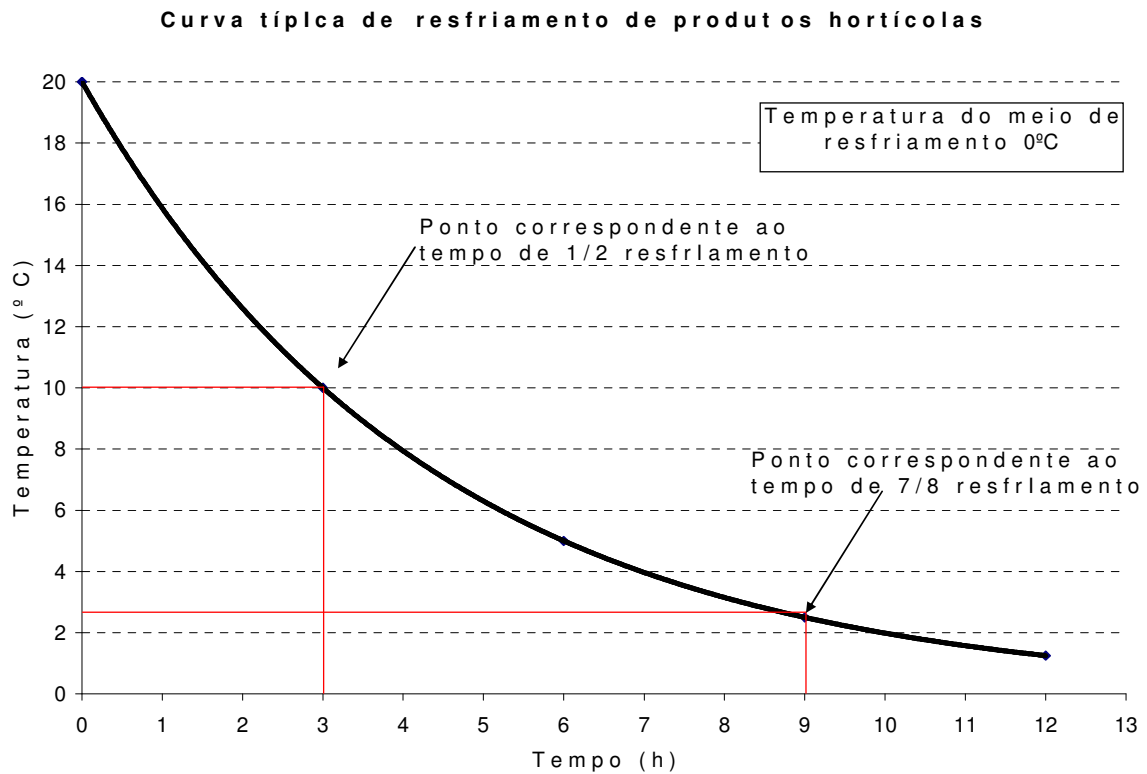


Figura 3 - Modelo de uma curva típica de resfriamento de produtos hortícolas.

A curva de resfriamento para produtos hortícolas pode ser representada pela Equação (6) (CHAU, 2001; DUSSAN SARRIA, 2003; GOYETTE, *et al.*, 1997):

$$\theta = J e^{-at} \quad (6)$$

Onde,  $\theta$  corresponde ao adimensional de temperaturas;  $t$  ao tempo de resfriamento, expresso em horas;  $J$  corresponde ao corte da curva com o eixo y, considerado fator de erro quando assumido o resfriamento Newtoniano e também denominado de fator de atraso e  $a$  é o termo exponencial que representa a taxa ou coeficiente de resfriamento  $h^{-1}$ .

De acordo com Dussan Sarria (2003) a relação adimensional de temperaturas ou taxa adimensional de temperatura, se expressa conforme mostra a Equação (7).

$$\theta = \frac{T - T_0}{T_i - T_0} \quad (7)$$



Onde,  $T$  corresponde à temperatura no centro da fruta em qualquer instante de tempo,  $T_o$  a temperatura do meio de resfriamento e  $T_i$  equivale à temperatura inicial da fruta.

Nos métodos dos tempos de 1/2 e 7/8 de resfriamento assume-se que não há um gradiente interno de temperaturas no produto, ou seja, a condutividade térmica do produto é infinita. De acordo com Chau (2001), nesta situação, a relação entre as temperaturas e o tempo no resfriamento pode ser representada pela Equação (8):

$$\theta = \frac{T - T_0}{T_i - T_0} = e^{-\frac{h_c A}{\rho V C_p} t} \quad (8)$$

Onde,  $T$  equivale à temperatura do produto no tempo  $t$ , expresso em °C;  $T_0$  é a temperatura do meio de resfriamento em °C;  $T_i$  é a temperatura inicial do produto no tempo zero em °C;  $t$  é o tempo em segundos;  $h_c$  é o coeficiente convectivo de transferência de calor ( $W/m^2 \text{ } ^\circ C$ );  $A$  corresponde a área superficial do produto em  $m^2$ ;  $\rho$  corresponde a densidade do produto expresso em  $kg/m^3$ ;  $V$  é volume do produto em  $m^3$  e  $C_p$  equivale ao calor específico do produto,  $J/kg \text{ } ^\circ C$ .

Nos casos onde  $h_c$ ,  $A$ ,  $\rho$ ,  $V$  e  $C_p$  podem ser considerados constantes pode-se definir o coeficiente de resfriamento –  $a$ , que é definido como a queda da temperatura por unidade de tempo expressa em °C/h ou °C/min segundo a Equação (9).

$$a = \frac{hA}{\rho V C_p} \quad (9)$$

Conhecendo-se o coeficiente de resfriamento, pode-se determinar a temperatura de um produto em qualquer tempo através da referida equação.

$$\frac{T - T_\infty}{T_i - T_\infty} = e^{-at} \quad (10)$$

A Equação (10) é aplicada apenas quando se pode assumir que o gradiente de temperatura dentro do produto é pequeno, ou seja, quando a diferença entre a temperatura da superfície do produto como seu centro seja pequena. Como regra geral, segundo Chau (2001), se a relação representada pela Equação (11) for obedecida, a Equação (10) pode ser utilizada.

$$\frac{hV}{kA} \leq 1,0 \quad (11)$$

Onde,  $k$  é a condutividade térmica do produto ( $\text{W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$ );  $V$  é o volume do produto expressa em  $\text{m}^3$ ;  $h$  é o coeficiente convectivo de transferência de calor,  $\text{W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$  e  $A$  é a área superficial do produto expresso em  $\text{m}^2$ .

Na prática, as frutas não apresentam a relação exposta na Equação (11), apenas algumas hortaliças podem estar dentro dessa condição. Assim, a determinação do tempo de resfriamento de uma fruta deve ser resolvida através de modelos analíticos ou numéricos.

Os modelos analíticos dependem da forma geométrica do produto. Existem modelos pré-definidos de acordo com a geometria tais como, esferas, cilindros, placas planas e paralelepípedos. A solução analítica desses modelos considera que o produto possui uma temperatura inicial uniforme, possui propriedades térmicas constantes e a temperatura do meio de resfriamento também constante ou varia de acordo com uma relação simples (CHAU, 2001).

Muitas frutas possuem sua geometria parecida com uma esfera. O modelo analítico que relaciona a temperatura ao longo do produto com o tempo pode ser visto na Equação (12).

$$\frac{T - T_\infty}{T_i - T_\infty} = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{2(\text{sen}\mu_n - \mu_n \cos\mu_n)R \text{sen}(\mu_n r/R)}{(\mu_n - \text{sen}\mu_n \cos\mu_n)r\mu_n} e^{-\mu_n^2 \frac{\alpha}{R^2} t} \quad (12)$$

Onde,  $R$  equivale ao raio do produto em metros;  $r$  a distância do centro do produto em metros;  $t$  equivale ao tempo em segundos;  $T$  é a temperatura em  $r$  no instante  $t$ ,  $^\circ\text{C}$  e  $\alpha$  corresponde à difusividade térmica do produto expressa em  $\text{m}^2/\text{s}$ . A solução para  $\mu_n$  da equação anterior pode ser escrita na seguinte forma:

$$1 - Bi = \mu \cot ag\mu \quad (13)$$

Na Equação (13) o “ $Bi$ ” representa o numero de *Biot* representado pela Equação (14), sendo o mesmo um número adimensional.

$$Bi = \frac{h_c R}{k} \quad (14)$$

Comparando a Equação (12) com a Equação (6), o fator de atraso (J) e o coeficiente de resfriamento são definidos:

$$J = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{2(\text{sen}\mu_n - \mu_n \cos \mu_n) R \text{sen}(\mu_n r/R)}{(\mu_n - \text{sen}\mu_n \cos \mu_n) r \mu_n} \quad (15)$$

$$a = \frac{\mu_n^2 \alpha}{R^2} \quad (16)$$

Como coeficiente de resfriamento ( $a$ ) pode ser obtido experimentalmente e considerando apenas o primeiro termo da somatória da Equação (12), determina-se o valor de  $\mu_1$ . Determinado esse valor, o número de Biot pode ser obtido pela Equação (13) e assim determinar-se o valor do coeficiente convectivo de transferência de calor no processo pela Equação (14).

## 2.7 Análise sensorial como ferramenta de qualidade

Os atributos sensoriais são um dos parâmetros de qualidade observados pelo consumidor ao comprar frutas e hortaliças *in natura*. Quando o destino é a indústria, além dos atributos sensoriais, estes produtos também devem ser caracterizados quanto aos seus componentes químicos e físicos, de modo que ao final do processo se obtenha produtos de boa qualidade e com bom rendimento (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

A análise sensorial é uma metodologia utilizada para medir, analisar e interpretar reações das características dos alimentos e seus materiais, além da forma como são percebidos pelos órgãos responsáveis pela visão, olfato, gosto, tato e audição (DUTCOSKY, 1996).

Os métodos de avaliação sensorial classificam-se em afetivos e analíticos (PRELL, 1976). Os testes afetivos, popularmente conhecidos como testes de consumidor, podem ser classificados em duas categorias: aceitabilidade e preferência, onde o primeiro,

objetiva avaliar o grau com que consumidores gostam ou desgostam de um determinado produto e o segundo, tem como objetivo avaliar a preferência do consumidor ao comparar mais de um produto (MACFIE; THOMSON, 1994; SILVA, 1997).

Geralmente, um grande número de julgadores é requerido para essas avaliações (MACFIE e THOMSON, 1994). Os julgadores não são treinados, mas são selecionados para representar uma população alvo (STONE e SIDEL, 1985).

Os métodos analíticos descritivos enumeram as características percebidas e suas intensidades. A técnica inclui avaliação e comparação de sabores, discriminando-os, seja pela descrição das impressões do produto como um todo, seja por suas características individuais. Baseia-se no conceito de que uma pessoa pode ser treinada para perceber e reconhecer características sensoriais individuais de determinado produto e o grau de sua intensidade, e com treinamento apropriado pode alcançar concordância com os outros membros do grupo. (SILVA, 1992).

### 3 MATERIAL

#### 3.1 Produto

As acerolas utilizadas nos ensaios avaliados neste trabalho foram adquiridas de um pomar comercial cultivado no município de Caucaia – Ceará, sendo estas, colhidas nas primeiras horas do dia, na safra de novembro de 2008 a janeiro de 2009, no estágio de maturação comercial, quando as frutas apresentam cor predominantemente vermelha. O tipo de propagação destes frutos foi estaquia e as plantas tinham de quatro a cinco anos de cultivo. Caucaia localiza-se geograficamente a  $03^{\circ} 43' 58''$  S e  $38^{\circ} 39' 21''$  O, ficando a 16,5 km de distância de Fortaleza (Figura 4).



Figura 4 – Mapa com a localização de Caucaia.

Fonte: Wikipédia, 2009

Na Tabela 5 é possível observar o índice pluviométrico da região durante o ano que antecedeu a colheita segundo dados da Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME).

Tabela 5 - Pluviosidade ocorrida no período de janeiro de 2008 a janeiro de 2009 na região de Caucaia.

MESES/ANOS	PLUVIOSIDADE (mm)	
	Mensal	Acumulada/mês
janeiro/2008	180,4	180,4
fevereiro/2008	83,6	264,0
março/2008	320,4	584,4
abril/2008	471,9	1.056,3
maio/2008	178,0	1.234,3
junho/2008	58,6	1.292,9
julho/2008	8,8	1.301,7
agosto/2008	22,6	1.324,3
setembro/2008	0,0	1.324,3
outubro/2008	9,8	1.334,1
novembro/2008	0,0	1.334,1
dezembro/2008	5,0	1.339,1
janeiro/2009	207,8	1.546,9
<b>TOTAL</b>	<b>1.546,9</b>	<b>1.546,9</b>

FONTE: FUNCEME, 2009.

Após a colheita manual das frutas, estas foram armazenadas temporariamente em contentores (caixas plásticas) e transportadas imediatamente ao Laboratório de Controle de Qualidade e Secagem do Departamento de Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal do Ceará. As frutas foram recebidas em cinco dias distintos a fim de satisfazer os pontos centrais do planejamento experimental, caracterizando assim, cinco lotes.

### 3.2 Embalagens

As caixas utilizadas neste trabalho foram adquiridas no comércio local apresentando as dimensões de 30,1 cm x 9,6 cm x 21,0 cm. Em sua área lateral foram feitos furos com o auxílio de uma furadeira a fim de obedecer ao planejamento experimental para porcentagem de área de abertura lateral das caixas. Para tanto, foram utilizadas serras-copo

com diâmetros distintos (Tabela 6). Vale ressaltar que o diâmetro apresentado na tabela equivale ao diâmetro de cada serra-copo utilizada no trabalho com sua respectiva área e com a porcentagem de área de abertura que cada uma individualmente apresenta em relação a área lateral da caixa. Foi necessário fazer combinações entre as diferentes serras-copo para obter a porcentagem de abertura desejada na área lateral.

Tabela 6 – Medida do diâmetro das diferentes serras-copo utilizadas, bem como, sua área de equivalência com a respectiva porcentagem de área de abertura apresentada em relação à área lateral da caixa.

	<b>Diâmetro da serra-copo (mm)</b>	<b>Área da serra-copo (mm)</b>	<b>Área de abertura em relação à lateral da caixa (%)</b>
<b>D1</b>	1,9	2,84	0,98
<b>D2</b>	2,5	4,91	1,70
<b>D3</b>	3,2	8,04	2,78
<b>D4</b>	2,2	3,80	1,32

Leal e Cortez (1998) relataram sobre a importância do uso de embalagens que tenham no mínimo entre 5,0 e 10,0% da área efetiva para a passagem do ar resfriado, e enfatizaram a importância da quantidade e forma das áreas de abertura, o que sugere que a uniformidade do resfriamento só pode ser garantida se as aberturas laterais estiverem corretamente distribuídas. Segundo Cortez, Castro e Abrahão (2001) no caso do uso das embalagens de papelão, a área de 5% de abertura nas arestas permite um resfriamento rápido sem comprometer a resistência mecânica das embalagens. Devido a estes fatores, foram adotados neste trabalho área de abertura lateral variando entre 4,48 e 12,45%. A Figura 5 mostra a disposição dos furos utilizados na área lateral das caixas.

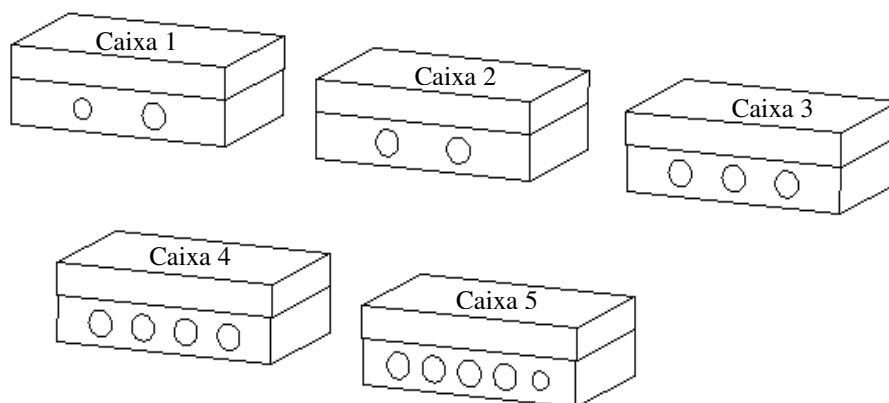


Figura 5 – Disposição dos furos nas caixas com porcentagens de aberturas distintas (4,48%, 5,57%, 8,35%, 11,13% e 12,45% da área de abertura lateral).

### 3.3 Câmara de refrigeração

A câmara utilizada localiza-se no Laboratório de Refrigeração do Departamento de Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal do Ceará. Sua estrutura foi construída com painéis pré-fabricados, isolados termicamente com espuma rígida de poliuretano injetado; A espessura do isolamento térmico foi de 0,10 m. Em sua parede externa continha um indicador e controlador de temperatura digital. O monitoramento da temperatura foi realizado através de termostatos.

A temperatura de armazenamento foi de  $8,0\text{ °C} \pm 3,0\text{ °C}$ . A umidade relativa do ar foi de  $90,0\% \pm 3,0\%$  e seu controle foi realizado com o auxílio de um sistema controlador *Full Gauge* ar comprimido. O monitoramento da umidade relativa foi feito com um medidor eletrônico da marca *Full Gauge Controls* MT530 plus;

O sistema de refrigeração foi composto por um evaporador, da marca McQuay, com três ventiladores, da marca Danica e uma unidade condensadora, da marca McQuay.

### 3.4 Sistema de resfriamento rápido

Para a condução do resfriamento rápido, foi utilizada a câmara de refrigeração localizada no Laboratório de Refrigeração do Departamento de Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal do Ceará adaptada para tal fim. A câmara possui paredes de alvenaria, isoladas com poliestireno expandido, apresentando dimensões externas de 3,00 x 2,00 x 1,75 m (comprimento, largura e altura).

O sistema de resfriamento rápido por ar forçado foi montado com os seguintes componentes principais: câmara de refrigeração com um sistema de refrigeração composto por uma unidade condensadora, um evaporador e demais acessórios; controle de circulação de ar; embalagens; forçador de ar (exaustor centrífugo, da marca VENTISILVA, modelo ECITAR, potência 1HP, 3400 rpm, com vazão de ar de  $22,0\text{ m}^3/\text{min.}$ ); lona plástica; placa de madeira posicionada paralela à parede, junto ao evaporador e ao ventilador; sistema de aquisição de dados, base de caixas de papelão no piso da câmara fria, utilizados para conferir um posicionamento mais adequado das caixas no túnel (Figura 6):



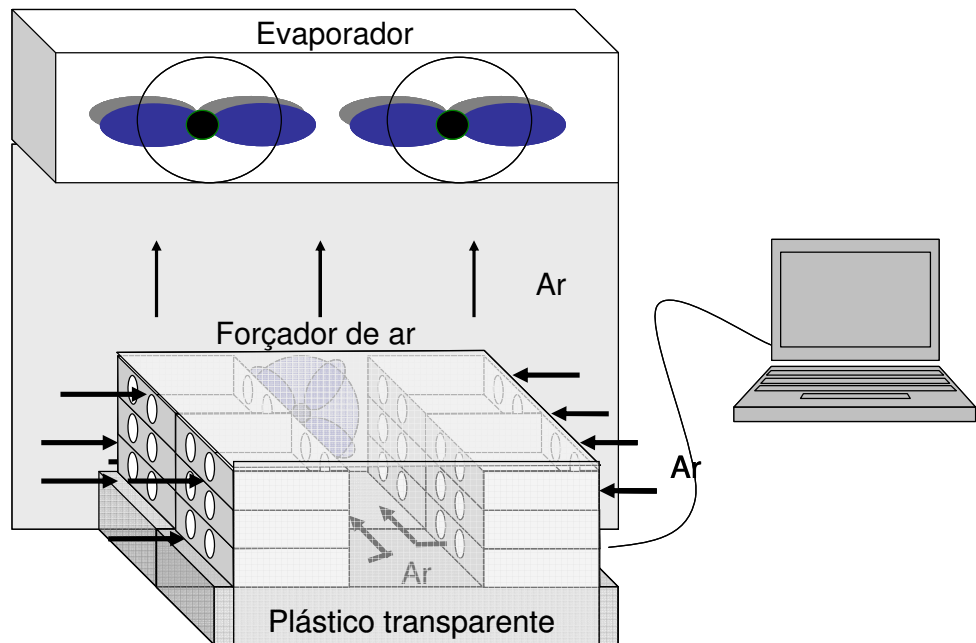


Figura 6 – Sistema de resfriamento rápido por ar forçado.

O forçador de ar foi instalado dentro da câmara com o objetivo de provocar a movimentação do ar desde o evaporador até os produtos. A lona plástica utilizada para cobrir as embalagens contendo os produtos e a placa de madeira facilitaram o direcionamento do ar frio por entre os produtos e através do evaporador da câmara, deste modo houve a otimização do processo.

### 3.5 Instrumentação

Um sistema de aquisição de dados composto por três *Datalogger* da NOVUS Ltda. foi montado e utilizado na aplicação do resfriamento rápido com a finalidade de realizar as leituras e armazenar os dados de temperaturas através do *Fieldchart* que nada mais é que um software de comunicação entre o *datalogger* e um microcomputador. Os dados de temperatura durante o resfriamento rápido foram armazenados em um arquivo compatível.

Antes do início dos ensaios, os termopares (sensores de temperatura) foram calibrados em água. Os termopares do tipo “T” AWG24 e AWG30 foram utilizados com o objetivo de monitorar as temperaturas do produto e do ar em movimento dentro da câmara, sendo estes inseridos no centro de pelo menos uma fruta em cada caixa (Figura 7), em pontos distintos das embalagens. Para medida da velocidade do ar foi utilizado um termoanemômetro

digital de fio quente, da marca Instrutherm TAFR - 180, com escala de velocidade de 0,2 a 20,0 m/s.



Figura 7 – Termopar inserido no fruto.

Foram utilizados 24 termopares onde dois ficaram no exaustor e os demais distribuídos aleatoriamente nas caixas. A leitura da temperatura foi realizada a partir da média dos 22 termopares inseridos nos frutos.

Como utilizamos apenas doze caixas para simular o túnel californiano, foi possível inserir os termopares nos frutos quando estes ainda estavam fora da câmara fria. Faltando um minuto para o início do horário programado, as caixas foram colocadas dentro da câmara, onde foram submetidas ao resfriamento rápido. Os frutos permaneceram dentro da câmara até que a média das leituras de temperatura lida pelos termopares atingisse 8,0 °C. Ao final deste tempo, foram realizadas três medidas de velocidade do ar em cada uma das quatro colunas de caixas. Em seguida, os frutos foram transportados para uma câmara refrigerada, onde permaneceram até o final do armazenamento.

## 4 MÉTODOS

### 4.1 Medidas

Ao chegarem ao Laboratório de Controle de Qualidade e Secagem do Departamento de Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal do Ceará, as frutas foram selecionadas (tamanho uniforme, coloração característica, livres de defeitos físicos, danos mecânicos ou infecções microbianas visíveis), procurando assim, formar uma amostra homogênea para as diversas determinações. No total foi utilizada uma média de 584,0 g de frutos por caixa.

Foram realizados treze ensaios, destes, um foi armazenado a temperatura ambiente, com média de 29,0 °C, um outro foi submetido ao resfriamento lento em câmara refrigerada a 8,0 °C com 90,0% ± 3,0 de umidade e os demais foram submetidos previamente ao resfriamento rápido, sendo transferidos à câmara de armazenamento após o processo onde foram mantidos até o fim do armazenamento. Estes ensaios foram feitos um de cada vez, realizando-se no máximo três por dia.

Os frutos selecionados foram lavados em água corrente e imersos durante dois minutos em uma solução detergente, preparada segundo as instruções do fabricante, buscando reduzir a matéria orgânica. Foi utilizado o detergente Nitrol WV – 2640, da marca Nippon, na concentração de 1,0% (10 mL.L<sup>-1</sup> água).

Passados os dois minutos, os frutos foram enxaguados em água corrente e imersos em uma solução clorada com concentração de 200 ppm por 15 minutos a fim de reduzir a carga microbiana (VILA *et al.*, 2007). Em seguida foram deixados em repouso para que secassem naturalmente. Foi retirada uma porção aleatória de frutos para compor as duas testemunhas<sup>2</sup>: (A) frutos armazenados a temperatura ambiente e (B) frutos armazenados a 8 °C e uma segunda porção foi usada para caracterizar o lote quanto a sua qualidade inicial. Os demais frutos foram submetidos ao resfriamento rápido até que a média das temperaturas lidas pelos termopares atingisse a temperatura de 8,0 °C (RITZINGER; RITZINGER, 2004) e só

---

<sup>2</sup> Testemunha: Frutos não submetidos ao processo de resfriamento rápido. Foram utilizados para efeito de comparação com os frutos submetidos ao resfriamento rápido.

então, transferidos para câmara de estocagem a temperatura de 8,0 °C e umidade relativa de 90,0% ± 3,0.

A Figura 8 dispõe do fluxograma de atividades realizadas após a recepção dos frutos no Laboratório.

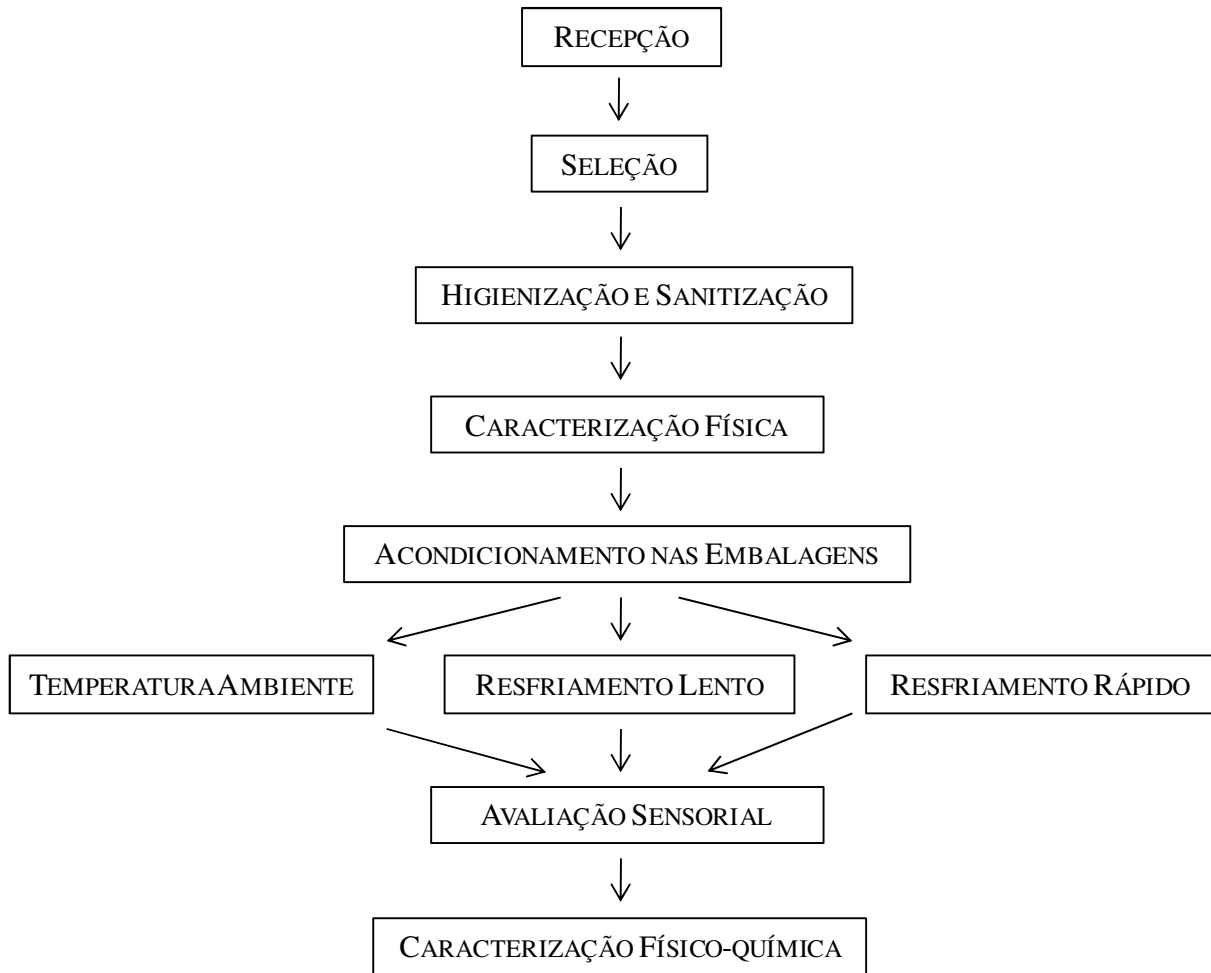


Figura 8 - Fluxograma de atividades realizadas após a recepção dos frutos no Laboratório.

Houve monitoramento da temperatura e umidade relativa durante todo o processo e curvas de resfriamento foram construídas.

Ao longo da estocagem foram retiradas amostras em intervalo de tempo regular, a cada dois dias, para o acompanhamento da qualidade e determinação da vida útil pós-colheita das mesmas. No caso das frutas armazenadas à temperatura ambiente, a coleta foi realizada diariamente.

## 4.2 Planejamento dos experimentos

Em processos multivariáveis, como é o caso deste trabalho, é importante determinar as influências de cada variável do processo e as suas interações entre si, sobre as respostas de interesse. A maximização deste processo, nas faixas de operação, visa à determinação dos valores ótimos de operação das variáveis independentes com relação às respostas (variáveis dependentes). Dentre os métodos de planejamento experimental, tem-se o planejamento fatorial com a análise de superfície de resposta. Esse planejamento permite a realização de vários experimentos, com variação simultânea dos fatores, combinando-os em diferentes condições operacionais passíveis de modificações. As modificações são feitas dentro das faixas pré-selecionadas para a realização de um número de ensaios estatisticamente suficiente, afim de que os efeitos (individuais e de interações entre as variáveis) sobre as variáveis respostas em observação sejam avaliados.

Neste trabalho foi feito um planejamento experimental fatorial completo de dois níveis e análise por superfície de resposta, com a finalidade de verificar e quantificar as influências de cada variável para o processo. Foi utilizado o *Software Statistica 7.0* para a realização do planejamento e suas análises.

Para os ensaios foram usadas como variáveis independentes: intervalo de tempo entre a colheita e o resfriamento rápido ( $X_1$ ) e a porcentagem da área de abertura lateral das caixas ( $X_2$ ).

Foi utilizado um planejamento fatorial completo de ensaios:  $2^2$  mais 3 pontos centrais e 4 axiais. A Tabela 7 mostra todos os experimentos e a combinação de seus níveis. As variáveis respostas foram o coeficiente convectivo de transferência de calor ( $Y_1$ ), a vazão ( $Y_2$ ), a velocidade do ar ( $Y_3$ ) e a vida útil pós-colheita ( $Y_4$ ).

Tabela 7 – Planejamento fatorial completo com três pontos centrais e quatro axiais.

Ensaio	Variáveis independentes		Área de abertura (%) ( $X_1$ )	Tempo após a colheita ( $X_2$ )
	$X_1$	$X_2$		
<b>E01</b>	1	1	11,13	11 h 30 min.
<b>E02</b>	-1	1	5,57	11 h 30 min.
<b>E03</b>	1	-1	11,13	05 h 30 min.
<b>E04</b>	-1	-1	5,57	05 h 30 min.
<b>E05</b>	0	0	8,35	08 h 30 min.
<b>E06</b>	0	0	8,35	08 h 30 min.
<b>E07</b>	0	0	8,35	08 h 30 min.
<b>E08</b>	-1,42	0	4,48	08 h 30 min.
<b>E09</b>	1,42	0	12,45	08 h 30 min.
<b>E10</b>	0	-1,42	8,35	04 h 15 min.
<b>E11</b>	0	1,42	8,35	12 h 45 min.
<b>E12</b>	<b>Temperatura ambiente</b>			
<b>E13</b>	<b>Resfriamento lento</b>			

A importância dos pontos centrais se reflete no fato em que eles são a repetição para cálculo do erro.

A partir da função obtida, poderá ser visualizada graficamente, por superfície de resposta, a dependência de cada variável resposta (Y) com relação às variáveis independentes (X), dentro dos limites pré-estabelecidos, assim como, as interações entre as variáveis.

Os resultados das análises físico-químicas, químicas e sensoriais avaliadas foram submetidos à análise de variância e quando necessário, a análise de regressão polinomial que foi analisado com o auxílio do programa *Statística*.

### 4.3 Modelo matemático do resfriamento rápido

A abordagem matemática foi utilizada considerando a acerola como uma fruta esférica de raio R, a qual foi submetida a diferentes áreas de aberturas. Assumiu-se que a transferência de calor foi realizada em uma direção no sentido do raio do produto e de forma constante, assim como a condutividade térmica, a difusividade térmica e o calor específico que também foram considerados constantes. Considerou-se que a fruta apresentava simetria e homogeneidade em seu corpo, que a temperatura inicial foi uniforme, que os efeitos da respiração e da transpiração foram desprezíveis, que as condições de transferência de calor foi permanente e ainda, que a temperatura inicial do corpo apresentava distribuição uniforme.

Todos estes fatores foram assumidos com o objetivo de facilitar e simplificar o modelo matemático a ser utilizado.

Para cada ensaio foram construídas curvas de resfriamento experimentais e determinados os coeficientes de resfriamento, através de um ajuste desses dados de acordo com a Equação (1). A seguir, o  $\mu_n$  e o  $Bi$  foram calculados, respectivamente, pelas Equações (12) e (13), após os coeficientes convectivos de transferência de calor foram determinados pela Equação (14).

As curvas de resfriamento e seus respectivos ajustes contendo valores experimentais em função da taxa adimensional de temperatura foram elaborados com o auxílio do programa EXCEL, do *Microsoft Office 2007*.

#### **4.4 Caracterização física**

A caracterização das acerolas foi realizada no Laboratório de Controle de Qualidade no Departamento de Engenharia de Alimentos da UFC. Foram selecionados aleatoriamente 40 frutos por ensaio, os quais foram caracterizados fisicamente quanto a massa, o diâmetro transversal e diâmetro longitudinal, além de umidade e volume.

##### **4.4.1 Massa**

A massa total da acerola foi determinada através da pesagem individual da mesma em balança analítica de precisão linha 16k da TECNAL. Os resultados foram expressos em grama.

##### **4.4.2 Diâmetro transversal e diâmetro longitudinal**

Procedeu-se nas frutas a caracterização física dos diâmetros longitudinal e transversal (mm) medidos individualmente com auxílio de paquímetro manual de metal, da marca Vernier Caliper de 150 x 0,05 mm; tendo esta precisão de 0,05 mm, colocado em posição perpendicular e paralela ao eixo dos frutos, respectivamente.

##### **4.4.3 Umidade ou conteúdo de água**

Cinco frutas foram cortadas em pedaços e pesadas em placa de petri, sendo então transferidas para estufa de secagem com circulação e renovação de ar, modelo TE-394, da

marca Tecnal onde permaneceram até peso constante. As frutas chegaram em cinco dias distintos, que foram chamados de lotes, de modo que, a medida da umidade foi realizada em triplicata com amostras representando os frutos recebidos naquele dia, diferente do que aconteceu nas demais análises, nas quais as amostras representavam cada ensaio individualmente. Vale ressaltar que, frutos de um lote poderiam ser divididos para até três ensaios. Os resultados foram expressos em porcentagem na base úmida. A Tabela 8 apresenta os ensaios referentes a cada lote.

Tabela 8 - Lote representativo dos ensaios submetidos, ou não, ao resfriamento rápido por ar forçado.

<b>Lote</b>	<b>Ensaio</b>
1	04,09,13
2	06, 12
3	01, 08
4	02, 03, 07
5	05, 10, 11

#### 4.4.4 Volume

O volume foi medido imergindo 10 frutos em uma proveta graduada contendo água e observando o deslocamento do líquido em seu interior, segundo metodologia de Freire *et al.* (2006). No total foram avaliados 40 frutos de cada ensaio. Os resultados foram expressos em cm<sup>3</sup>.

#### 4.5 Avaliação da vida útil pós-colheita

As análises físico-químicas e químicas foram realizadas no Laboratório de Controle de Qualidade e Secagem do Departamento de Engenharia de Alimentos da UFC. Para todos os experimentos armazenados sob refrigeração, foram coletadas amostras a cada dois dias, já do ensaio armazenado a temperatura ambiente foi coletado amostra diariamente, para tanto, foram selecionados aleatoriamente 48 frutos de cada ensaio, que foram



processados em processador doméstico para a referida caracterização. Para todas elas foram feitas três medições. O fim do armazenamento foi determinado pela análise sensorial.

#### 4.5.1 Avaliação sensorial

Foram utilizados 30 provadores não treinados na avaliação sensorial. A coloração é, freqüentemente, um dos atributos de qualidade mais atrativos para o consumidor, e o impacto visual causado pela coloração é fator predominante na preferência do consumidor. Por isso foram avaliados os atributos cor e aparência externa de acerolas. Para o primeiro, foi utilizado escala hedônica estruturada de 9 pontos onde 9 representa a nota máxima “gostei muitíssimo” e 1 a nota mínima “desgostei muitíssimo de acordo com Meilgaard, Civille e Carr (1991). Os avaliadores receberam bandejas cada uma contendo 10 frutos. A avaliação da cor foi feita para o conjunto de frutos de cada bandeja, já a aparência externa, foi realizada em cada fruto individualmente.

No que diz respeito à apresentação das amostras, esta foi feita de forma monádica (uma de cada vez) e seqüencial (uma após a outra). Foi utilizado delineamentos de blocos completos balanceados, para os efeitos de contraste e ordem de apresentação fossem minimizados, de modo que todos os provadores avaliaram todas as amostras. As bandejas contendo as frutas foram codificadas com três dígitos ao acaso segundo orientação de Ferreira (2004) e de Silva (1997). A Figura 9 mostra a forma como as amostras foram apresentadas aos provadores.

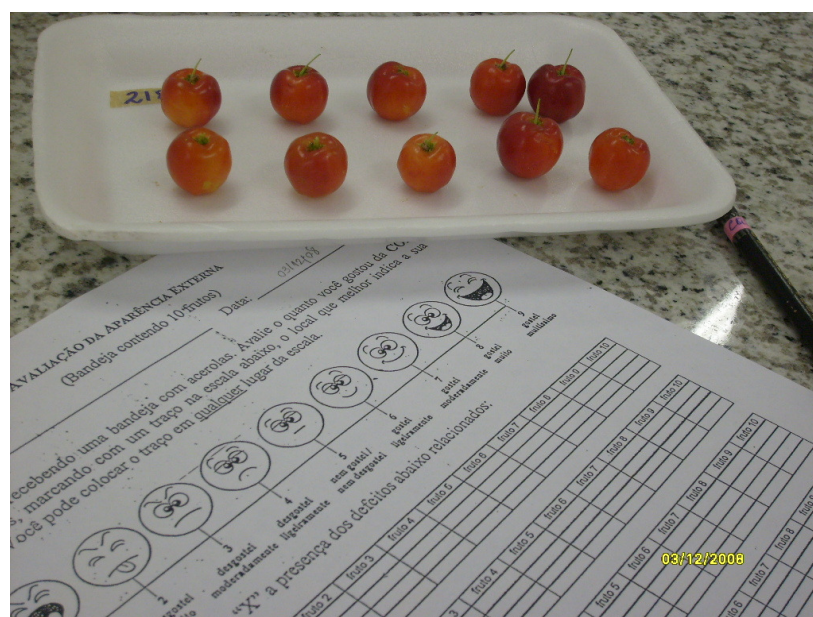


Figura 9 - Modo de apresentação das amostras referentes à avaliação sensorial.

A avaliação da aparência externa foi realizada com base em defeitos visualizados nos frutos. Foram observados os seguintes defeitos: fofo, quando o fruto se apresentava com perda de rigidez da polpa ou enrugado, resultado da perda de água durante o armazenamento. Foram considerados frutos com colapso de polpa aqueles que apresentavam liberação de tecido celular ou suco, que é um dos sintomas característico de injúria pelo frio. O desenvolvimento de fungo foi caracterizado pela visualização do micélio na parte externa do fruto. Foi considerado fruto em senescência aquele que apresentava presença de fungos ou mais de um dos sintomas anteriormente descritos (Apêndice A).

Frutos com nota de cor menor a 5,0 (nem gostei/nem desgostei) foram considerados reprovados. As análises estatísticas dos dados foram realizadas de acordo com o Programa *Statistica*. A ficha adotada na análise sensorial encontra-se no Apêndice B.

#### 4.5.2 Perda de massa

Selecionaram-se quatro caixas de um total de doze, por ensaio refrigerado e duas caixas para o ensaio mantido a temperatura ambiente. A massa total das acerolas foi determinada através da pesagem das frutas que estavam dentro da caixa, ou seja, todas as frutas foram cuidadosamente transferidas para o prato da balança de marca ARJA e pesados. A pesagem foi feita diariamente dentro da própria câmara de armazenamento para evitar a condensação de vapor de água na superfície da fruta. A perda de massa foi avaliada considerando a diferença entre a massa inicial e a final conforme a equação abaixo:

$$PP(\%) = \frac{P_0 - P_t}{P_0} \times 100 \quad (18)$$

Onde: PP (%) corresponde a perda de massa em % (p/p),  $P_0$  é a massa, em gramas, da fruta no dia zero e  $P_t$  é a massa, em gramas, da fruta no tempo t.

#### 4.5.3 Determinação de ácido ascórbico total

O teor de ácido ascórbico total foi obtido por titulometria direta com a Solução de Tillman<sup>3</sup>, até coloração rosa claro permanente. Foram pesados 0,5 g de polpa, e homogeneizados em 50,0 mL de ácido oxálico 0,5% de acordo com Strohecker e Henning

---

<sup>3</sup> A Solução de Tillman foi preparada utilizando DFI (2,6 dicloro-fenol-indofenol) na concentração de 0,02%.

(1967). Para titulação utilizou-se uma alíquota de 5,0 mL. Os resultados foram expressos em mg por 100 gramas de polpa.

#### 4.5.4 pH

O pH foi medido diretamente na polpa, utilizando um pHmetro com membrana de vidro Quimis, modelo 2400A e calibrado com soluções tampão conforme a Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists - AOAC (1992).

#### 4.5.5 Sólidos solúveis

De acordo com a metodologia recomendada pela AOAC (1992), efetuou-se a leitura (°Brix) em um refratômetro digital portátil da marca REICHERT modelo R<sup>2</sup> mini, com compensação automática de temperatura (20,0 °C).

#### 4.5.6 Acidez titulável

Foi determinada por titulação com solução de NaOH (0,1N) a partir da diluição de 1,0 g de amostra em 50,0 mL de água destilada, utilizando como indicador do ponto de virada a fenolftaleína. Os resultados foram expressos em porcentagem de ácido málico, já que este é o que se encontra em maior quantidade em acerola, segundo Brasil (2005).

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 Caracterização física

As frutas foram caracterizadas fisicamente devido à necessidade do uso destes dados no modelo matemático, de modo que, foram avaliados a massa específica, o diâmetro transversal, o diâmetro longitudinal, o volume e o conteúdo de água.

A Tabela 9 mostra a média, o desvio e o coeficiente de variação dos resultados obtidos para a massa, os diâmetros transversais e longitudinais dos frutos analisados nos onze ensaios submetidos ao resfriamento rápido.

Tabela 9 – Valores médios e desvio padrão de massa e diâmetros das acerolas utilizadas nos ensaios submetidos ao resfriamento rápido.

Ensaio	Massa do fruto (g)	Diâmetro transversal (mm)	Diâmetro longitudinal (mm)
<b>E01</b>	3,67 ± 0,42	18,85 ± 0,83	16,64 ± 0,66
<b>E02</b>	3,67 ± 0,58	18,98 ± 1,24	16,50 ± 1,11
<b>E03</b>	3,81 ± 0,60	19,35 ± 1,08	16,66 ± 1,17
<b>E04</b>	3,42 ± 0,36	18,33 ± 0,70	16,42 ± 0,66
<b>E05</b>	3,75 ± 0,60	19,38 ± 1,49	17,04 ± 0,98
<b>E06</b>	3,35 ± 0,41	18,45 ± 0,77	16,35 ± 0,80
<b>E07</b>	3,82 ± 0,48	19,38 ± 0,93	16,79 ± 0,99
<b>E08</b>	3,84 ± 0,57	19,14 ± 0,99	16,86 ± 1,02
<b>E09</b>	3,35 ± 0,44	18,45 ± 0,89	16,35 ± 0,99
<b>E10</b>	3,92 ± 0,52	19,39 ± 0,94	17,25 ± 0,89
<b>E11</b>	3,87 ± 0,47	19,32 ± 0,83	17,25 ± 0,81
<b>Média</b>	<b>3,68 ± 0,50</b>	<b>19,00 ± 0,97</b>	<b>16,74 ± 0,92</b>

Podemos observar que a massa média das frutas variou entre 3,35 a 3,92 g. Esses dados se inserem no intervalo proposto por diversos autores na literatura. Silva (2008), por exemplo, ao estudar a qualidade e atividade antioxidantes em variedades de aceroleira, encontrou valores variando entre 3,23 a 9,47 g, valores estes próximos ao encontrado por Carpentieri-Pipolo e Bruel (2002) ao observar as correlações fenotípicas, genéticas e

ambientais entre doze caracteres de acerola em que eles encontraram valores variando entre 3,05 e 8,12 g para este parâmetro. Já Freire *et al.* (2008) encontraram valores variando entre 2,33 e 6,27 g ao estudar as características físicas de frutos de acerola cultivada em pomares de diferentes microrregiões do Estado da Paraíba. Tais divergências, provavelmente, são resultantes das diferentes condições edafoclimáticas dos locais de cultivo. As acerolas aqui estudadas possuem massa média abaixo do mínimo recomendado pelas indústrias de transformação, consoante dispõe o Instituto Brasileiro de Frutas (1995), que é de 4,00 g.

O diâmetro transversal médio das frutas variou entre 18,33 a 19,39 mm, já o diâmetro longitudinal variou de 16,35 a 17,25 mm. De um modo geral, a análise desses parâmetros indica que os frutos são, em média, mais largos do que altos. Essas variações encontram-se dentro das faixas de tamanho citadas por Freire *et al.* (2008) que encontraram valores médios variando de 16,60 a 23,20 mm para o diâmetro transversal e de 15,30 a 20,10 mm para diâmetro longitudinal, já Musser *et al.* (2005), estudando a caracterização física e de produção de acerola do banco ativo de germoplasma em Pernambuco encontraram valores entre 19,40 e 24,60 mm e 17,40 e 20,70 mm para a média dos diâmetros transversais e longitudinais, respectivamente, valores estes, superiores aos encontrados no presente estudo.

Dentre os critérios de qualidade estabelecidos para acerola, o Instituto Brasileiro de Frutas – IBRAF (1995) relata que os frutos para serem aceitos pelas indústrias de transformação devem ter diâmetro transversal mínimo de 15,00 mm, de modo, os frutos aqui avaliados encontram-se dentro dos limites.

Quanto ao volume, a média dos valores encontrados na presente pesquisa variou entre 3,50 e 4,15 cm<sup>3</sup>, já a massa específica, variou entre 0,89 e 0,98 g/cm<sup>3</sup>. O menor volume foi encontrado para as frutas utilizadas no ensaio E04 e o maior foi para as frutas do ensaio E10, já para a massa específica o ensaio E06 apresentou os menores valores ao passo que os ensaios E02, E04 e E07 apresentaram os maiores valores para este parâmetro. Freire *et al.* (2006) encontraram valores variando entre 1,25 e 5,07 cm<sup>3</sup> e 0,87 a 2,50 g/cm<sup>3</sup> para volume e para massa específica, respectivamente, ao avaliarem as características físicas de acerola cultivada em pomares de diferentes microrregiões do Estado da Paraíba estando nossos dados em acordo com os obtidos por estes pesquisadores.

Os valores obtidos para as grandezas volume e massa específica estão apresentadas na Tabela 10, enquanto que a Tabela 11 dispõe das médias de conteúdo de água, expressos em porcentagem de umidade encontrada nas frutas avaliadas no presente estudo.

Tabela 10 - Média do volume e da massa específica das acerolas em estudo.

Ensaio	Massa do fruto (g)	Volume (cm <sup>3</sup> )	Massa específica $\rho_{\text{fruta}}$ (g/cm <sup>3</sup> )
<b>E01</b>	3,67 ± 0,42	3,79 ± 0,28	0,97
<b>E02</b>	3,67 ± 0,58	3,75 ± 0,35	0,98
<b>E03</b>	3,81 ± 0,60	3,95 ± 0,24	0,96
<b>E04</b>	3,42 ± 0,36	3,50 ± 0,46	0,98
<b>E05</b>	3,75 ± 0,60	3,90 ± 0,18	0,96
<b>E06</b>	3,35 ± 0,41	3,75 ± 0,29	0,89
<b>E07</b>	3,82 ± 0,48	3,88 ± 0,25	0,98
<b>E08</b>	3,84 ± 0,57	4,06 ± 0,31	0,95
<b>E09</b>	3,35 ± 0,44	3,56 ± 0,34	0,94
<b>E10</b>	3,92 ± 0,52	4,15 ± 0,47	0,94
<b>E11</b>	3,87 ± 0,47	4,14 ± 0,24	0,93
<b>Média</b>	<b>3,68 ± 0,50</b>	<b>3,86 ± 0,31</b>	<b>0,95</b>

Tabela 11 - Valores médios e desvios do conteúdo de água das acerolas estudadas.

Lote	Ensaio	Conteúdo de água U (%)
<b>1</b>	04, 09, 13	90,75 ± 0,34
<b>2</b>	06, 12	90,95 ± 0,19
<b>3</b>	01, 08	90,65 ± 0,18
<b>4</b>	02, 03, 07	90,70 ± 0,19
<b>5</b>	05, 10, 11	90,81 ± 0,78
<b>Média</b>	-	<b>90,77 ± 0,34</b>

Como já foi dito anteriormente, o conteúdo de água foi analisado por lote, conforme mostra a Tabela 11. De acordo com estes dados, pode-se inferir que, as médias encontradas para este parâmetro variaram entre 90,65 e 90,95% de umidade, estando estes valores superiores aos relatados por Brunini *et al.* (2004) que encontraram valores entre 73,05 e 84,78%; esta diferença pode dever-se provavelmente ao local e condições de cultivo. Já Alves (2003) em seu trabalho de obtenção de acerola em passa utilizando processos combinados de desidratação osmótica e secagem, encontrou 90,83% de umidade ao caracterizar as acerolas de seu estudo.

## 5.2 Resfriamento rápido por ar forçado

As onze condições diferentes de resfriamento rápido de acerola estão dispostas na Tabela 12, onde constam os dados de porcentagem de abertura lateral das caixas, intervalo de tempo entre a colheita e o resfriamento rápido, a velocidade do ar aplicado, a temperatura inicial e final dos frutos dentro da câmara de resfriamento rápido, bem como, o tempo gasto até que a média dos termopares inseridos nos frutos chegasse à temperatura média de 8,0 °C.

Tabela 12 – Dados das áreas de abertura, tempo entre a colheita e o resfriamento rápido, velocidade do ar, temperatura inicial dos frutos e final dos frutos e o tempo de resfriamento.

Ensaio	A <sub>abertura</sub> (%)	Tempo CR	V <sub>ar</sub> (m/s <sup>2</sup> )	MT <sub>i</sub> (°C)	MT <sub>f</sub> (°C)	TR (min.)
<b>E01</b>	11,13	11 h 30 min.	1,5 ± 0,1	20,2 ± 1,0	8,0 ± 0,6	18,0
<b>E02</b>	5,57	11 h 30 min.	1,0 ± 0,2	22,4 ± 0,6	8,0 ± 0,6	37,0
<b>E03</b>	11,13	05 h 30 min.	1,3 ± 0,1	18,2 ± 0,9	7,9 ± 0,5	25,0
<b>E04</b>	5,57	05 h 30 min.	1,0 ± 0,2	21,6 ± 0,7	7,9 ± 0,2	33,0
<b>E05</b>	8,35	08 h 30 min.	1,3 ± 0,2	23,9 ± 0,5	7,9 ± 0,6	30,0
<b>E06</b>	8,35	08 h 30 min.	1,1 ± 0,1	24,9 ± 0,9	8,0 ± 0,8	33,0
<b>E07</b>	8,35	08 h 30 min.	1,2 ± 0,1	23,1 ± 0,7	8,1 ± 0,8	33,0
<b>E08</b>	4,48	08 h 30 min.	0,6 ± 0,2	20,0 ± 0,7	7,9 ± 0,8	25,0
<b>E09</b>	12,45	08 h 30 min.	2,2 ± 0,2	19,5 ± 0,8	7,9 ± 0,3	22,0
<b>E10</b>	8,35	04 h 15 min.	1,1 ± 0,2	20,3 ± 0,4	7,9 ± 0,8	26,0
<b>E11</b>	8,35	12 h 45 min.	1,1 ± 0,3	20,4 ± 0,9	7,9 ± 0,7	29,0

A<sub>abertura</sub> = área de abertura das embalagens; Tempo CR = tempo entre a colheita e o resfriamento rápido, V<sub>ar</sub> = velocidade do ar, MT<sub>i</sub> = média da temperatura inicial, MT<sub>f</sub> = média da temperatura final, TR = tempo de resfriamento.

O tempo de resfriamento variou entre 18,0 e 37,0 minutos até que a temperatura média dos termopares inseridos nas acerolas atingisse a média 8,0 °C nas condições do trabalho. Vale salientar que, estes resultados foram obtidos a partir de dados experimentais, ou seja, foram utilizadas poucas caixas na câmara e apenas uma camada de frutos por caixa, de modo que, se aplicado a níveis comerciais, com alteração de qualquer um dos dados, o resultado pode não ser o mesmo.

Esperava-se que os ensaios nos quais foram utilizados caixas com maior área de abertura apresentassem um tempo de resfriamento menor, no entanto, quando levados em

consideração os pontos axiais (referente aos ensaios E08 – menor área de abertura e E09 – maior área de abertura) isto não foi observado. Dentre os ensaios avaliados, o que apresentou menor tempo de resfriamento foi o E01, esta resposta se deve a área de abertura que correspondeu a uma das maiores e a velocidade do ar, que foi em média  $1,5 \text{ m/s}^2$ , demorando apenas 18 minutos, e o que precisou de mais tempo para chegar a referida temperatura, foi o ensaio E02 (segunda menor área de abertura e velocidade do ar de  $1,0 \text{ m/s}^2$  em média) o qual correspondeu a 37 minutos.

Os pontos axiais parecem não terem tido muita influência na eficiência do resfriamento. Observe o ensaio E08, ele é referente a um ponto axial (-1,42), neste caso ele está representando a menor área de abertura, de modo que o tempo de resfriamento deveria ter sido o maior, no entanto, não foi o que aconteceu, o mesmo também pode ser observado para o ensaio E09, referente ao ponto axial (+1,42), ele oferece a maior área de abertura, porém, o tempo de resfriamento não é o menor. Este fato pode ser resultante da disposição dos furos na área lateral das caixas, ou seja, talvez se estes furos tivessem sido distribuídos de outra forma a resposta tivesse sido melhor. Observe que os pontos centrais (Ensaio E05, E06 e E07) se comportaram de forma relativamente semelhante em relação ao tempo necessário para que os frutos atingissem a temperatura média de  $8,0 \text{ }^\circ\text{C}$ .

Para cada ensaio foi construída graficamente, a curva dos valores experimentais, plotando a taxa adimensional de temperatura em função do tempo, calculados a partir da equação (6).

Como exemplo de procedimento de cálculo dos principais parâmetros teóricos de transferência de calor da acerola, mostra-se o cálculo para a condição E01 (resfriamento rápido por ar forçado de acerola embalada em caixa de papelão com área de abertura de 11,13% e 11 h 30 min. após a colheita).

Inicialmente, foi construída a curva de resfriamento experimental e o ajuste exponencial dos dados experimentais com sua respectiva equação de ajuste e coeficiente de determinação, referentes a esta condição de resfriamento (Figura 10). As curvas dos demais ensaios estão apresentadas nos Apêndices (C a M).



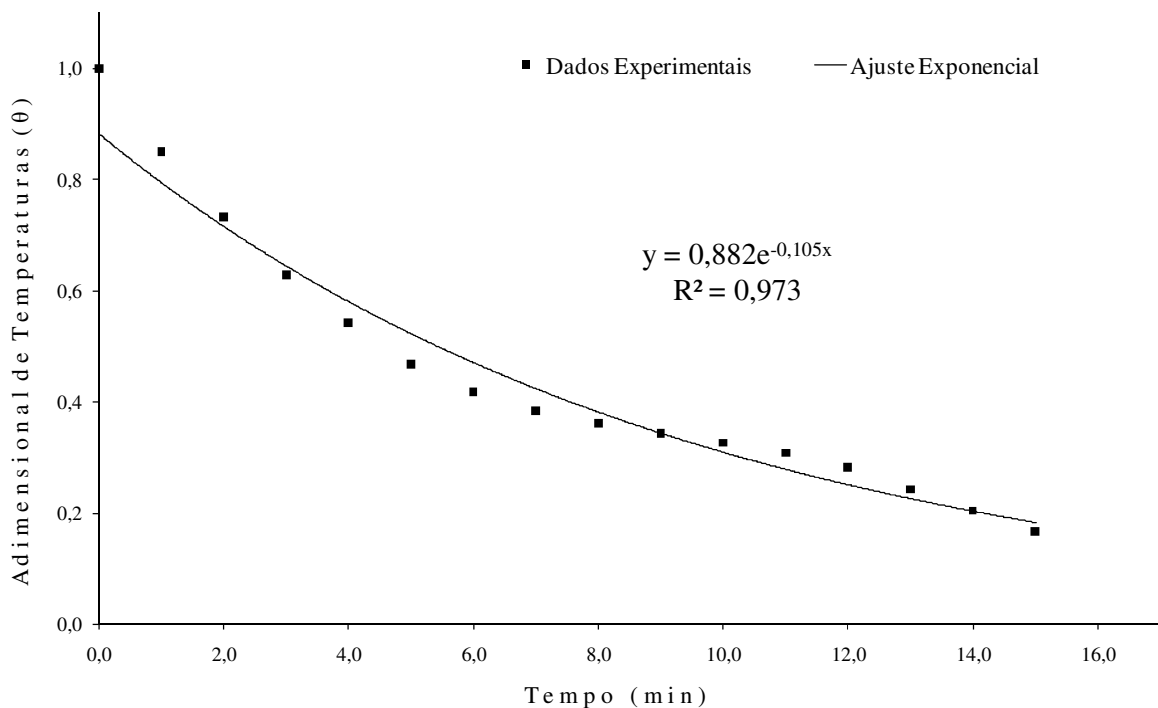


Figura 10 – Distribuição de temperatura experimental no resfriamento rápido de acerola do ensaio E01, embalado em caixas de papelão com área de abertura de 11,13% e 11 h 30 min. após a colheita.

É possível perceber que esta curva apresenta um comportamento exponencial, isto é evidenciado pela rápida queda da temperatura média do fruto durante o início do resfriamento rápido e uma queda lenta quando esta se aproxima da temperatura final, comportamento condizente com os relatados por diversos outros autores que trabalharam com resfriamento rápido por ar forçado, tais como, Dussan Sarria (2003), Lima *et al.* (2008), Rocha *et al.* (2008) e Siqueira *et al.* (2008) ao trabalharem com figos, cajá, acerola e goiaba, respectivamente.

Nos ajustes exponenciais dos valores experimentais de resfriamento, encontraram-se altos valores para o coeficiente de determinação, sendo o menor valor de aproximadamente 95%, o que significa que o modelo exponencial representa adequadamente o comportamento do resfriamento de acerola, e os coeficientes de resfriamento representados pelo termo exponencial do ajuste podem ser considerados confiáveis.

No caso do ensaio E01, o coeficiente de determinação foi de 97,3%. O coeficiente de resfriamento foi obtido através da equação exponencial da curva, cujo valor foi de 0,105  $\text{min}^{-1}$ , o que corresponde a  $1,75 \times 10^{-3} \text{ s}^{-1}$ .

Conhecendo o conteúdo de água, obtido através da análise de umidade, pôde-se determinar a condutividade térmica e o calor específico. A condutividade térmica obtida

através da equação (1) foi de 0,59 W/m °C. O calor específico encontrado foi de 3.873,90 J/kg °C. A difusividade térmica obtida através da equação (3) foi de  $1,42 \times 10^{-7}$  m<sup>2</sup>/s. Conhecendo a condutividade térmica, a difusividade térmica, o raio e o coeficiente de resfriamento foi possível calcular, através da equação (5), o coeficiente convectivo de transferência de calor. O valor encontrado foi de 23,95 W/m<sup>2</sup> °C.

Continuando os cálculos com base no coeficiente convectivo de transferência de calor calculou-se o Número de *Biot*, utilizando a equação (14), que resultou ser de 0,38.

A Tabela 13 mostra os parâmetros do resfriamento rápido de acerola nas diferentes condições estudadas.

Tabela 13 – Parâmetros do resfriamento rápido de acerola nas diferentes condições avaliadas.

Ensaio	<i>k</i>	<i>C<sub>p</sub></i>	<i>α</i>	<i>a</i>	<i>hc</i>	<i>Bi</i>
<b>E01</b>	0,59	3873,90	1,42	1,75	23,95	0,38
<b>E02</b>	0,60	3875,51	1,42	0,73	9,46	0,15
<b>E03</b>	0,60	3875,51	1,42	1,77	25,01	0,41
<b>E04</b>	0,60	3877,01	1,42	0,78	9,76	0,15
<b>E05</b>	0,60	3879,16	1,42	1,10	14,89	0,24
<b>E06</b>	0,60	3883,92	1,43	0,85	10,99	0,17
<b>E07</b>	0,60	3875,51	1,42	0,73	9,68	0,16
<b>E08</b>	0,59	3873,90	1,42	0,98	13,02	0,21
<b>E09</b>	0,60	3877,01	1,42	1,25	16,15	0,25
<b>E10</b>	0,60	3879,16	1,42	1,23	16,86	0,27
<b>E11</b>	0,60	3879,16	1,42	0,92	9,57	0,12

*K* = Condutividade Térmica (W/m °C), *C<sub>p</sub>* = Calor Específico (J/kg °C), *α* = Difusividade térmica ( $\times 10^{-7}$  m<sup>2</sup>/s), *a* = Coeficiente de resfriamento ( $\times 10^{-3}$  s<sup>-1</sup>), *hc* = Coeficiente convectivo de transferência de calor (W/m<sup>2</sup> °C), *Bi* = Número de *Biot*.

Observando a tabela é possível inferir que o ensaio que obteve melhores resultados foi o E03. A ele foi aplicado uma das maiores áreas de abertura, que propiciou alta velocidade do ar, de 1,3 m/s<sup>2</sup>, de modo que o resfriamento foi o mais eficiente entre os ensaios, resultando no maior coeficiente de resfriamento, de  $1,77 \times 10^{-3}$  s<sup>-1</sup> e maior coeficiente convectivo de transferência de calor, de 25,01 W/m<sup>2</sup> °C. O tempo gasto para que os frutos atingissem a temperatura média de 8,0 °C foi de apenas 25 minutos. O número de *Biot* também foi o maior, correspondendo a 0,41. Segundo Teruel *et al.* (2001) altos valores deste parâmetro refletem em alta intensidade do processo de transferência de calor. O E02 foi o

ensaio menos eficiente, apresentando baixos valores de coeficiente de resfriamento, coeficiente convectivo de transferência de calor e número de *Biot*.

### 5.3 Delineamento experimental

Como já foi dito anteriormente, em processos multivariáveis, como é o caso deste trabalho, a determinação da influência de cada variável do processo e as suas interações entre si sobre as respostas de interesse são de fundamental importância. A Tabela 14 apresenta os valores experimentais das variáveis respostas (dependentes): coeficiente convectivo de transferência de calor ( $W/m^2 \text{ } ^\circ C$ ), vazão de ar (L/s), velocidade do ar ( $m/s^2$ ) e vida útil (dias).

Tabela 14 - Resultados das variáveis respostas do resfriamento rápido por ar forçado de acerola.

Ensaio	Variáveis independentes		Variáveis dependentes			
	A <sub>abertura</sub> (%)	Tempo PC	<i>hc</i> ( $W/m^2 \text{ } ^\circ C$ )	v <sub>ar</sub> (L/s)	V <sub>ar</sub> ( $m/s^2$ )	Vida útil (dias)
<b>E01</b>	11,13	11 h 30 min.	23,95	1,4	1,5	8
<b>E02</b>	5,57	11 h 30 min.	9,46	0,6	1,0	8
<b>E03</b>	11,13	05 h 30 min.	25,01	1,4	1,3	8
<b>E04</b>	5,57	05 h 30 min.	9,76	0,6	1,0	8
<b>E05</b>	8,35	08 h 30 min.	14,89	1,3	1,3	8
<b>E06</b>	8,35	08 h 30 min.	10,99	0,9	1,1	12
<b>E07</b>	8,35	08 h 30 min.	9,68	1,0	1,2	8
<b>E08</b>	4,48	08 h 30 min.	13,02	0,3	0,6	8
<b>E09</b>	12,45	08 h 30 min.	16,15	1,9	2,2	8
<b>E10</b>	8,35	04 h 15 min.	16,86	0,9	1,1	12
<b>E11</b>	8,35	12 h 45 min.	9,57	0,9	1,1	12

*hc* = Coeficiente convectivo de transferência de calor, v<sub>ar</sub> = vazão do ar, V<sub>ar</sub> = velocidade do ar.

### 5.3.1 Coeficiente convectivo de calor ( $hc$ )

Os resultados obtidos na análise de variância (ANOVA) estão apresentados no Apêndice N. Segundo os dados da Análise de variância o coeficiente convectivo de transferência de calor não sofreu influência de nenhuma das variáveis independentes aqui estudadas. Através da representação gráfica apresentada na Figura 11, pode-se observar que não foi possível validar o modelo para este parâmetro. Ou seja, o planejamento experimental gerado pelo Programa *Statistica*, não foi eficiente, de modo que, os valores encontrados para esta variável, não foram compatíveis com os valores preditos pelo programa. Isso é facilmente identificado na Figura 11 devido à distância dos pontos experimentais, na cor preta, para os pré-ditos, em vermelho.

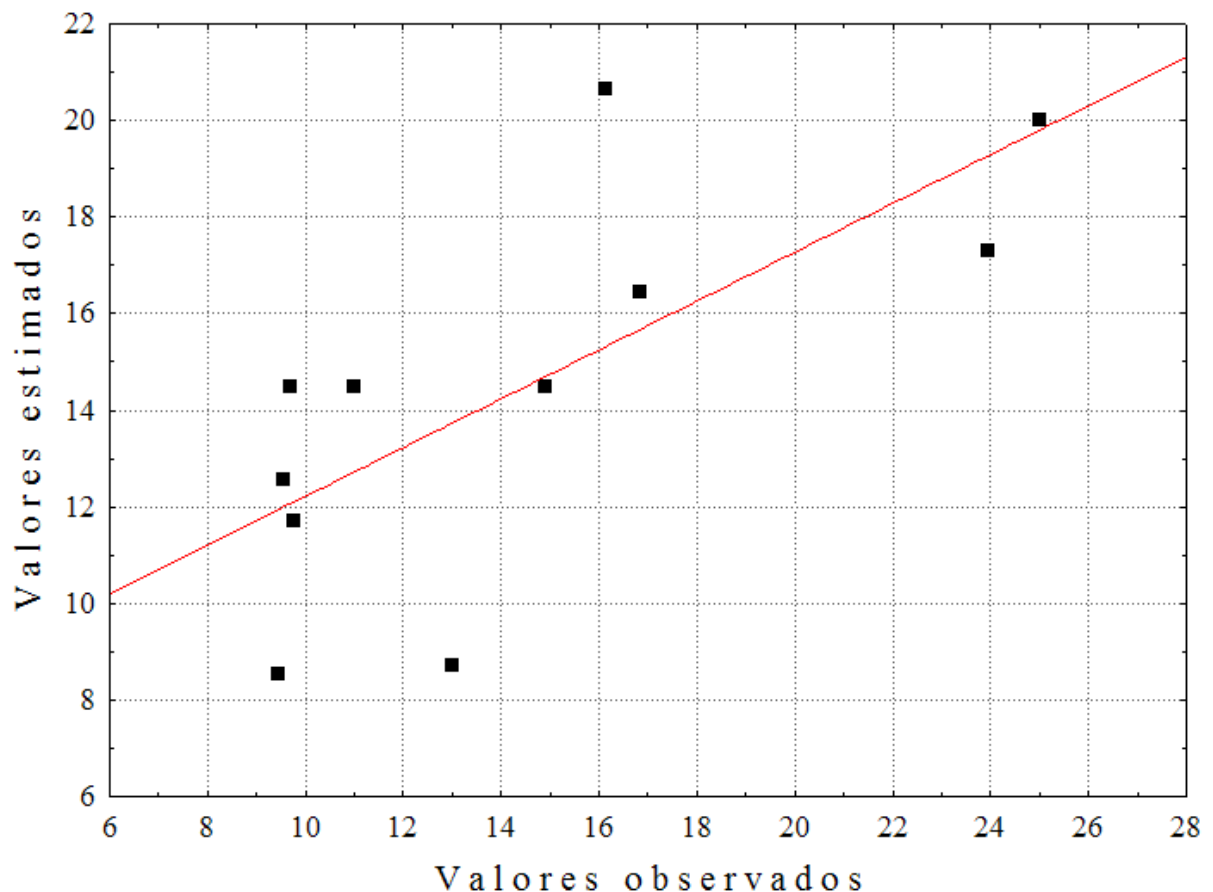


Figura 11 – Coeficiente convectivo de transferência de calor estimado versus coeficiente convectivo de transferência de calor observado do resfriamento rápido de acerola.

### 5.3.2 Vazão

De acordo com a análise de variância – ANOVA, Apêndice O, esta variável teve influência da área de abertura, variando linearmente a medida que esta aumentava. Através da indicação gráfica apresentada na Figura 12, pode-se observar que o modelo foi condizente com os dados encontrados para esta variável. Como o resultado apresentou diferença significativa ao nível de 5%, foi realizado o teste de regressão, cujo resultado encontra-se no Apêndice P.

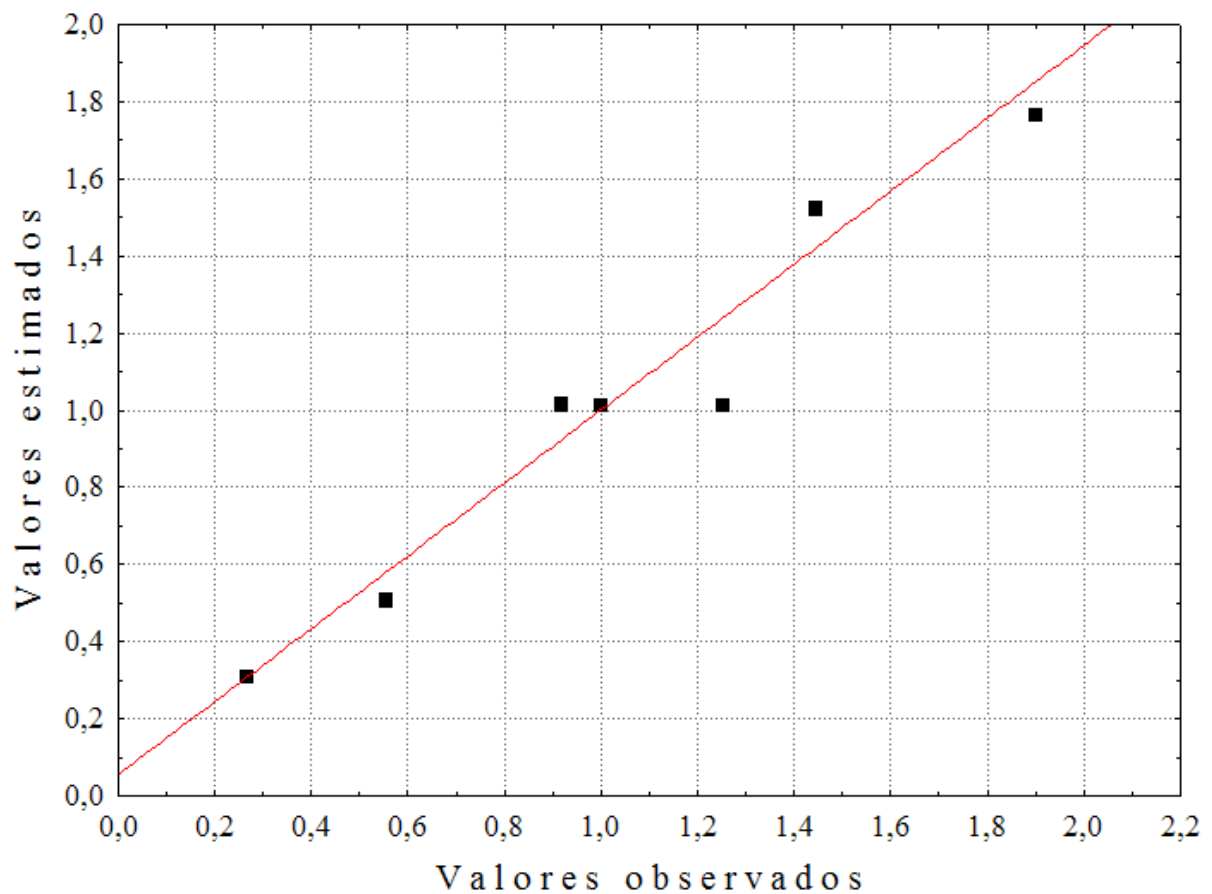


Figura 12 – Vazão do ar estimada versus vazão do ar observada durante resfriamento rápido de acerola.

A análise por superfície de resposta foi utilizada com a finalidade de verificar e quantificar as influências de cada variável para o processo, quando esta foi significativa. No caso da variável vazão de ar, podemos observar através da análise de variância - ANOVA que esta variável não sofreu influência do intervalo de tempo entre a colheita e o resfriamento rápido, sendo significativo ao nível de 5% apenas em relação a variável área de abertura. O mesmo pode ser claramente observado no gráfico de superfície de resposta (Figura 13), onde

é mostrado que quanto maior a área de abertura, maior a vazão do ar, representado pela cor vermelha, quanto mais intensa essa coloração melhor. A Figura mostra ainda, que não há variação de cor no eixo Y, que trata do intervalo de tempo entre a colheita e o armazenamento, o que infere que este não influenciou na variável vazão do ar, já que tanto faz aumentá-lo ou diminuí-lo, o valor da vazão será sempre o mesmo.

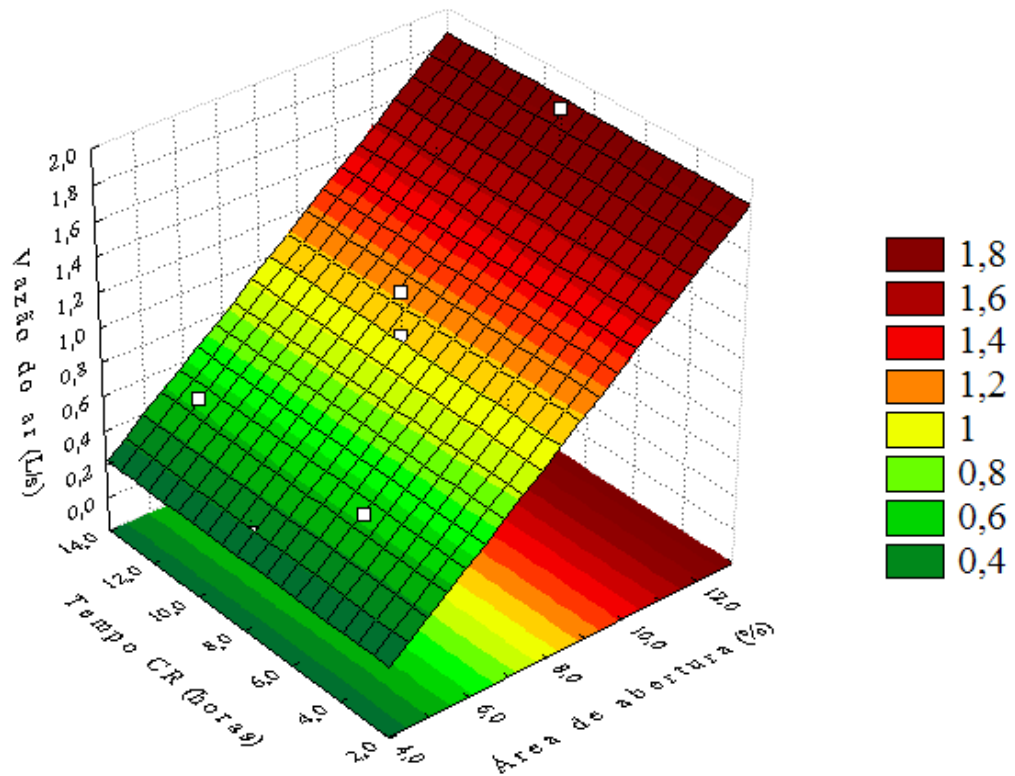


Figura 13 - Superfície de resposta da vazão do ar em função do tempo entre o resfriamento rápido e a colheita e a área de abertura na lateral das caixas.

### 5.3.3 Velocidade do ar

Os resultados obtidos na análise de variância (ANOVA) estão apresentados no Apêndice Q. Dessa forma, para a variável dependente “velocidade do ar” só foi significativo o termo linear da variável “área de abertura”.

Através da indicação gráfica apresentada na Figura 14, pode-se observar que não foi possível validar o modelo.

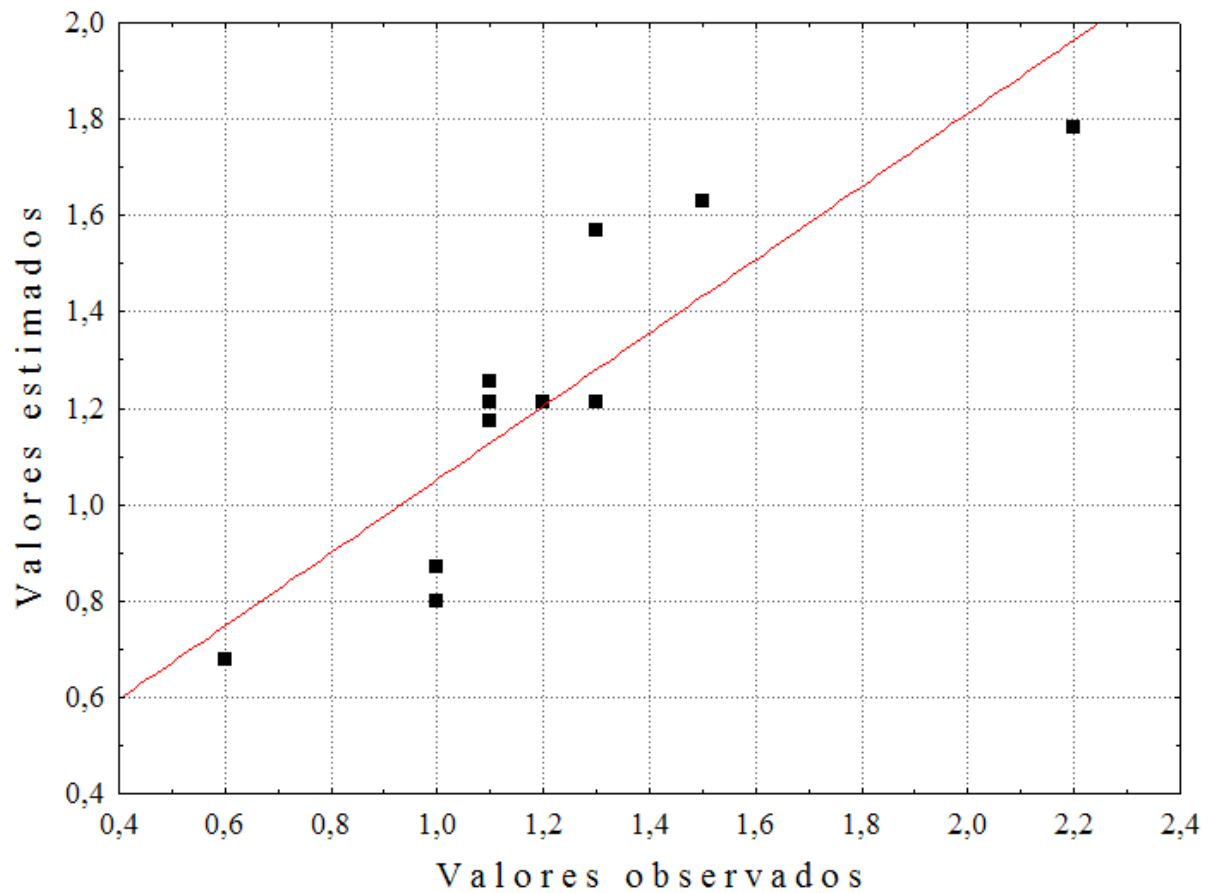


Figura 14 – Velocidade do ar estimada versus velocidade do ar observada durante resfriamento rápido de acerola.

A Figura 15 mostra a superfície de resposta em função do tempo entre o resfriamento rápido e a colheita e a área de abertura na lateral das caixas. Podemos concluir que quanto maior a abertura, maior será o coeficiente convectivo de transferência de calor e mais eficiente será o processo. Nas condições em que o estudo foi realizado, a variável “tempo entre a colheita e o resfriamento rápido não apresentou influência sobre o  $hc$ . O Apêndice R apresenta os coeficientes de regressão, erro padrão e  $p$ -valores para esta variável.

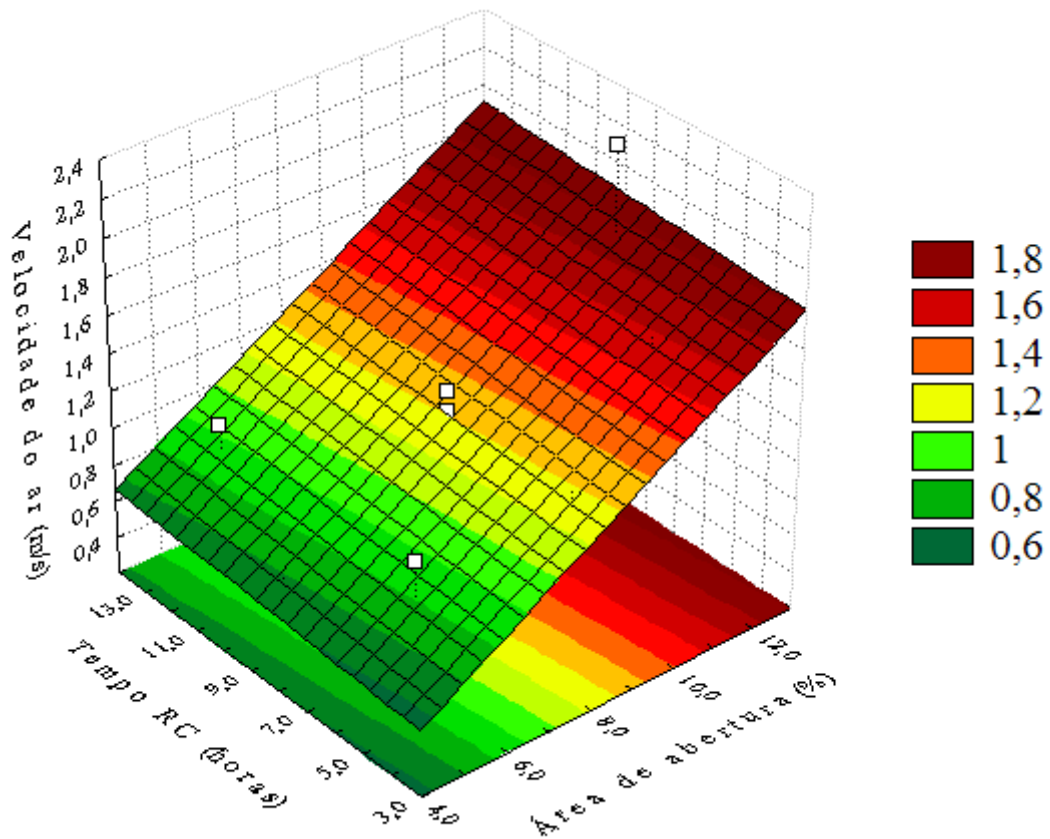


Figura 15 - Superfície da velocidade do ar em função do tempo entre o resfriamento rápido e a colheita e a área de abertura na lateral das caixas.

#### 5.3.4 Vida útil

A vida útil das acerolas foi determinada em função da análise sensorial. O parâmetro que definiu o fim do armazenamento foi a cor.

O Apêndice S apresenta a análise de variância (ANOVA) para a variável vida útil (dias) ocorrida em acerolas em função da área de abertura das embalagens e do tempo entre a colheita e o resfriamento rápido. De acordo com o que é apresentado nele podemos observar que não houve diferença significativa ao nível de 5% em função de nenhuma das variáveis independentes avaliadas, ou seja, não houve influência do tempo entre a colheita e a aplicação do resfriamento rápido nem da área de abertura. De modo, que não foi necessário fazer a regressão nem a superfície de resposta para este parâmetro.

Este resultado sugere que, na condição em que o ensaio foi realizado estas variáveis não influenciaram positivamente na vida útil das frutas. Talvez fosse necessário uma



variação maior nos intervalos destes parâmetros para que pudesse ser visualizado a influência dos mesmos.

A Figura 16 apresenta graficamente os valores observados em função dos valores estimados para a vida útil das acerolas estudadas, onde mais uma vez, pode-se observar que os resultados obtidos não respondem bem ao modelo gerado pelo programa *Statística*.

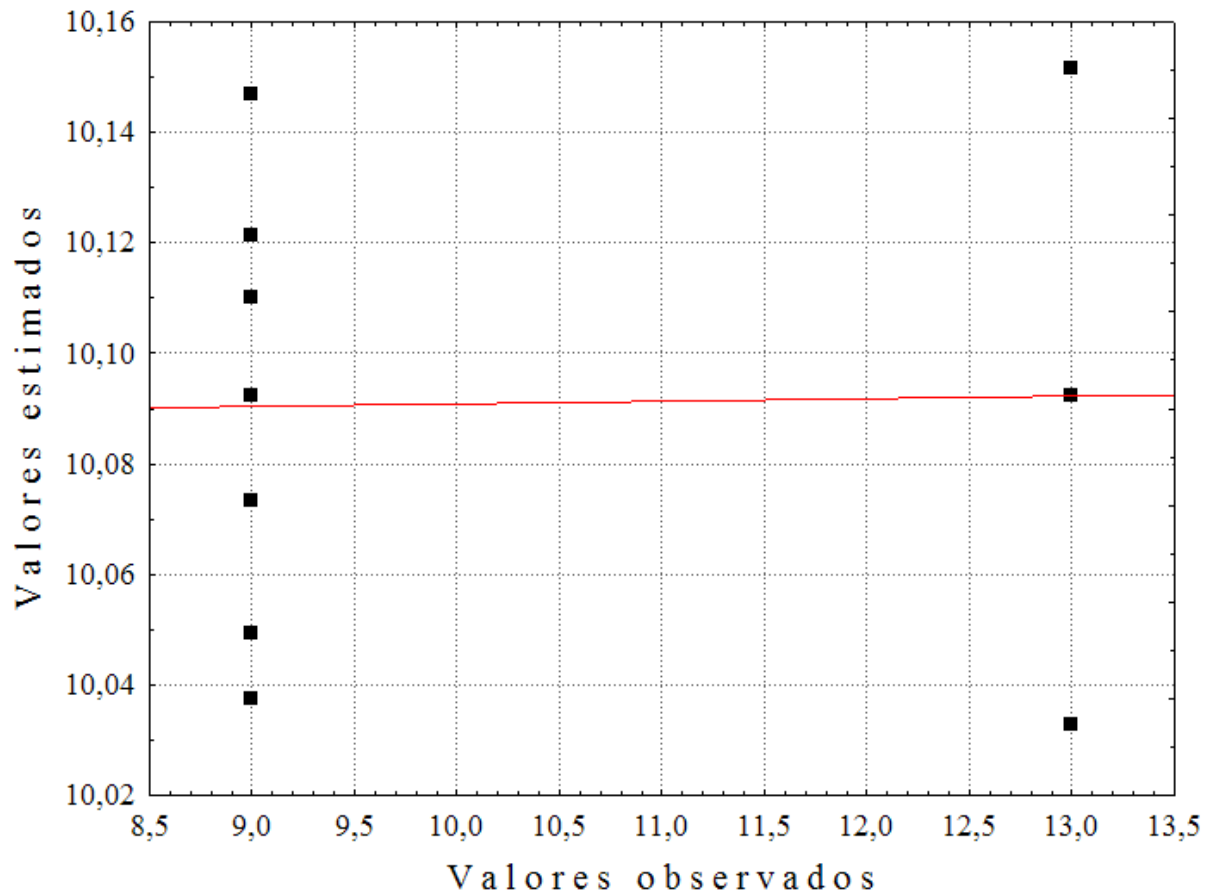


Figura 16 – Vida útil estimada versus vida útil observada durante resfriamento rápido de acerola.

Aparentemente, os resultados obtidos para variável “vida útil” não sofreram influência do ensaio aplicado. Observe na Tabela 15 que embora os valores aplicados para área de abertura lateral e tempo entre a colheita e o resfriamento tenham sido distintos não houve variação para a vida útil das frutas, sendo observado 8 dias para todos os ensaios exceto para os três ensaios realizados por último, que apresentaram-se aceitáveis por 12 dias.

## 5.4 Avaliação da vida útil pós-colheita

Como já foi discutido anteriormente, os frutos submetidos ao resfriamento rápido, não sofreram influência das condições de armazenamento nos 11 ensaios para o parâmetro “vida útil”, deste modo, as acerolas foram avaliadas estatisticamente em ensaios individuais, não sendo relacionados com o planejamento experimental.

A vida útil pós-colheita das acerolas foi determinada em função da opinião pessoal de consumidores, que foram orientados a avaliarem o quanto eles gostaram da cor das acerolas, já que este é o principal parâmetro que o influencia na hora da compra. Além deste atributo, eles avaliaram também a presença ou não dos seguintes defeitos: “aspecto de fofo”, “colapso de polpa”, “incidência de fungo” e “senescência”. Análises químicas e físico-químicas foram realizadas nas frutas até que estes fossem reprovados na análise sensorial em relação ao parâmetro cor, sendo este o último dia de análise.

### 5.4.1 Cor e aparência externa

A cor, assim como os demais parâmetros, foi analisada por 30 consumidores, previamente orientados, utilizando a escala hedônica de nove pontos, como já foi explicado na metodologia. Os frutos foram considerados reprovados quando estes atingiram média menor do que cinco que corresponde a nem gostei/nem desgostei na escala hedônica. Os resultados foram apresentados separadamente devido ao intervalo de tempo entre as análises. Os frutos armazenados sob refrigeração foram avaliados a cada dois dias ao passo que os mantidos a temperatura ambiente foram avaliados diariamente.

A Tabela 15 dispõe das médias hedônicas e desvio padrão dos resultados da análise sensorial de acerola armazenada a temperatura ambiente para o parâmetro “cor”.

Tabela 15 – Médias hedônicas e desvio padrão dos resultados da análise sensorial de acerola armazenada a temperatura ambiente para o parâmetro cor.

Ensaio	Dias de armazenamento						
	0	1	2	3	4	5	6
E 12	8,1 ± 0,9	8,0 ± 0,9	8,4 ± 0,8	8,0 ± 0,8	5,3 ± 2,7	3,6 ± 2,1	2,9 ± 2,2

O ensaio que durou menos tempo foi o E12, como já era esperado, sendo este reprovado no quinto dia de armazenamento, porém ele apresentou as melhores médias nos

dias iniciais de armazenamento, fato este, que se deve ao amadurecimento. À medida que as acerolas amadureceram, nesta condição, sua coloração ficou mais bonita, apresentando um vermelho mais intenso, o que agradou a grande maioria dos provadores, isto pode ser verificado pelo desvio padrão que foi bem pequeno em relação aos obtidos nos demais ensaios. A nota máxima atribuída para os frutos armazenados à temperatura ambiente foi 8,4 no segundo dia de armazenamento e a mínima foi 2,9 no sexto dia, sendo estes frutos reprovados no quinto dia de armazenamento quando apresentaram média inferior a cinco, ou seja, nesta condição, os frutos foram aprovados pelos consumidores para consumo por até quatro dias de armazenamento.

Tanto as médias como os resultados dos Testes de Tukey referentes à avaliação da cor e da aparência externa das acerolas armazenadas à temperatura ambiente estão apresentados no Apêndice T. Com exceção do atributo “aspecto de fofo”, não houve diferença significativa ao nível de 5% até o terceiro dia de armazenamento. Ao final desta etapa, este mesmo atributo foi o que mais se destacou, estando presente em até 90% dos frutos analisados.

Ao avaliar a relação existente entre os ensaios submetidos ao resfriamento rápido e o planejamento experimental foi constatado que não houve diferença significativa ao nível de 5% pela análise de variância, o que nos leva a acreditar que as alterações ocorridas durante os ensaios não foi resultante das condições de armazenamento.

A Tabela 16 apresenta as médias hedônicas e o desvio padrão dos resultados das análises sensoriais das acerolas armazenadas sob refrigeração, enquanto que os Apêndices U, V, X, Z, AA e AB apresentam as médias e os testes de Tukey para cor, aspecto de fofo, colapso de polpa, incidência de fungo e senescência obtidos para estas condições de análise. Vale salientar que em cada bandeja havia 10 acerolas. Os dados apresentados nos referidos apêndices representam a média do número de frutas, por bandeja, que apresentaram defeitos.

Tabela 16 – Médias hedônicas e desvio padrão dos resultados da análise sensorial de acerola armazenada sob refrigeração para o parâmetro cor.

Ensaio	Dias de armazenamento									
	0	2	4	6	8	10	12	14	16	
E01	8,4 ± 0,5	6,5 ± 1,7	6,8 ± 1,2	6,3 ± 1,5	5,0 ± 1,5	4,0 ± 1,8	4,7 ± 1,7	5,2 ± 2,0	3,0 ± 1,5	
E02	8,2 ± 1,0	6,5 ± 1,4	7,5 ± 0,7	6,6 ± 1,6	6,2 ± 1,6	4,0 ± 1,9	4,8 ± 1,8	3,1 ± 0,5	1,9 ± 0,7	
E03	8,2 ± 1,0	6,0 ± 1,6	7,0 ± 1,6	5,7 ± 1,8	5,4 ± 2,1	3,9 ± 2,7	4,4 ± 2,3	3,1 ± 0,9	1,9 ± 0,6	
E04	6,9 ± 1,4	6,7 ± 2,3	6,5 ± 1,9	5,9 ± 1,3	5,7 ± 1,8	4,4 ± 1,5	4,5 ± 1,6	3,6 ± 1,9	2,0 ± 1,1	
E05	6,9 ± 1,7	7,2 ± 1,3	7,1 ± 1,5	5,2 ± 2,0	6,5 ± 1,7	5,2 ± 2,1	5,6 ± 1,3	3,3 ± 1,5	1,7 ± 0,8	
E06	8,1 ± 0,9	6,8 ± 1,6	6,6 ± 1,7	5,7 ± 1,6	6,2 ± 1,8	4,9 ± 1,8	4,3 ± 2,1	5,1 ± 1,9	3,0 ± 1,1	
E07	8,2 ± 1,0	5,7 ± 1,8	6,3 ± 1,6	6,2 ± 1,7	6,1 ± 1,9	4,0 ± 2,0	5,1 ± 1,5	3,6 ± 1,2	1,3 ± 0,4	
E08	8,4 ± 0,5	6,8 ± 1,6	6,4 ± 1,8	6,2 ± 1,3	5,3 ± 1,9	4,0 ± 1,8	3,9 ± 1,7	4,6 ± 2,0	3,0 ± 1,4	
E09	6,9 ± 1,4	7,3 ± 1,2	6,3 ± 1,3	6,9 ± 0,8	5,9 ± 1,9	4,5 ± 2,3	4,5 ± 1,8	4,5 ± 2,2	2,4 ± 1,1	
E10	6,9 ± 1,7	7,3 ± 1,3	5,4 ± 2,3	5,9 ± 2,0	7,2 ± 1,0	5,2 ± 1,9	5,6 ± 1,5	3,7 ± 1,5	2,4 ± 1,4	
E11	6,9 ± 1,7	6,3 ± 1,9	6,8 ± 2,1	6,1 ± 1,7	6,3 ± 1,7	5,2 ± 2,0	5,0 ± 1,2	3,7 ± 1,3	2,9 ± 1,1	
E13	6,9 ± 1,4	5,7 ± 1,8	5,0 ± 1,9	5,0 ± 2,0	4,0 ± 1,7	2,3 ± 1,6				

Média de notas obtidas com base na escala hedônica, onde 1 = desgostei muitíssimo, 5 = nem gostei/nem desgostei e 9 = gostei muitíssimo.

Ensaio de E01 a E11 foram submetidos ao resfriamento rápido e posteriormente armazenados sob refrigeração, já o ensaio E13 foi apenas armazenado nesta condição.

O armazenamento sob refrigeração aumentou em dois dias o tempo de vida útil das acerolas. Já as frutas que foram previamente submetidas ao resfriamento rápido mantiveram uma cor aceitável pelos provadores por até 12 dias, foi o caso dos ensaios E05, E10 e E11, para os demais ensaios o tempo foi de oito dias. O alto desvio padrão encontrado é justificado pela complexidade de se trabalhar com frutas *in natura* e com consumidores. Enquanto um gosta de acerolas roxas, outro prefere frutos vermelhos, daí a discrepância neste coeficiente. Também foi observado durante o armazenamento nestas condições, que os frutos não continuavam a amadurecer, ou seja, no processo natural de amadurecimento, que foi o caso dos frutos mantidos a temperatura ambiente, os frutos passavam do vermelho para o roxo, já os frutos armazenados sob refrigeração, a cor característica da acerola não foi se intensificando, ao contrário, as frutas foram perdendo a cor com o armazenamento, chegando ao final desta etapa a ficarem com a pele bem fina e transparente.

Abaixo temos a representação gráfica dos resultados individuais do parâmetro cor. Os gráficos foram construídos observando o final do armazenamento para cada um dos ensaios, de modo, que foram divididos em três grupos: quinto dia de armazenamento (término

do armazenamento das frutas armazenadas a temperatura ambiente), oitavo dia (término do armazenamento das frutas armazenadas sob refrigeração) e décimo dia de armazenamento (referente ao último dia de armazenamento da maioria dos ensaios submetidos previamente ao resfriamento rápido). Apenas o ensaio E12 foi analisado ao quinto dia de armazenamento, de modo que estes resultados foram comparados com os do sexto dia dos demais ensaios. Esta divisão foi feita para que se pudessem fazer comparações estatísticas entre os ensaios com tempo final diferente.

A Figura 17 é a representação gráfica das análises sensoriais para o parâmetro cor ao 5º, 8º e 10º dia de armazenamento.

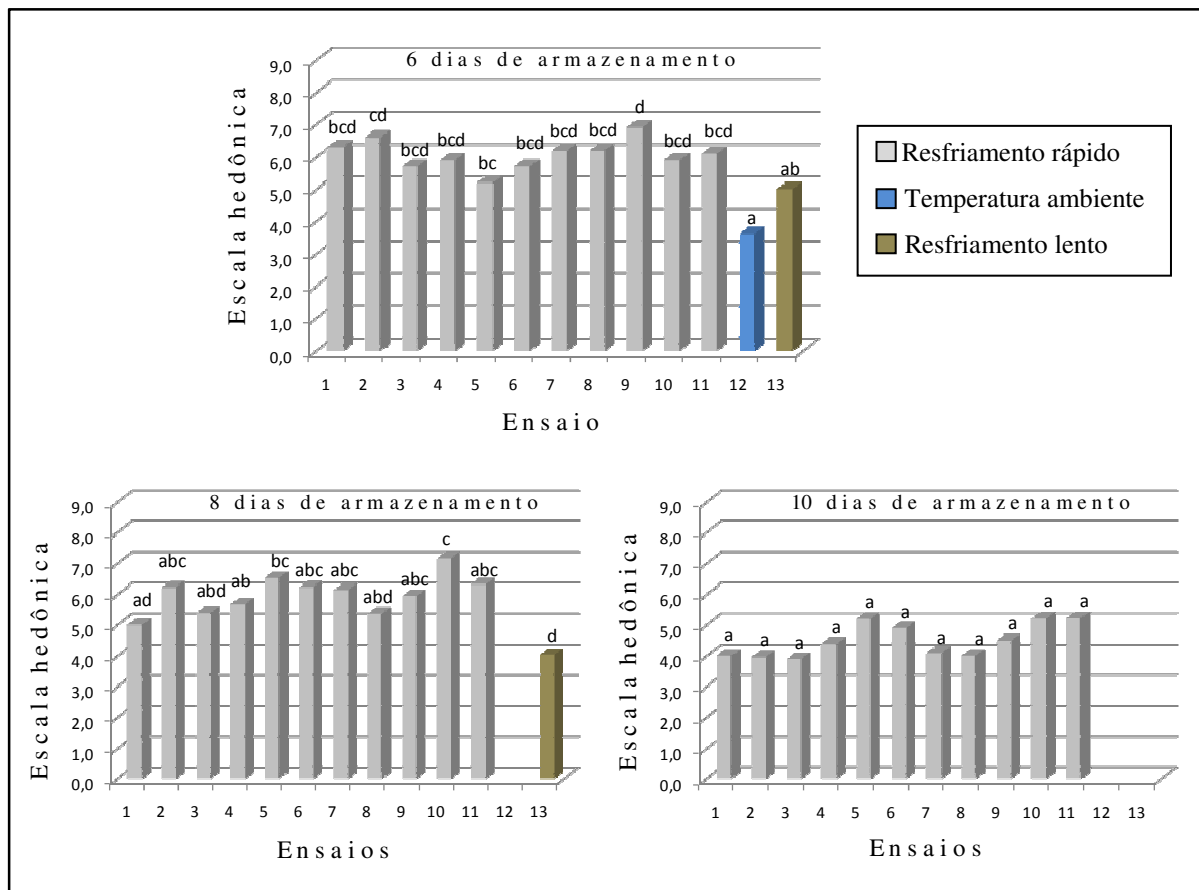


Figura 17 - Médias hedônicas e Tukey para o atributo cor em acerolas armazenadas durante 5, 8 e 10 dias, onde 1,0 = desgostei muitíssimo; 5,0 = nem gostei/nem desgostei e 9,0 = gostei muitíssimo.

Ao sexto dia de armazenamento as acerolas que obtiveram maiores notas hedônicas foram os ensaios E09 e E02 com médias de  $6,9 \pm 0,8$  e  $6,6 \pm 1,6$  respectivamente, mas este só diferenciou-se estatisticamente do ensaio E12. Ao oitavo dia de armazenamento o ensaio E10 foi o que recebeu maior média hedônica. Ao décimo dia de armazenamento

embora os frutos dos ensaios E05, E10 e E11 tenham atingido nota hedônica superior a cinco (sendo aprovados pelos avaliadores), não diferiram significativamente ao nível de 5% pelo Teste de Tukey, o que sugere que as condições de refrigeração sejam otimizadas.

Quanto à aparência externa foi observado que já no quinto dia de armazenamento, mais de 50% dos frutos observados pelos avaliadores se apresentavam com aparência de “fofo”, ou seja, com perda de rigidez da polpa ou enrugados. Com exceção dos ensaios E02, E06 e E08, todos os outros se apresentavam com esta característica, que é resultante da perda de massa. A comparação entre esses resultados e os obtidos da análise de perda de massa, permite inferir que mesmo uma perda de massa relativamente baixa, já é perceptível ao consumidor, tendo em vista que ao sexto dia de armazenamento, os frutos apresentaram uma perda de massa de até 6%. Os frutos armazenados à temperatura ambiente apresentaram 90,7% de seus frutos com este defeito, diferenciando-se estatisticamente ao nível de 5% de todos os outros ensaios com exceção do E10 que apresentou valores próximos.

Em relação ao sintoma “colapso de polpa”, no quinto dia de armazenamento, já foi possível a visualização deste defeito em alguns frutos. Ao décimo dia de análise, este defeito foi encontrado em todos os ensaios com valores variando entre 3,7 a 19,3% das frutas referente aos ensaios E07 e E11 respectivamente. Este é um dado preocupante tendo em vista que segundo Carmo (2004) o extravasamento celular é uma das respostas secundárias de frutas e hortaliças submetidas a condições de danos pelo frio, o que sugere que a temperatura utilizada (8,0 °C) talvez não seja a mais adequada para esta cultura. Novos estudos precisam ser desenvolvidos para determinar qual a melhor temperatura de armazenamento para esta fruta.

No que se refere ao “desenvolvimento de fungo”, uma alta incidência foi observada nos ensaios E04 e E11 conforme pode ser observado no Apêndice AA.

Ao quinto dia de análise foi observado que 19,0% dos frutos armazenados a temperatura ambiente estavam em senescência, enquanto que 13,0% dos frutos armazenados sob refrigeração apresentaram esta característica. Entre as frutas submetidas previamente ao resfriamento rápido, as que apresentaram maiores e menores índices de senescência foram as dos ensaios E10 e E08 com 10,7 e 0,0% respectivamente, neste mesmo período. No décimo dia de análise, todos os ensaios já apresentavam pelo menos 7,0% dos seus frutos em senescência, o que mostra mais uma vez, o quanto a acerola é perecível.

#### 5.4.2 Perda de massa

Foi evidenciado, no presente estudo, que a perda de massa em acerola, assim como nas demais frutas, ocorre de forma crescente nas etapas que sucedem a colheita, independente da condição de armazenamento.

Verifica-se, conforme a Tabela 17 uma perda constante de massa em função do prolongamento do período de armazenamento, o que pode ser atribuído à perda de umidade da fruta (MENEZES *et al.*, 1995).

Tabela 17 – Valores médios da perda de massa ocorrida em acerola durante seu armazenamento.

Ensaio	Tempo de armazenamento (dias)																
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
<b>1</b>	0,00	0,18	0,67	1,12	2,33	2,37	2,47	2,65	2,91	3,64	4,63	5,74	6,23	<b>8,26</b>	8,93	9,24	<b>9,56</b>
<b>2</b>	0,00	0,55	0,68	1,59	4,15	4,24	4,38	4,60	4,87	5,23	5,61	6,19	<b>8,09</b>	8,30	9,42	10,45	10,27
<b>3</b>	0,00	1,12	2,12	2,31	3,64	4,79	5,12	5,25	5,34	5,38	6,20	6,78	<b>7,64</b>	8,24	8,87	9,70	10,42
<b>4</b>	0,00	1,01	0,74	2,12	2,59	2,61	3,12	3,43	4,24	4,91	5,14	5,47	5,99	6,20	<b>7,10</b>	7,36	<b>8,21</b>
<b>5</b>	0,00	1,34	1,79	2,52	3,34	4,12	4,94	6,12	<b>7,13</b>	8,40	8,68	9,60	10,43	11,94	12,57	13,03	<b>14,27</b>
<b>6</b>	0,00	0,76	1,39	1,56	2,23	2,77	2,98	3,57	4,38	4,71	4,79	4,96	5,43	5,72	6,36	<b>7,15</b>	8,07
<b>7</b>	0,00	0,64	1,38	1,93	3,03	3,31	3,73	4,21	4,94	6,21	6,94	<b>7,09</b>	7,93	8,91	9,84	10,36	13,02
<b>8</b>	0,00	0,50	1,19	1,74	1,83	1,97	2,11	3,02	4,05	4,70	5,85	5,93	6,53	<b>7,08</b>	7,96	8,46	<b>8,97</b>
<b>9</b>	0,00	0,48	1,02	1,92	2,01	2,54	3,01	3,94	5,22	6,42	6,56	6,71	<b>7,99</b>	8,33	8,52	8,76	<b>9,30</b>
<b>10</b>	0,00	0,87	2,62	3,07	3,76	4,45	5,59	6,51	6,69	<b>7,70</b>	8,62	9,53	10,31	11,73	12,05	13,25	<b>14,16</b>
<b>11</b>	0,00	0,93	1,63	2,41	3,04	3,80	4,53	5,26	6,36	<b>7,28</b>	7,95	9,12	9,84	10,95	11,53	12,16	<b>13,41</b>
<b>12</b>	0,00	2,64	5,28	<b>8,97</b>	11,61	16,23	19,79	24,68	30,08	33,51							
<b>13</b>	0,00	0,71	1,33	2,05	2,23	2,85	3,39	4,72	5,17	5,36	5,62	5,89	6,25	<b>7,06</b>	7,60	8,04	8,66

Observe a semelhança do comportamento da perda ocorrida entre os ensaios E05, E10 e E11, eles foram os que tiveram maiores índices de perda. Agora observe os ensaios E04 e E09, assim como o T01 e o T08. Outra justificativa para esta diferença entre os lotes pode ser a época de colheita, tendo em vista que elas foram colhidas em safras diferentes, a forma como foram transportadas, horário da colheita e do transporte e até mesmo do comportamento da própria câmara. Esta resposta sugere que talvez a perda de massa não seja apenas resultante da eficiência do ensaio aplicado.

Devido à dificuldade encontrada para avaliar as frutas submetidas a ensaios distintos em um mesmo período, optou-se por analisar estatisticamente os resultados individuais dos ensaios, já que o resultado encontrado não poderia ser atribuído a influência apenas da forma como as acerolas foram armazenadas, tendo em vista que estas poderiam ter sofrido influência de outros fatores.

A Figura 18 apresenta a perda de massa ocorrida durante o armazenamento de acerola tanto para os ensaios submetidos ao resfriamento rápido quanto para as testemunhas. Vale salientar que o resultado apresentado refere-se à perda de massa acumulativa do início ao término do armazenamento, que durou 16 dias para os frutos armazenados sob refrigeração e 9 dias para os frutos armazenados a temperatura ambiente.

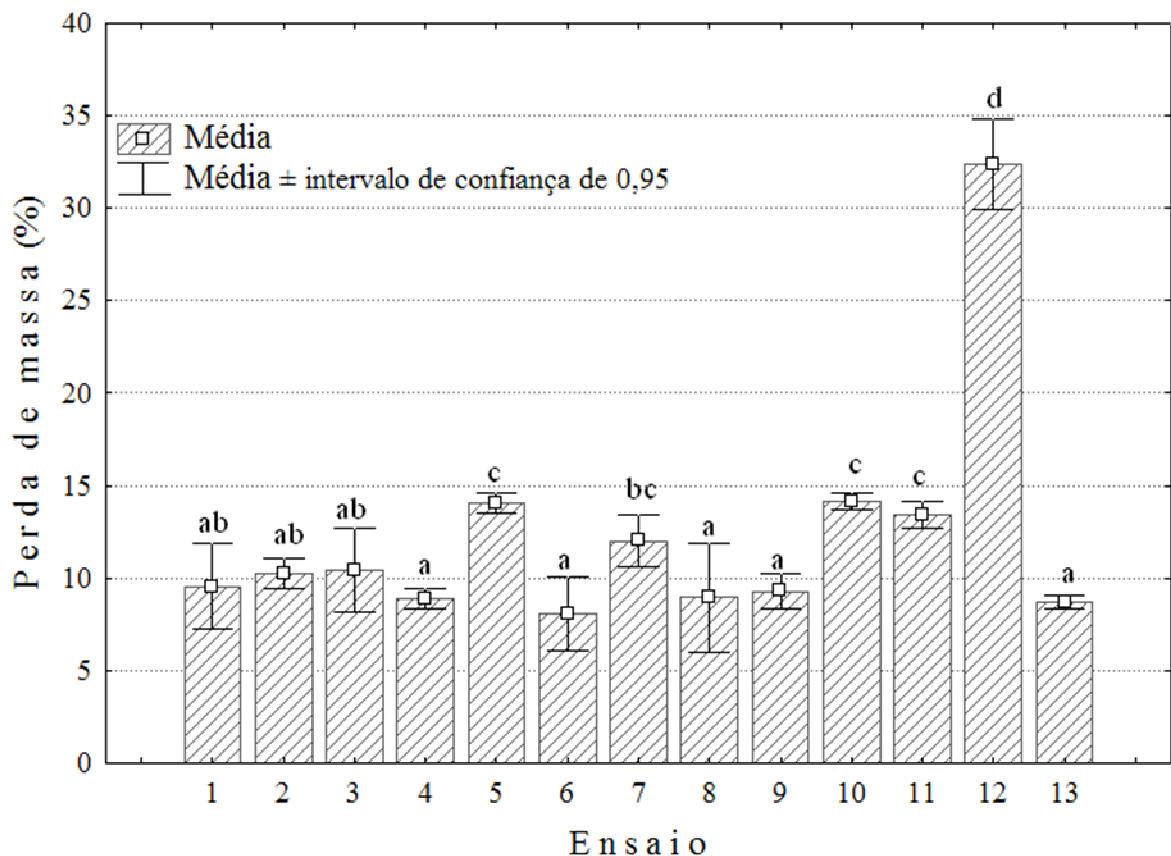


Figura 18 – Média, desvio padrão e Teste de Tukey da perda de massa (%) de acerola no último dia de armazenamento.

Ao 16º dia, apesar da variação de resultados observada na Figura 18, pode-se inferir que não houve diferença significativa ao nível de 5%, pelo teste de Tukey, entre as amostras submetidas ao resfriamento lento (E13) e os ensaios E01, E02, E03, E04, E06, E08 e E09. Entre os ensaios submetidos ao resfriamento rápido, os ensaios que apresentaram menor



e maior perda de massa foram o E06 e E05 com  $8,07 \pm 1,27\%$  e  $14,27 \pm 0,34\%$  de perda respectivamente.

Podemos observar que os frutos mantidos a temperatura ambiente apresentaram perda brusca de massa, tendo perdido no final do armazenamento cerca de 30% de seu peso inicial. Já os frutos submetidos ao resfriamento lento ao final do armazenamento apresentaram 8,85% de perda de massa. Como os frutos geralmente são vendidos em função da massa, uma perda de massa superior a 7% não é interessante para o produtor ou comerciante, levando em consideração este fato observamos que os frutos mantidos a temperatura ambiente alcançaram uma perda superior a este valor ao terceiro dia de armazenamento, o refrigerado alcançou este limite ao 13º dia. Dentre os frutos submetidos ao resfriamento rápido o ensaio E05 foi o que alcançou este limite mais cedo, oitavo dia, já E06 alcançou este limite apenas no 15º dia.

A perda de água não resulta apenas na perda de massa, mas causa também mudanças indesejáveis na aparência, firmeza e qualidade nutricional do fruto (NEVES FILHO, 2002a; VANKERSCHAVER, 1996; VAROQUAUX; WILEY, 1997; VICENTINI *et al.*, 1999). Fato este que pode ser visualizada através na Figura 19.



Figura 19 – Acerolas no final do armazenamento.

Apesar de não poder atribuir o menor índice de perda de massa ao tratamento aplicado, vale salientar, que o resfriamento é indicado como uma técnica auxiliar na tentativa de minimizar a perda de massa de acerola, tendo em vista que ao final de 16 dias de armazenamento refrigerado, a maior perda mensurada foi de 14,27%, ao passo que no 5º dia de armazenamento a temperatura ambiente a perda de massa já foi superior a este valor.

As médias e o Teste de Tukey para perda de massa ao decorrer do armazenamento para os diferentes ensaios estão dispostos nos Apêndices AC e AD.

#### 5.4.3 Vitamina C

O teor de vitamina C em acerola diminui com o amadurecimento, o que pode ser evidenciado na Figura 20 referente ao ensaio E01. Comportamento semelhante foi observado nos demais ensaios deste trabalho e por outros autores tais como Gongatti Neto *et al.* (1996).

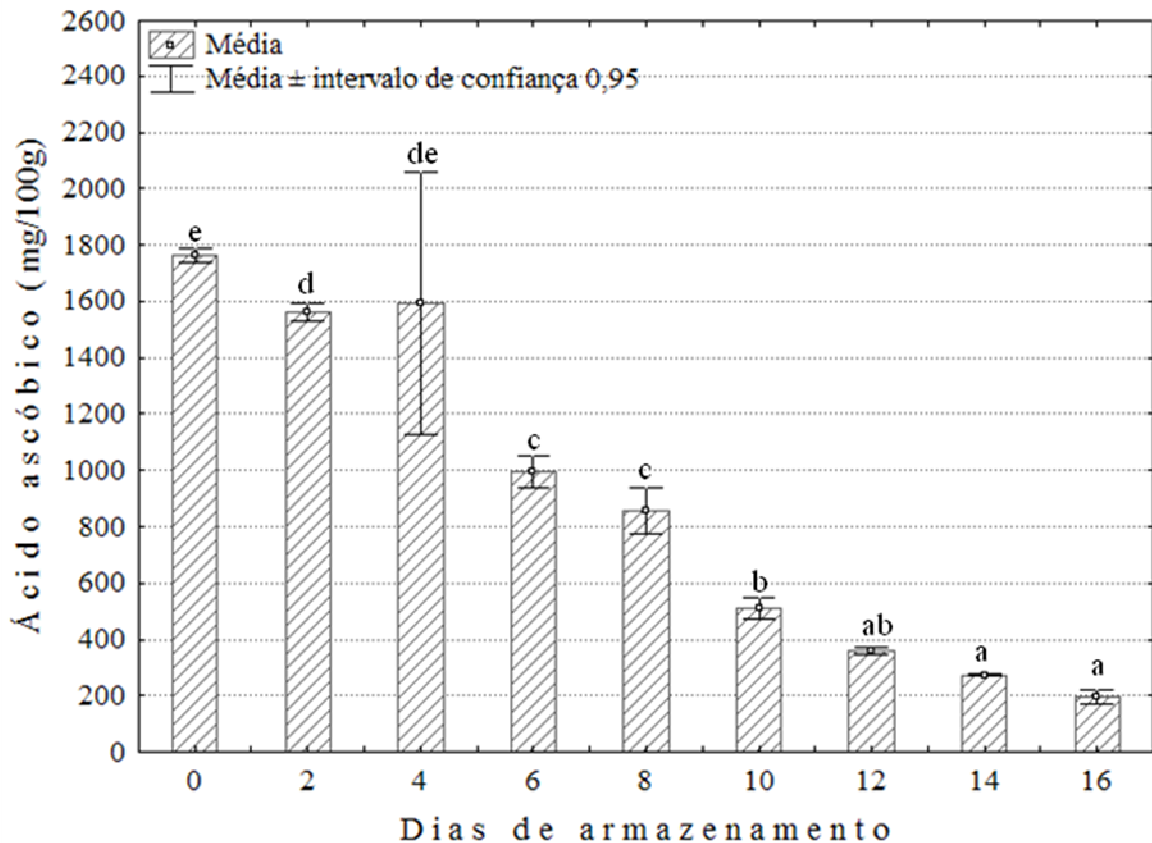


Figura 20 – Média, desvio padrão e Teste de Tukey de vitamina C encontrada em acerolas quando submetidas às condições do ensaio E01 (acerolas armazenadas em caixa de papelão com área de abertura de 11,13% e 11 h 30 min. após a colheita).

Média seguida de mesma letra não difere significativamente ao nível de 5% pelo Teste de Tukey.

Os valores iniciais de vitamina C nas acerolas estudadas variaram entre 1.264,12 e 1.763,69 mg de vitamina C/100 g de acerola, conforme pode ser observado na Tabela 18. Observe que ao final do armazenamento, apesar da perda desta vitamina, alguns ensaios ainda apresentam boa fonte de vitamina C, sendo estes superiores ao encontrado por Pereira (2009) ao estudar a qualidade e atividade antioxidante total de frutas tropicais oriundas de cultivares comerciais produzidas no Ceará, que encontrou em mamão Formosa uma média de 89,0

mg/100g, no cultivar de abacaxi MD2 média de 55,9 mg/100g e nas laranjas de Limoeiro e de Russas, médias de 44,7 e 33,9mg/100g respectivamente.

A Tabela 18 dispõe do teste de comparação de médias da caracterização das acerolas submetidas previamente ao resfriamento rápido com relação à variável vitamina C e o desvio padrão de todos os ensaios.

Tabela 18 – Perda de vitamina C ao final do armazenamento de acerola submetido a diferentes condições de Ensaio.

Ensaio	Tempo de armazenamento (dias)			% de perda	
	0	6	16	6° Dia	16° Dia
<b>E01</b>	1763,78 ± 9,69	993,32	196,92 <sup>a</sup> ± 10,55	43,68	86,44
<b>E02</b>	1446,01 ± 36,71	981,52	196,31 <sup>a</sup> ± 12,97	32,12	86,42
<b>E03</b>	1446,01 ± 36,71	961,17	201,32 <sup>a</sup> ± 7,62	33,53	86,08
<b>E04</b>	1487,70 ± 8,77	1392,35	328,27 <sup>f</sup> ± 2,55	6,41	77,94
<b>E05</b>	1264,12 ± 6,17	827,72	68,80 <sup>c</sup> ± 7,94	34,52	94,74
<b>E06</b>	1734,88 ± 8,49	1719,2	527,13 <sup>g</sup> ± 7,89	0,90	69,62
<b>E07</b>	1446,75 ± 36,73	1264,61	198,88 <sup>a</sup> ± 13,58	12,59	86,25
<b>E08</b>	1763,79 ± 9,69	1042,75	293,85 <sup>c</sup> ± 10,48	40,88	83,34
<b>E09</b>	1487,70 ± 8,77	1269,71	253,42 <sup>d</sup> ± 9,18	14,65	82,97
<b>E10</b>	1264,12 ± 6,17	657,72	44,84 <sup>bc</sup> ± 1,04	47,97	96,45
<b>E11</b>	1264,12 ± 6,17	1020,99	29,29 <sup>b</sup> ± 0,62	19,23	97,68
<b>E12</b>	1734,88 ± 8,49	1365,99	1365,89 ± 11,62*	21,26	21,26
<b>E13</b>	1487,70 ± 8,77	1410,27	592,68 ± 22,42**	5,20	60,16

Média seguida de mesma letra, na coluna, não difere significativamente ao nível de 5% pelo Teste de Tukey.

\* = 6 dias de armazenamento; \*\* = 11 dias de armazenamento.

O teste de comparação de médias, constantes na Tabela 19, revela que não houve diferença significativa ao final do armazenamento entre os ensaios E01, E02, E03 e E07 para a variável vitamina C, sendo estas diferentes significativamente, ao nível de 5%, dos demais ensaios.

Os frutos armazenados a temperatura ambiente foram os que apresentaram as menores perdas de vitamina C, com uma diminuição de 21,27% nos seus teores, vale salientar que o último dia de análise do E12 foi o sexto dia de armazenamento. Entre os frutos dos ensaios submetidos ao resfriamento rápido, os que apresentaram maior e menor perda foram E11 e E06, respectivamente. Segundo Jacomino *et al.* (2008) esta redução está relacionada

com a oxidação do ácido. Porém ao comparar os resultados de todos os ensaios obtidos no sexto dia de análise pode-se observar que os ensaios E06 e E13 apresentaram menores perdas desta vitamina, apresentando 0,90% e 5,20% de perda respectivamente.

A Figura 21 representa graficamente a média dos resultados obtidos no último dia de análise dos frutos submetidos previamente ao resfriamento rápido, bem como o desvio padrão e o Teste de Tukey.

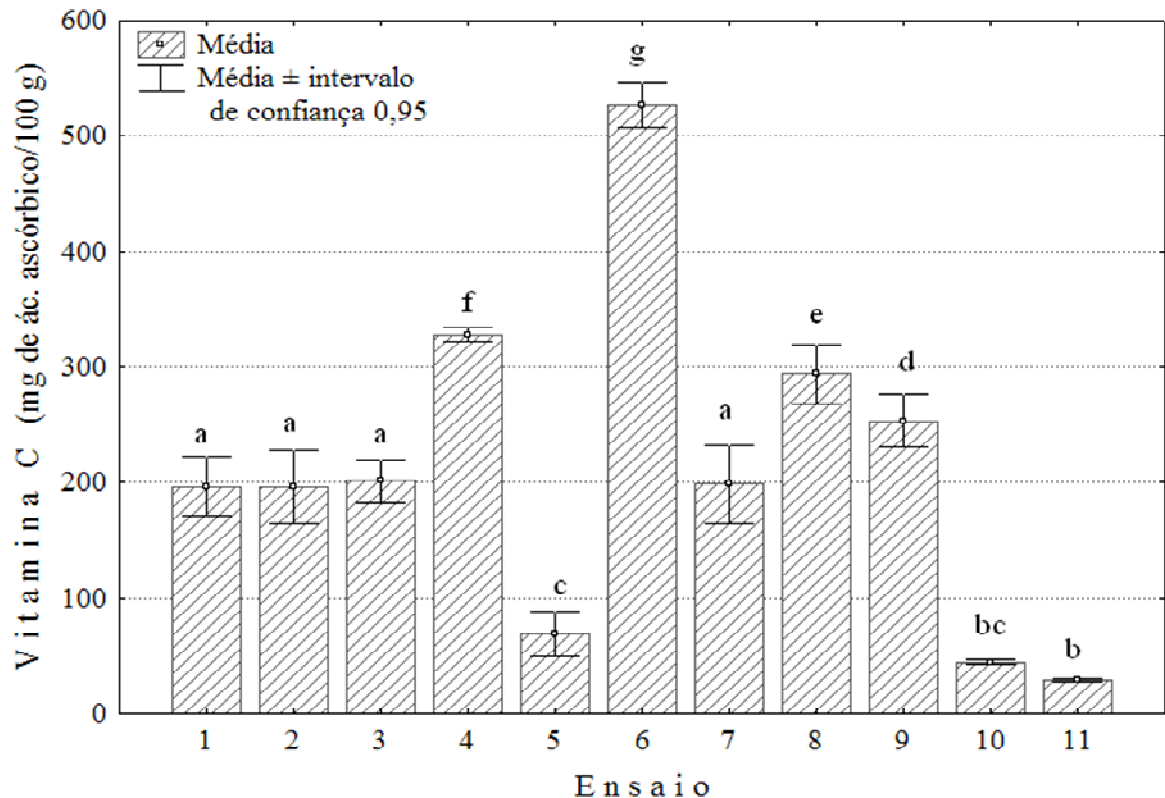


Figura 21 – Média, desvio padrão e Teste de Tukey de vitamina C encontrada em acerolas ao 16º dia de armazenamento.

\* Média seguida de mesma letra não difere significativamente a nível de 5% pelo Teste de Tukey.

Por não ter encontrado na literatura trabalhos tratando do armazenamento de acerola ao longo do tempo, apenas os resultados do primeiro dia de armazenamento serão comparados com os de outros autores. Neste contexto, valores semelhantes foram encontrados por Alves (2003); Brunini *et al.* (2004) e por Silva (2008), ao estudarem individualmente acerolas oriundas de diferentes pomares, que encontraram respectivamente 1.596,9 mg/100 g, 243,48 a 818,17 mg/100 g e 296,07 a 2.636,20 mg/100 g. Paiva *et al.* (2003c) encontraram em 11% dos clones estudados, frutos com alto conteúdo de vitamina C, acima de 1.600 mg/100 g de polpa. Já as variedades estudadas por Ritzinger *et al.* (2003) apresentaram teor de vitamina C variando entre 1.500 a 2.200 mg/100g. Carpentieri-Pípolo *et al.* (2002), avaliando três

novas cultivares de aceroleira, encontraram teores de 1.098 a 1.458 mg/100g em frutos maduros e de 2.906 a 3.579 mg/100g em frutos verdes. Deste modo, os teores encontrados para o primeiro dia de análise, quando os frutos se apresentavam maduros, estão de acordo com os encontrados na literatura.

Os ensaios E01, E02, E03 e E07 não diferenciaram significativamente ao nível de 5% pelo Teste de Tukey entre si, mas diferiram dos demais ensaios. Pode-se sugerir que a perda desta vitamina não teve influência das condições de armazenamento aplicada, tendo em vista que embora os ensaios E05, E06 e E07 tenham sido realizados nas mesmas condições, os resultados são bem distintos, porém, pode ter tido influência de algum outro fator, como o modo e horário de transporte e época da colheita, pois as frutas que entraram na câmara no mesmo dia tiveram comportamento semelhante. É o caso, por exemplo, do E05, E10 e E11; Outro caso são os ensaios E02, E03 e E07. O Apêndice AG apresenta as médias e Teste de Tukey para vitamina C em acerola encontrada nos onze ensaios distintos ao longo do armazenamento.

#### 5.4.4 pH e acidez titulável

De modo geral, os valores de pH tendem a aumentar com o amadurecimento da fruta, o decréscimo ao final do período de armazenamento é influenciado pelo aumento da acidez titulável (DUSSAN SARRIA, 2003). Com exceção dos ensaios E10 e E11 todos os outros tiveram comportamento semelhante ao apresentado na figura acima. Nestes ensaios, foi observado que os maiores valores de pH foram encontrados entre o oitavo e décimo dia de armazenamento, diminuindo logo após este período. A diminuição do pH foi resultante da acidez, que se comportou de modo diferente, aumentando ao invés de diminuir.

A Figura 22 apresenta o comportamento do pH (quantidade de  $H^+$  na solução) verificado durante o armazenamento de acerolas previamente submetida ao resfriamento rápido referente ao ensaio E01.

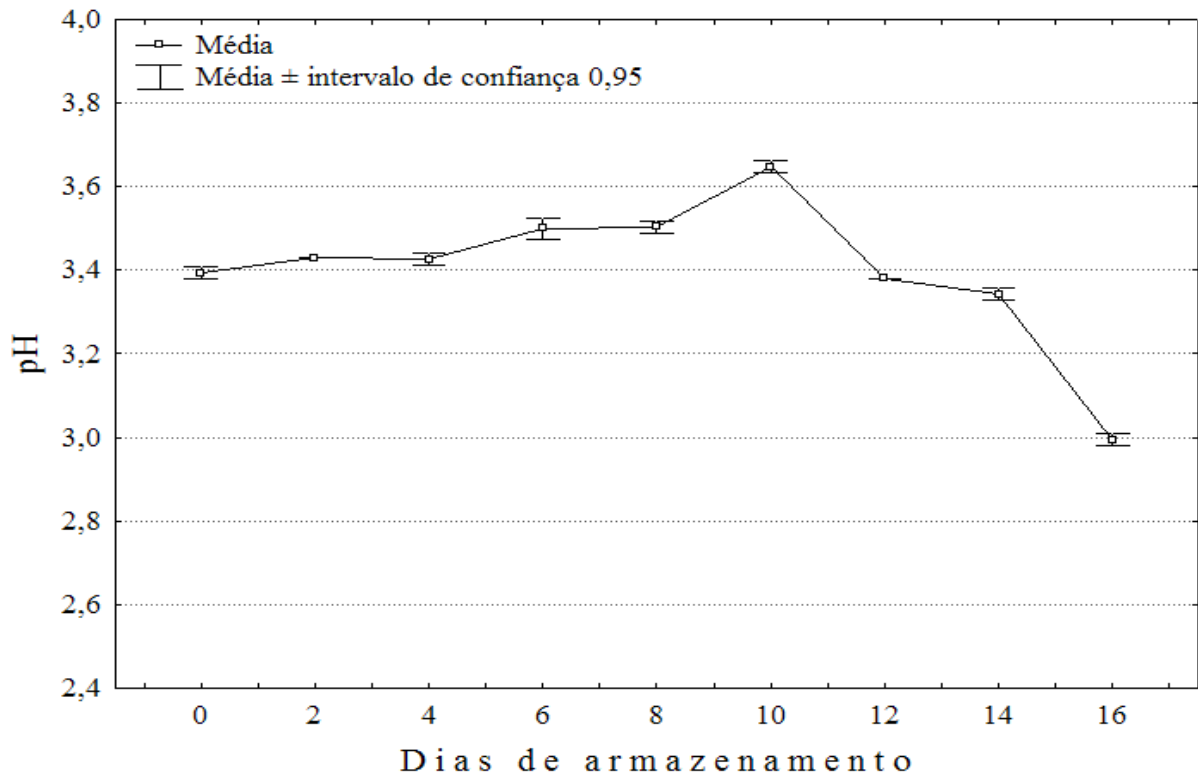


Figura 22 – Média e desvio padrão encontrados para pH ao longo do armazenamento de acerolas quando submetidas as condições do ensaio E01 (acerolas armazenadas em caixa de papelão com área de abertura de 11,13% e 11 h 30 min. após a colheita).

Análises realizadas no dia em que as acerolas chegaram, isto é, antes do resfriamento rápido, mostrou que o pH das frutas utilizadas variou entre  $3,30 \pm 0,01$  e  $3,39 \pm 0,01$ . Resultados semelhantes foram encontrados por Brunini *et al.* (2004), Freire *et al.* (2008), Moura *et al.* (2007), Musser *et al.* (2004) e Silva (2008). Conforme estes autores, o pH é um parâmetro que apresenta baixa variabilidade. Fato confirmado neste estudo. O Apêndice AH apresenta as médias e Teste de Tukey para pH em acerola encontrada nos onze ensaios distintos ao longo do armazenamento.

A Figura 23 dispõe das médias dos resultados de pH das acerolas submetidas as onze diferentes condições de armazenamento com seus respectivos desvios padrões e Teste de Tukey ao 16°

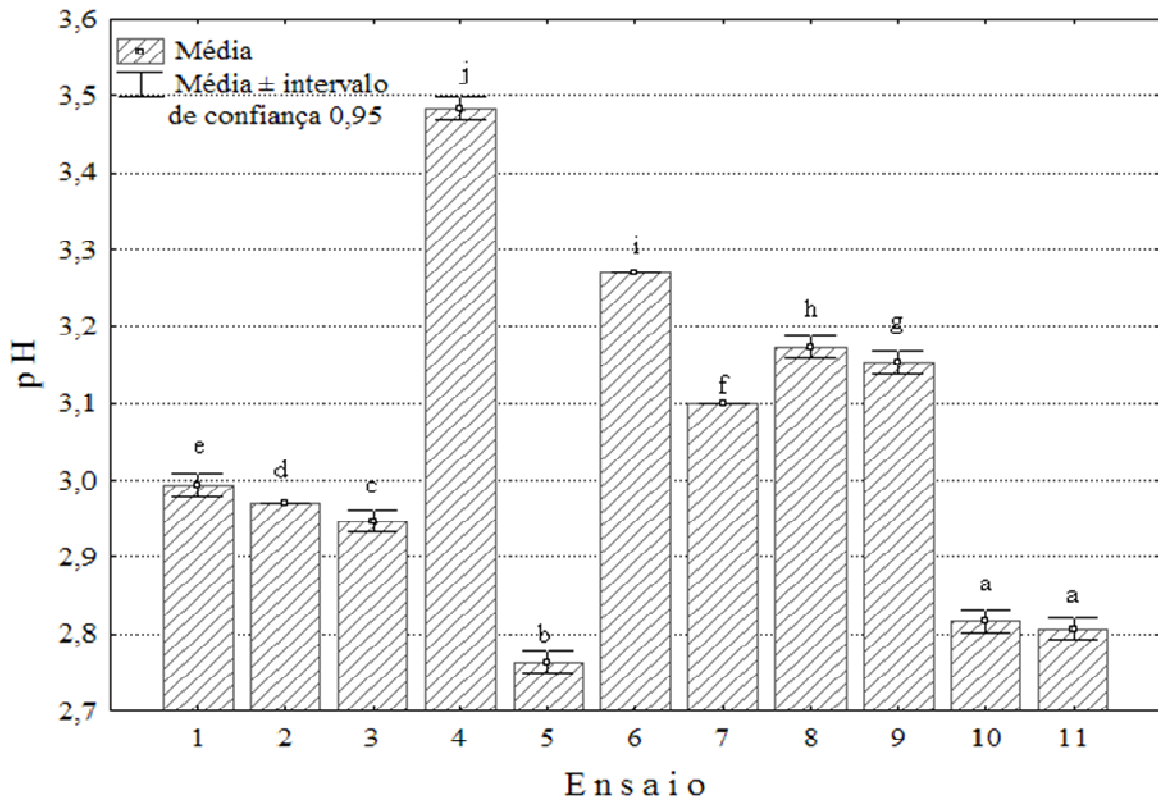


Figura 23 – Média, desvio padrão e Tukey encontrados para pH ao 16º dia de armazenamento para os onze ensaios submetidos previamente ao resfriamento rápido.

\* Média seguida de mesma letra não difere significativamente ao nível de 5% pelo Teste de Tukey.

Ao final do armazenamento as frutas submetidas ao resfriamento rápido apresentaram valores de pH variando entre  $2,76 \pm 0,01$  e  $3,48 \pm 0,01$ . Os tratamentos controle apresentaram  $3,75 \pm 0,00$  e  $3,48 \pm 0,01$ , respectivamente, para as frutas submetidas ao armazenamento a temperatura ambiente e sob refrigeração.

Já em relação à acidez, espera-se que seu conteúdo diminua durante o período de atividade metabólica máxima dos vegetais. Normalmente, durante a maturação e o armazenamento, as frutas perdem rapidamente a acidez, isto porque os ácidos sofrem oxidação no ciclo de Krebs, porém em alguns casos pode ocorrer um pequeno aumento nestes valores (CECCHI, 2003; CHITARRA, 2005; JACOMINO *et al.*, 2008; ULRICH, 1970). No caso do presente estudo, foi observado que a acidez diminuiu no início do armazenamento e depois aumentou conforme pode ser observado na Figura 24. Grande parte dos ensaios se comportou de forma semelhante.

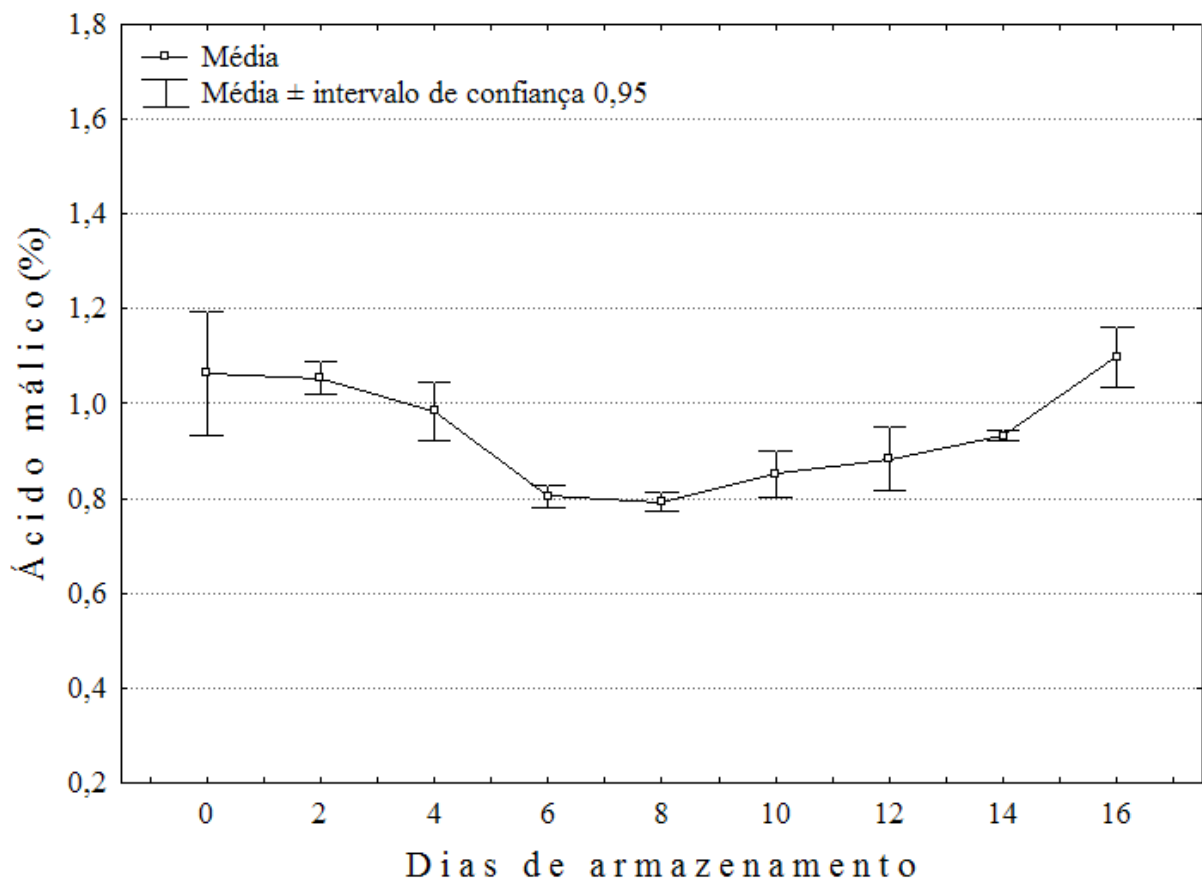


Figura 24 – Média e desvio padrão encontrados para acidez titulável ao longo do armazenamento de acerolas quando submetidas às condições do ensaio E01 (acerolas armazenadas em caixa de papelão com área de abertura de 11,13% e 11 h 30 min. após a colheita).

Os resultados obtidos a partir das análises realizadas durante a caracterização inicial das acerolas, quanto ao parâmetro de acidez titulável, revelou que os valores variaram entre  $0,94\% \pm 0,03$  e  $1,21\% \pm 0,07$  de ácido málico. 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% de ácido málico, em estudo com frutos de três clones de aceroleira. Moura *et al.* (2007) avaliando 45 clones de acerola, encontraram valores variando entre 0,53% (clone FP3) a 1,52% (clone II 37/3).

Ao final do armazenamento as frutas submetidas ao resfriamento rápido apresentaram valores de acidez titulável variando entre  $1,10 \pm 0,03$  e  $1,24 \pm 0,06$ . Os tratamentos controle apresentaram  $0,90 \pm 0,02$  e  $0,67 \pm 0,01$ , respectivamente, para as frutas submetidas ao armazenamento a temperatura ambiente e sob refrigeração. O Apêndice AI apresenta o Teste de Tukey para acidez em acerola encontrada nos onze ensaios avaliados ao longo do armazenamento.



A Tabela 19 dispõe do teste de comparação de médias da caracterização das acerolas submetidas previamente ao resfriamento rápido estudadas com relação às variáveis pH e acidez titulável e o desvio padrão de todos os ensaios no último dia de armazenamento.

Tabela 19 – Média e Teste de Tukey para os parâmetros vitamina pH e acidez titulável de acerolas submetidas previamente ao resfriamento rápido ao 16º dia de armazenamento.

<b>Ensaio</b>	<b>pH</b>	<b>Acidez titulável (% ác. málico)</b>
<b>E01</b>	2,99 <sup>e</sup> ± 0,01	1,10 <sup>a</sup> ± 0,02
<b>E02</b>	2,97 <sup>d</sup> ± 0,01	1,23 <sup>ab</sup> ± 0,08
<b>E03</b>	2,95 <sup>c</sup> ± 0,01	1,20 <sup>ab</sup> ± 0,03
<b>E04</b>	3,48 <sup>j</sup> ± 0,01	1,10 <sup>a</sup> ± 0,03
<b>E05</b>	2,76 <sup>b</sup> ± 0,01	1,13 <sup>ab</sup> ± 0,03
<b>E06</b>	3,27 <sup>i</sup> ± 0,00	1,18 <sup>ab</sup> ± 0,07
<b>E07</b>	3,10 <sup>f</sup> ± 0,00	1,23 <sup>ab</sup> ± 0,05
<b>E08</b>	3,17 <sup>h</sup> ± 0,01	1,15 <sup>ab</sup> ± 0,01
<b>E09</b>	3,15 <sup>g</sup> ± 0,01	1,24 <sup>b</sup> ± 0,06
<b>E10</b>	2,82 <sup>a</sup> ± 0,01	1,15 <sup>ab</sup> ± 0,05
<b>E11</b>	2,81 <sup>a</sup> ± 0,01	1,22 <sup>ab</sup> ± 0,02

\* Média seguida de mesma letra, na coluna, não difere significativamente ao nível de 5% pelo Teste de Tukey.

#### 5.4.5 Sólidos solúveis

Os teores de sólidos solúveis tendem a aumentar com o amadurecimento. No entanto, foi observado um decréscimo em sete, dos onze ensaios avaliados, os quais apresentaram comportamento semelhante ao exposto na Figura 25, referente ao ensaio E01.

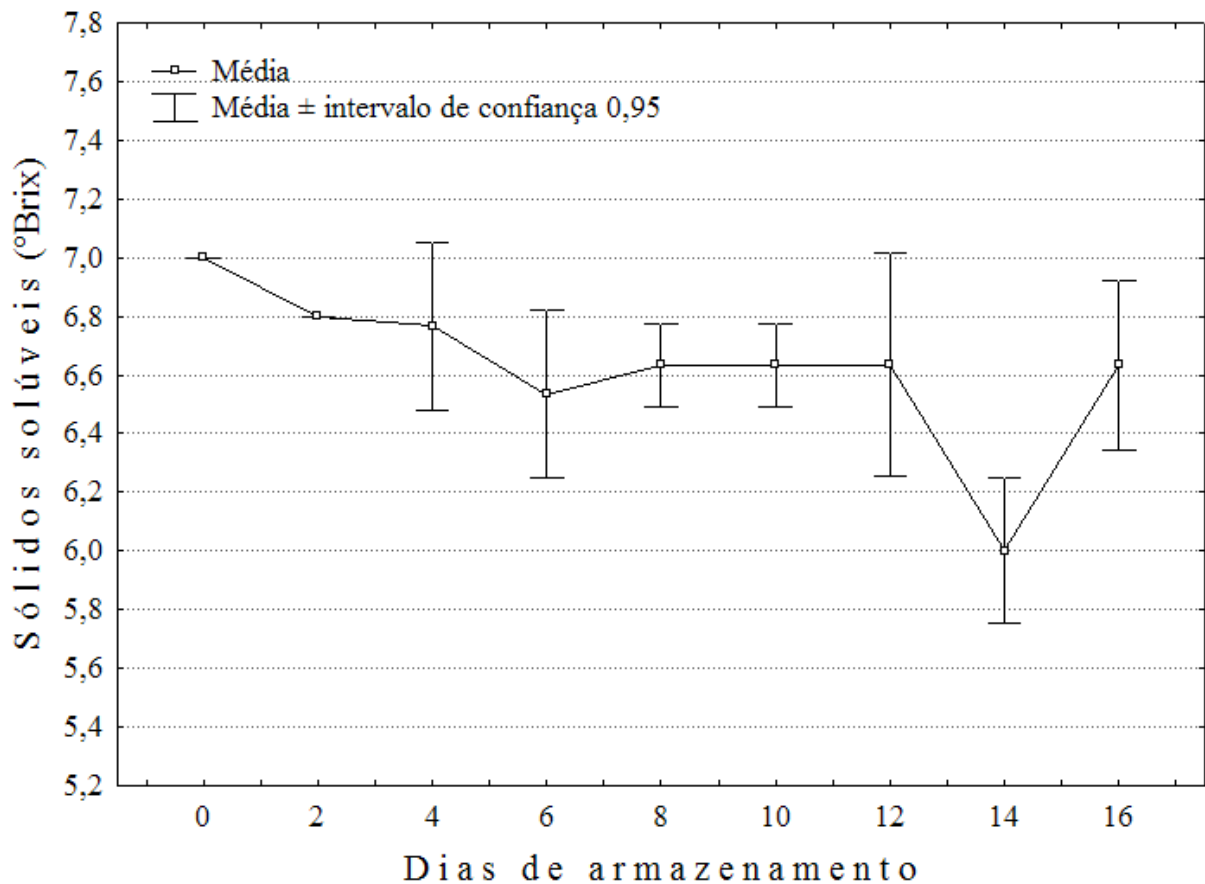


Figura 25 – Média e desvio padrão encontrados para sólidos solúveis ao longo do armazenamento de acerolas quando submetidas às condições do ensaio E01 (acerolas armazenadas em caixa de papelão com área de abertura de 11,13% e 11 h 30 min. após a colheita).

A média dos valores de sólidos solúveis no início dos ensaios variou entre  $6,40 \pm 0,00$  e  $7,17 \pm 0,15$  e ao término entre  $6,0 \pm 0,00$  e  $8,2 \pm 0,32$  para as acerolas submetidas ao resfriamento rápido. Os experimentos controle variaram de  $3,38 \pm 0,01$  a  $3,7 \pm 0,00$  para os frutos do ensaio armazenado a temperatura ambiente e  $6,90 \pm 0,00$  a  $6,30 \pm 0,10$  para as frutas submetidas ao resfriamento lento.

Os valores de sólidos solúveis encontrados estão semelhantes aos valores relatados por Alves (2003), Brunini *et al.* (2004) e por SILVA (2008), que encontraram respectivamente 8,71; 5,67 a 8,22 e 4,65 a 12,10 °Brix. Paiva *et al.* (2003c) estudando diferentes clones de aceroleira no Estado do Ceará encontraram valores variando entre 6,2 e 8,3 °Brix. Moura *et al.* (2003) encontrou uma média geral de 7,27 ° Brix ao avaliar acerola colhidas em diferentes épocas do ano.

As médias e o Teste de Tukey para os sólidos solúveis das acerolas, submetidas ao resfriamento rápido, estão apresentados no Apêndice AJ e as do último dia de armazenamento estão dispostos na Tabela 20.

Tabela 20 – Média e Teste de Tukey para os parâmetros de sólidos solúveis de acerolas submetidas previamente ao resfriamento rápido ao 16º dia de armazenamento.

<b>Ensaio</b>	<b>Sólidos solúveis (°Brix)</b>
<b>E01</b>	6,63 <sup>a</sup>
<b>E02</b>	6,73 <sup>a</sup>
<b>E03</b>	6,80 <sup>a</sup>
<b>E04</b>	6,00 <sup>c</sup>
<b>E05</b>	8,13 <sup>b</sup>
<b>E06</b>	6,03 <sup>c</sup>
<b>E07</b>	7,27 <sup>d</sup>
<b>E08</b>	6,53 <sup>a</sup>
<b>E09</b>	6,47 <sup>a</sup>
<b>E10</b>	8,27 <sup>b</sup>
<b>E11</b>	8,03 <sup>b</sup>

\* Média seguida de mesma letra na coluna não difere significativamente ao nível de 5% pelo Teste de Tukey.

Segundo o Instituto Brasileiro de Frutas - IBRAF (1995), o teor de sólidos solúveis exigido para comercialização está entre 7,0 e 7,5°Brix. Deste modo, apenas alguns ensaios apresentaram teores de sólidos solúveis satisfatório, mesmo antes do armazenamento.

## 6 CONCLUSÕES

- No que se refere os parâmetros envolvidos no processo de resfriamento rápido por ar forçado, o Ensaio 3 (maior área de abertura e menor intervalo entre a colheita e o resfriamento) foi o que apresentou melhor eficiência de resfriamento. Isto porque ele apresentou os melhores valores de  $n^\circ$  de *Biot*, coeficiente de resfriamento e coeficiente convectivo de transferência de calor.
- Com relação a perda de massa, esta foi retardada quando relacionada com os frutos submetidos ao armazenamento à temperatura ambiente porém, quando relacionados aos frutos submetidos ao resfriamento lento, apenas dois Ensaios se destacaram (T04 - maior área de abertura e menor tempo - e T06 - ponto central).
- Quanto à vida útil dos frutos submetidos aos Ensaios avaliados, foi observado que eles foram bem aceitos em relação ao parâmetro cor até o 9º dia de armazenamento para todos os Ensaios, já em relação à aparência externa observou-se que dentre os parâmetros observados o que mais se destacou foi o aspecto de fofo, onde todos os Ensaios enquadraram-se acima do limite máximo tolerado para comercialização.
- Quanto às características químicas e físico-químicas, não é possível afirmar que as mudanças ocorridas sejam decorrentes do tratamento aplicado, tendo em vista que são alterações que ocorrem normalmente durante a maturação do fruto.

## **7 SUGESTÕES PARA FUTUROS TRABALHOS**

- Utilizar um intervalo maior entre a colheita e o resfriamento rápido;
- Utilizar frutos em um grau de maturação uniforme;
- Trabalhar com provadores treinados;
- Utilizar uma temperatura maior que 8 °C, já que nesta temperatura foi observado sintomas de injúria pelo frio;
- Trabalhar com um número de análise reduzido, a fim de aperfeiçoar o trabalho.

## REFERÊNCIAS

- AFONSO, M.R.A. **Resfriamento a vácuo de alfaces hidropônicas (*Lactuca sativa* L.) cv. Salad Bowl: avaliação do processo e da vida pós-colheita.** 2005. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2005.
- AGRIANUAL 2008. **Anuário da Agricultura Brasileira.** Sílvio Corrêa... [et al.]. Santa Cruz do Sul: Editora Gazeta Santa Cruz, 2008. 136p.
- ALMEIDA, J. I. L.; LOPES, J. G. V.; OLIVEIRA, F. M. M. **Produtor de acerola.** Fortaleza: Edições Demócrito Rocha, Instituto Centro de Ensino Tecnológico, 2006. 40p.
- ALVES, R. E. **Acerola (*Malpighia emarginata* D.C.): Fisiologia da maturação e armazenamento refrigerado sob atmosfera ambiente e modificada.** 1993. 99f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Lavras, Minas Gerais, 1993.
- ALVES, D. G. **Obtenção de acerola (*Malpighia puniceifolia* L.) em passa utilizando processos combinados de desidratação osmótica e secagem.** 2003. 149f. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2003.
- ASENJO, C. F. **Aspectos químicos y nutritivos de la acerola (*Malpighia puniceifolia* L.).** *Ciência, México*, v.2, n.19, p.109-118, 1959.
- A.O.A.C. **Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists 15<sup>th</sup>**, 1990.
- ARIFIN, B. B.; CHAU, K. V. Cooling of strawberries in cartons with new vent whole designs. **ASHRAE Transactions.** v. 94, n.1, p. 1415-1426. 1988.
- ASHRAE. Methods of precooling fruits, vegetables and cut flowers. **Refrigeration Systems and Applications Handbook**, Chapter 14, Atlanta, Georgia (USA), 2002.
- ASHRAE. Thermal properties of foods. In: American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers. **Fundamentals Handbook.** Inc. Atlanta, Georgia. Cap. 30. p. 30.1– 30.26. 1993.

- 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. **Brazilian Journal of Food Technology**. Preprint Serie: Campinas, v. 7, n. 1, p. 69-76, 2004.
- BARNABÉ, D.; VENTURINI FILHO, W.G. Análise energética e econômica da produção de refrigerantes a partir de fontes alternativas de acerola. **Energia na Agricultura**, Botucatu, v. 21, n. 2, p. 16-32. 2006.
- BERNARDINO, I. A. **Produção de refrigerante a partir da acerola (*Malpighia glabra* L.)**. 2002. 104f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2002.
- BLEINROTH, E. W.; CASTRO, J. V.; SIGRIST, J. M. M. Conservação de hortaliças por refrigeração e agente químico. **Boletim do Instituto de Tecnologia de Alimentos**, v. 22, n.1, p. 145-161, 1985.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Instituto Adolfo Lutz. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. 4. ed. Brasília: Ministério da Saúde, 2005. 1018p.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância Sanitária. Portaria nº 33, de 13 de janeiro de 1998, adota valores para a Ingestão Diária Recomendada (IDR) de vitaminas, minerais e proteínas. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília-DF, de 16 de janeiro de 1998.
- 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, 2004.
- CARMO, S. A. **Conservação pós-colheita de pimentão amarelo ‘Zarco hs’**. 2004. 110f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 2004.
- CARPENTIERI-PIPOLO, V ; BRUEL, D. C. Correlações Fenotípicas, Genotípicas e ambientais em aceroleira. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 24, n. 1, p. 115-119, 2002.
- CARPENTIERI-PÍPOLO, V.; PRETE, C. E. C.; GONZALEZ, M. G. N.; POPPER, I. O. 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, 2002.

CARRINGTON, C. M. S.; KING, R. A. G. Fruit development and ripening in Barbados cherry (*Malpighia emarginata* D.C.). **Scientia Horticultura**, Amsterdam, v.92, n.1, p.1-7, 2002.

CARVALHO, R. A. **Análise econômica da produção de acerola no município de Tomé-Açu, Pará**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2000. 21p. (Documento, 49).

CASTRO, L. R. **Análise dos parâmetros relacionados ao resfriamento a ar forçado em embalagens para produtos hortícolas**. 2004. 139f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2004.

CECCHI, H. M. **FUNDAMENTOS TEÓRICOS E PRÁTICOS EM ANÁLISE DE ALIMENTOS**. Ed. 2, Campinas, SP: Editora da Unicamp, 2003. 207p.

CHAU, K. V. **Mathematical modeling of postharvest processes**. Grupo de Tecnologia Pós-Colheita. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia Agrícola. Campinas-SP. Apostila. 2001.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças: glossário**. Lavras: UFLA, 2006. 256 p.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio**. 2. Ed. Lavras: UFLA, 2005. 785p.

CORTEZ, L. A. B.; CASTRO, L. R.; ABRAHÃO, R. F. Subsídios técnicos para o projeto de embalagens para flores, frutas e hortaliças considerando os requerimentos de refrigeração – Parte II. **Revista frutas & legumes**, São Paulo: Publicare Editora, n. 8, p. 18-23, 2001.

CORTEZ, L. A. B.; CASTRO, L. R.; VIGNEAULT, C. Resfriamento rápido a ar: Métodos da câmara frigorífica e do ar forçado. In: Cortez, L. A. B.; Honorio, S. L.; Moretti, C.L. (Org.). **Resfriamento de frutas e hortaliças**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2002. Cap. 11, p. 231-272.

CORTEZ, L. A. B.; LEAL, P. A. M. Métodos de pré-resfriamento de frutas e hortaliças. **II Curso de Atualização em Tecnologia de Resfriamento de Frutas e Hortaliças**, Campinas, Brasil, 1997.

CORTEZ, L. A. B.; SIQUEIRA JÚNIO, V.; AFONSO, M. R. A. Método de resfriamento rápido a vácuo. In: Cortez, L. A. B.; Honorio, S. L.; Moretti, C. L. (Org.). **Resfriamento de frutas e hortaliças**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2002. Cap. 14, p. 311-331.



CORTEZ, L. A. B.; VIGNEAULT, C; CASTRO, L. R. Método de resfriamento rápido por água gelada. In: Cortez, L. A. B.; Honório, S. L.; Moretti, C. L. (Org.). **Resfriamento de frutas e hortaliças**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2002. Cap. 12, p. 273-281.

COULTATE, T. T. **Alimentos: a química de seus componentes**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 368 p.

DINCER, I. **Thermal cooling data for figs exposed to air cooling**. International Communications Heat Mass Transfer. v. 22, n. 4, p. 559-566. 1995(a).

DINCER, I. **Transient heat transfer analysis in air cooling of individual spherical products**. Journal of Food Engineering. v. 26, p. 453-467. 1995(b).

DUSSAN SARRIA, S. **Resfriamento rápido e armazenamento refrigerado do figo (*Ficus carica* L.) ‘roxo de Valinhos’ e seus efeitos na qualidade da fruta**. 2003. 151f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2003.

DUSSAN SARRIA, S.; HONÓRIO, S. L. Parâmetros de resfriamento rápido do figo (*Ficus carica* L.) cv. “Roxo de Valinhos” embalado em caixa de exportação. **Revista Científica de la Escuela de Ingeniería Agronómica de la Universidad de Oriente**. Venezuela, v. 5, p. 96-102. 2005.

DUTCOSKY, S. D. **Análise sensorial de alimentos**. Curitiba: Champagnat, 1996. 123p.

FERREIRA, L. G. **Barras de cereais com propriedades funcionais direcionadas a mulheres no período climatério**. 2004, 99f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia em Alimentos) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2004.

FONTANA, A. J.; VARITH, J.; IKEDIALA, J.; REYES, J.; WACKER, B. **Thermal properties of selected foods using a dual needle heat-pulse sensor**. In: ASAE/CSAE-SCGR 1999 MEETING, 1999, Toronto. **Proceedings...** St Joseph: ASAE, 1999, 10p.

FRANÇA, V. C. **Características físicas, químicas e desenvolvimento de produtos de acerola (*Malpighia emarginata* D.C.)**. 1999. 149 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 1999.

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, 2003.

FRANCO, L. Vermelho esperança. Revista Globo Rural. Edição 269 - Mar/08. Editora Globo. Disponível em <[http://revistagloborural.globo.com/EditoraGlobo/componentes/article/edg\\_article\\_print/1,3916,1674235-1641-1,00.html](http://revistagloborural.globo.com/EditoraGlobo/componentes/article/edg_article_print/1,3916,1674235-1641-1,00.html)> Acesso em fev./2009.

FRASER, H. W. **Forced-air cooling of fresh Ontario fruits and vegetables**. Toronto, Ontario: Ministry of Agriculture and Food. 1991.

FREIRE, J. L. O.; LIMA, A. N.; FREIRE, A. L. O.; MARINUS, J. V. M. L.; DIAS, T. J.; SILVA, J. P. Avaliações biométricas de aceroleira (*Malpighia emarginata* DC) e caracterização dos atributos externos e internos dos frutos. **Engenharia Ambiental**, Espírito Santo do Pinhal, v. 5, n. 2, p. 41 – 52. 2008.

FREIRE, J. L. O.; LIMA, A. N. ; SANTOS, F. G. B.; MARINUS, J. V. M. L. Características físicas de frutos de acerola cultivada em Pomares de diferentes microrregiões do estado da Paraíba. **Agropecuária Técnica**, Areia, PB, v. 27, n. 2, p. 105–110, 2006.

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 - Revisão bibliográfica. **R. Bras. Agrociência**, Pelotas, v. 12, n. 4, p. 395-400, 2006.

FUNCEME (Fundação Cearense de Meteorologia e Recurso Hídricos), 2009.

GAST, K.L.B.; FLORES R. Precooling produce – fruits and vegetables. In: **Postharvest management of commercial horticultural crops**. Kansas: Cooperative Extension Service. 1991.

GODOY, R. C. B.; MATOS, E. L. S.; AMORIM, T. S.; SOUSA NETO, M. A.; RITZINGER, R.; WASZCZYNSKYJ, N. Avaliação de genótipos e variedades de acerola para consumo *in natura* e para elaboração de doces. **B.CEPPA**, Curitiba v. 26, n. 2, p. 197-204, 2008.

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

GONZAGA NETO, L.; MATTUZ, B.; SANTOS, C. A. F. Caracterização agrônômica de clones de aceroleira (*Malpighia spp*) na Região do Submédio São Francisco. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 21, n. 2, p. 110-115, 1999.

GORGATTI NETTO, A.; ARDITO, E. F. G.; GARCIA, E. E. C.; BLEINROTH, E. W., FREIRE, F. C. O.; MENEZES, J. B.; BORDIN, M. R.; BRAGA SOBRINHO, R.; ALVES, R. E. **Acerola para exportação: procedimentos de colheita e pós-colheita.** Brasília: EMBRAPA-SPI, 1996. 30p. (Série Publicações Técnicas FRUPEX, 21).

GOYETTE, B.; VIGNEAULT, C.; PANNETON, B.; RAGHAVAN, G. S. V. Method to evaluate temperature at the surface of horticultural crops. **Canadian Agriculture Engeneering.** v. 38, n. 4, p. 292-295. 1997.

GRUPO DE COORDENAÇÃO DE ESTATÍSTICAS AGROPECUÁRIAS DO CEARÁ – GCEA - IBGE. **Levantamento sistemático da produção agrícola: Relatório de ocorrências.** Dezembro, 2008.

HARDENBURG, R.E.; WATADA, A.E.; WANG, C.Y. **The commercial storage of fruits, vegetables, and florist and nursery stocks.** U. S. Dept. Agric. Handbook. n. 66. 1986. 130p.

HARDENBURG, R. E.; WATADA, A. E.; WANG, C. Y. **The Comercial Storage of Fruits, Vegetables, and Florist and Nursery Stocks.** Department of Agriculture, United States Agriculture Handbook. n. 66, 1990. 130p.

HARTMANN, H. T.; KESTER, D. E.; DAVIES JUNIOR, F. T. GENEVE, R. L. **Plant propagation: principles and practices.** 7. Ed. New Jersey: Prentice-hall, 2002.

HONÓRIO, S. L.; MORETTI, C. L. Fisiologia pós-colheita de frutas e hortaliças. In: Cortez, L. A. B.; Honorio, S. L.; Moretti, C. L. (Org.). **Resfriamento de frutas e hortaliças.** Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2002. Cap. 04, p. 59-81.

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

JACOMINO, A.; ARRUDA, M. C.; BRON, I. U.; KLUGE, R. A. Transformações bioquímicas em produtos hortícolas após a colheita. In: **Bioquímica de alimentos: teorias e aplicações práticas.** Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2008.

KADER, A. A. **Postharvest Technology of Horticultural Crops,** 2. Ed. Coop. Ext. Uni. of Ca. Division of Agriculture and Natural Resources: Universidade da Califórnia. n. 3311, 1992. 295p.

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

LEAL, P. A. M., CORTEZ, L. A. B. Métodos de Pré-Resfriamento de Frutas e Hortaliças. In: **II Curso de Atualização em Tecnologia de Resfriamento de Frutas e Hortaliças**. Campinas: Faculdade de Engenharia Agrícola (UNICAMP). p. 81-91. 1998.

LIMA, B. S.; AFONSO, M. R. A.; COSTA, J. M. C.; SANTOS, S. M. L.; SIQUEIRA, A. M. A.; ROCHA, V. Parâmetros de Resfriamento Rápido de Cajá (*Spondia mombim* L). In: XXI Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Alimentos/XV Seminário Latino Americano e do Caribe de Ciência e Tecnologia de Alimentos, 2008, Belo Horizonte. **Anais...**, 2008.

LIMA, V. L. A.; MÉLO, E. A.; MACIEL, M. I. S. LIMA, D. E. S. Avaliação do teor de antocianinas em polpa de acerola congelada proveniente de frutos de 12 diferentes aceroleiras (*Malpighia emarginata* D. C.). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.23, n.1, p.101-103, 2003.

MACFIE, H.J.; THOMSON, D.M.H. **Measurement of food preferences**. Glasgow: Blackie Academic & Professional, 1994. 310 p.

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, 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, 2004.

MEILGAARD, M.; CIVILLE, G. V.; CARR, B. T. **Sensory Evaluation Techniques**. 2. Ed. Florida-USA: CRC Press, 1991. 34p.

MENEZES, J. B.; CHITARRA, A. B.; CHITARRA, M. I. F.; CARVALHO, H. A. de. Caracterização pós-colheita do melão amarelo 'Agroflora 646'. **Horticultura Brasileira**, v. 13, n. 2, p. 150-153, nov. 1995.

MITCHELL, F. G. Cooling horticultural commodities. **Postharvest technology of horticultural crop**. 2ª ed. 53-68 p. Cooperative Extension Division of Agriculture and natural resources. University of California. Davis – CA. 1992.

MOHSEIN, N. N. **Thermal properties of foods and agricultural materials**. New York: Gordon and Breach. 1980. 405 p.

MOURA, C. F. H.; ALVES, R. E. ; FIGUEIREDO, R. W. ; PAIVA, J. R. Avaliações físicas e físico-químicas de frutos de clones de aceroleira (*Malpighia emarginata D.C.*). **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza-CE, v. 38, n. 1, p. 52-57, 2007.

MOURA, C. F. H.; ALVES, R. E.; PAIVA, J. R.; ALMEIDA, A. S.; FIGUEIREDO, R. W. Características físico-químicas de frutos verdes e maduros de clones de aceroleiras (*Malpighia emarginata*). **Proceedings of the interamerican society for tropical horticulture**, Homestead, FL- USA, v. 47, n. 1, p. 96-98, October, 2003.

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.; MÉLO, E. A.; LEDERMAN, I. E.; SANTOS, V. F. Características físico-químicas de acerola do banco ativo de germoplasma em Pernambuco. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 24, n. 4, p. 556-561, 2004.

NEVES FILHO, L. C. Perda de peso e controle de umidade na estocagem frigorífica de frutas e hortaliças. **Revista frutas e legumes hortifrúti**. Ano II, n. 15, Publicare Editora, part. 1, p. 18-21. 2002a.

NEVES FILHO, L. C. Resfriamento rápido de frutas e hortaliças. **Revista frutas e legumes hortifrúti**. Ano II, n. 12, Publicare Editora, p. 14-20. 2002b.

NEVES FILHO, L. C.; VIGNEAULT, C.; CORTEZ, L. A. A. **A cadeia do frio no Brasil e a sua importância para frutas e hortaliças**. Tecnologia no resfriamento de frutas e hortaliças. Campinas – SP. 1997. 16p.

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 estágio de maturação dos frutos nas características físico-químicas de acerola. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 4, p. 463-470, 2002.

OLIVEIRA, J. R. P.; SOARES FILHO, W. S. Situação da cultura da acerola no Brasil e ações da Embrapa Mandioca e Fruticultura em recursos genéticos e melhoramento. In: Simpósio de recursos genéticos e melhoramento de plantas para o nordeste do Brasil, 1998, Petrolina, **Anais...** Petrolina: Embrapa semi-árido, 1998.

OLIVEIRA, J. R. P.; SOARES FILHO, W. S.; KOBAYASHI, A. K.; RITZINGER, R. Aspectos botânicos. In: RITZINGER, R.; KOBAYASHI, A. K.; OLIVEIRA, J. R. P. **A cultura da aceroleira**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2003. 198 p.

ORDÓÑES, J. A. P.; RODRIGUEZ, M. I. C.; ÁLVAREZ, L. F.; SANZ, M. L. G.; MINGUILLÓN, G. D. G. F.; PREALES, L. L. H.; CORTECERO, M. D. S. **Tecnología de alimentos: componentes dos alimentos e processos**. v.1, Porto Alegre: Artimed, 2005. 294p.

PAIVA, J. R.; ALVES, R. E.; BARROS, L. M.; CRISÓSTOMO, J. R.; MOURA, C. F. H.; ALMEIDA, A. S.; NORÕES, N. P. **Clones de Aceroleira: BRS 235 ou Apodi, BRS 236 ou Cereja, BRS 237 ou Roxinha e BRS 238 ou Frutacor**. Fortaleza, CE: Embrapa Agroindústria Tropical, 2003a (Comunicado Técnico).

PAIVA, J. R.; ALVES, R. E.; BARROS, L. M.; CRISÓSTOMO, J. R.; MOURA, C. F. H.; ALMEIDA, A. S.; NORÕES, N. P. Seleção de clones de acerola (*Malpighia emarginata*) no Estado do Ceará, Brasil. **Proceedings of the interamerican society for tropical horticulture**. v. 47 p. 99-102, 2003b.

PAIVA, J. R.; ALVES, R. E.; SANTOS, F. J. S.; BARROS, L. M.; ALMEIDA, A. S.; MOURA, C. F. H.; CACAU, J. B. Seleção preliminar de clones de aceroleira no estado do Ceará. **Ciênc. agrotec.**, Lavras. v.27, n.5, p.1038-1044, , 2003c.

PEREIRA, A. C. S. **Qualidade e atividade antioxidante total de frutas tropicais oriundas de cultivares comerciais produzidas no Ceará**. 2009. 91f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos). Universidade Federal do Ceará. Fortaleza- CE, 2009.

PORTAL SÃO FRANCISCO, **Acerola**. Disponível em <<http://www.portalsaofrancisco.com.br/alfa/acerola/acerola-5.php>> Acesso em fev./2009.

POTTER, N. N.; HOTCHKISS, J. H. **Food Science**. 5. Ed. New York: Chapman e Hall, 1995. 608 p.

PRELL, P. A. Preparation of reports and manuscripts which include. Sensory evaluation data, **Food technology**, Chicago, v. 30, n. 11, p. 40, 1976.

RIEDEL, L. Measurement of thermal diffusivity on foodstuffs rich in water. **Kaltetechnik-Klimatisierung**, Karlsruhe, v. 21, n. 11, p. 315-316, 1969.

RITZINGER, R.; RITZINGER, C. H. S. P. **Acerola**: aspectos gerais da cultura. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2004 (Acerola em Foco).

RITZINGER, R.; SOARES FILHO, W. S.; OLIVEIRA, J. R. P. Variedades e melhoramento. In: RITZINGER, R.; KOBAYASHI, A. K.; OLIVEIRA, J. R. P. **A cultura da aceroleira**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2003. 198 p.

ROCHA, V.; AFONSO, M. R. A.; COSTA, J. M. C.; SANTOS, S. M. L.; SIQUEIRA, A. M. A.; LIMA, B. S. Resfriamento Rápido de Acerola por Ar-Forçado. In: XXI Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Alimentos/XV Seminário Latino Americano e do Caribe de Ciência e Tecnologia de Alimentos, 2008, Belo Horizonte. **Anais...**, 2008.

RYALL, A. L.; LIPTON, W. J. **Handling, transportations and storage of fruits and vegetables**. v. 1. Westport: AVI Pub Co, 1972. 473p.

SARGENT, S. A.; TALBOT, M. T.; BRECHT, J. K. **Evaluating precooling methods for vegetable packinghouse operations**. Gainesville, FL: Florida Cooperative Extension Service. Institute of Food and Agricultural Sciences. University of Flórida, 1991. 13p. (Document, SSVEC-47).

SASTRY, S. K.; BAIRD, C. D.; BUFFINGTON, D. F. **Transpiration rates of certain fruits and vegetables**. ASHRAE Transactions, v. 84, part. 1. p. 237-255. 1978.

SASTRY, S. K.; BUFFINGTON, D. E. Transpiration rates of stored perishable commodities: a mathematical model and experiments on tomatoes. **International Journal of Refrigeration**. v. 6, n.2, p.84-96. 1983.

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.

SILVA, M. A. A. P. Curso de extensão: **métodos de avaliação sensorial de alimentos**. Universidade Estadual de campinas. 1997.

SILVA, M. A. A. P. **Flavor properties and stability of a corn-based snack**: aroma profiles by gas chromatography (G.C). GC-olfactometry, mass spectrometry and descriptive sensory analysis. Oreon, 1992. Tese (Doutorado), Oreon State University, 1992.

SILVA, W. S. **Qualidade e atividade antioxidante em frutos de variedades de aceroleira**. 2008.137f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal de Ceará. Fortaleza, 2008.

SIQUEIRA, A. M. A.; AFONSO, M. R. A.; COSTA, J. M. C.; SANTOS, S. M. L.; LIMA, B. S.; ROCHA, V. Parâmetros do Resfriamento Rápido por Ar Forçado de Goiaba. In: XXI Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Alimentos / XV Seminário Latino Americano e do Caribe de Ciência e Tecnologia de Alimentos, 2008, Belo Horizonte. **Anais...**, 2008.

SOBRINHO, R. B.; BANDEIRA, C. T.; ALVES, R. E. **Acerola: a cereja tropical**. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Folheto. 2001.

SOUZA, M. J. H.; GUIMARÃES, M. C. A.; GUIMARÃES, C. D. L.; FREITAS, W. S.; OLIVEIRA, A. M. S. Potencial agroclimático para a cultura da acerola no Estado de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande. v. 10, n.2, p. 390-396, 2006.

SPAGNOL, W. A.; SIGRIST, J. M. M. Pré-resfriamento. **Tecnologia Pós-colheita de Frutas Tropicais**. Manual n. 9. ITAL, Campinas 1992.

SPOTO, M. H. F., GUTIERREZ, A. S. D. Qualidade pós-colheita de frutas e hortaliças. In: OETTERER, M., REGITANO-D'ARCE, M. A. B., SPOTO, M. H. F. **Fundamentos de ciência e tecnologia de alimentos**. Barueri, SP: Manole, 2006. Cap 9, p. 403 – 452, STONE, H.; SIDEL, J.L. **Sensory evaluation practices**. Orlando, USA: Academic Press, 1985. 296p.

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

SUN, D-W. ; BROSANAN, T. Extension of the vase life of cut daffodil flowers by rapid vacuum cooling. **International Journal of Refrigeration**, v. 22, n. 6, p. 472-478, 1999.

SUN, D-W. ; BROSANAN, T. Precooling techniques and application for horticultural products – a review. **International Journal of Refrigeration**, v.24, p.154-170, 2001.

SWEAT, V. E. Experimental values of thermal conductivities of selected fruits and vegetables. **Journal Food Science**. Chicago, n.39. p. 1081-1083. 1974.



TERUEL, B. J. **Estudo teórico-experimental do resfriamento de laranja e banana com ar forçado**. 2001. 300f. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) - Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2001.

THOMPSON, J. F. ; MITCHELL, F. G. ; RUMSEY, T. R. ; KASMIRE, R. F. ; CRISOSTOMO, C. H. **Commercial cooling of fruits, vegetables and flowers**. Califórnia: Division of Agriculture and Natural Resources, University of Califórnia, p.33-34, 1998.

TODA FRUTA. Teores provitamina A e vitamina C das frutas mais produzidas no mundo. Editado em 24/01/07. Disponível em: <[http://www.todafruta.com.br/todafruta/mostra\\_conteudo.asp?conteudo=14646](http://www.todafruta.com.br/todafruta/mostra_conteudo.asp?conteudo=14646)> . Acesso em abr./2009.

ULRICH, R. Organic acids. In: HULME, A. C. **The biochemistry of fruit and their products**. London: Academic Press, v. 1, p. 98-118, 1970.

USDA. **National Nutrient Database for Standard Reference, Release 21 (2008)**. Disponível em: <[http://www.nal.usda.gov/fnic/foodcomp/cgi-bin/list\\_nut\\_edit.pl](http://www.nal.usda.gov/fnic/foodcomp/cgi-bin/list_nut_edit.pl)> . Acesso em: fev./2009.

VANKERSCHAUER, K.; WILLOCX, F.; SMOUT, C.; HENDRICKX, M.; TOBBACK, P. Modeling and prediction of visual shelf life of minimally processed endive. **Journal of Food Science**. v. 61, n. 5, p. 1094-1098, 1996.

VAROQUAUX, P.; WILEY, R. C. Cambios biológicos y bioquímicos en frutas y hortalizas refrigeradas mínimamente procesadas. In: WILEY, R. C. **Frutas y Hortalizas Mínimamente Procesadas y Refrigeradas**. Zaragoza: Acribia, p. 221-262, 1997.

VENDRAMINI, A. L.; 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.

VICENTINI, N. M.; CEREDA, M. P.; CÂMARA, F. L. A. Revestimentos de fécula de mandioca, perda de massa e alteração da cor de frutos de pimentão. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 56, n.3, p. 713-716, 1999.

VIGNEAULT, C.; CORTEZ, L. A. B. Método de resfriamento rápido com gelo. In: **Resfriamento de frutas e hortaliças**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2002. Cap. 13, p. 283-310.

VILA, M. T. R.; LIMA, L. C. O. VILAS BOAS, E. V. B.; HOJO, E. T. D.; RODRIGUES, L. J.; PAULA, N. R. F. Caracterização química e bioquímica de goiabas armazenadas sob refrigeração e atmosfera modificada. **Ciências Agrotécnicas**, Lavras, v. 31, n. 5, p. 1435-1442, 2007.

VILELA, P. **Acerola**. Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas – SEBRAE. Disponível em: <<http://sebrae.com.br/setor/fruticultura/o-setor/frutas/acerola>> Acesso em abr./2009.

WIKIPEDIA. Caucaia (mapa). Disponível em: <[http://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Ceara\\_Municip\\_Caucaia.svg](http://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Ceara_Municip_Caucaia.svg)> Acesso em fev./ 2009

## **APÊNDICES**

Apêndice A - Definições dos defeitos observados nas acerolas apresentada aos provadores.

## AVALIAÇÃO DE APARÊNCIA EXTERNA

### PARÂMETROS DE AVALIAÇÃO

- FOFO: frutos que se apresentavam com perda de rigidez da polpa ou enrugado;
- COLAPSO DE POLPA: frutos que apresentam liberação de tecido celular ou suco;
- FUNGO: o desenvolvimento de fungo é caracterizado pela visualização do micélio na parte externa do fruto.
- SENESCÊNCIA: quando o fruto apresenta fungo ou dois ou mais dos sintomas acima descritos.

*Obrigada pela sua colaboração!*  
*Sandra Maria*

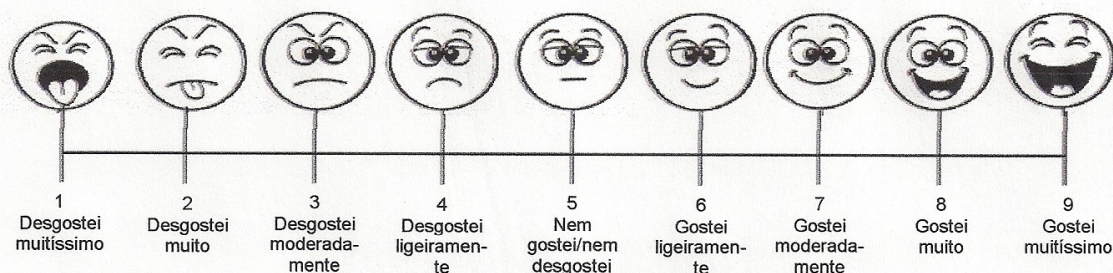
Apêndice B - Ficha sensorial utilizada para avaliação da aparência externa.

**AVALIAÇÃO DA APARÊNCIA EXTERNA**

(Bandeja contendo 10 frutos)

Observador: \_\_\_\_\_ Data: \_\_\_\_\_

1. Você está recebendo uma bandeja com acerolas. Avalie o quanto você gostou da **COR** das acerolas, marcando com um traço na escala abaixo, o local que melhor indica a sua opinião. Você pode colocar o traço em qualquer lugar da escala.



2. Indique com um “X” a presença dos defeitos abaixo relacionados:

B	fruto 1	fruto 2	fruto 3	fruto 4	fruto 5	fruto 6	fruto 7	fruto 8	fruto 9	fruto 10
Fofo										
Colapso de polpa										
Fungo										
Senescência										

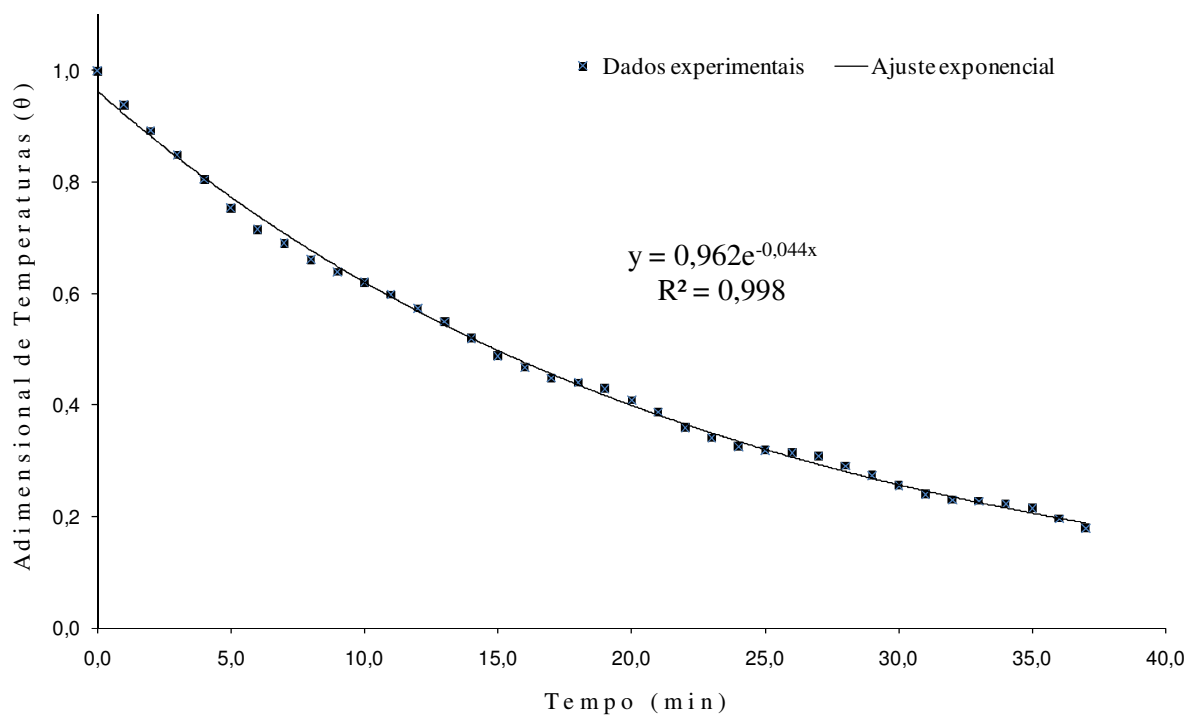
B	fruto 1	fruto 2	fruto 3	fruto 4	fruto 5	fruto 6	fruto 7	fruto 8	fruto 9	fruto 10
Fofo										
Colapso de polpa										
Fungo										
Senescência										

B	fruto 1	fruto 2	fruto 3	fruto 4	fruto 5	fruto 6	fruto 7	fruto 8	fruto 9	fruto 10
Fofo										
Colapso de polpa										
Fungo										
Senescência										

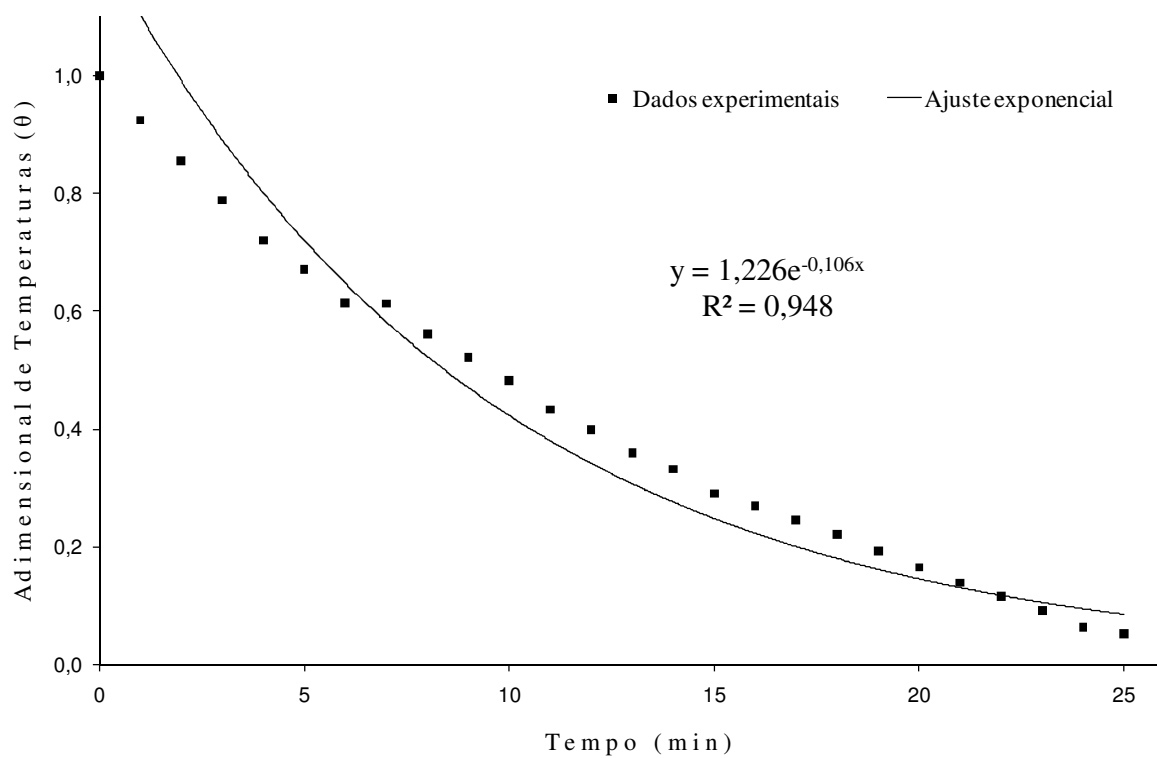
B	fruto 1	fruto 2	fruto 3	fruto 4	fruto 5	fruto 6	fruto 7	fruto 8	fruto 9	fruto 10
Fofo										
Colapso de polpa										
Fungo										
Senescência										

B	fruto 1	fruto 2	fruto 3	fruto 4	fruto 5	fruto 6	fruto 7	fruto 8	fruto 9	fruto 10
Fofo										
Colapso de polpa										
Fungo										
Senescência										

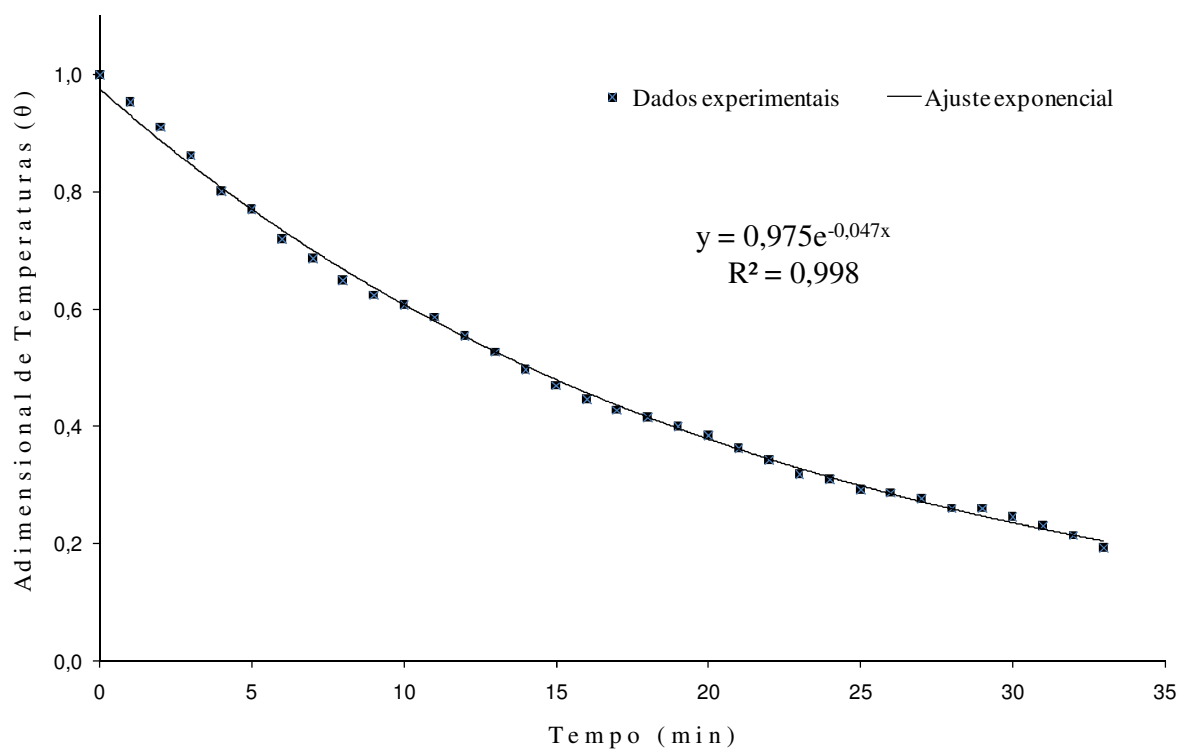
*Obrigada pela sua colaboração!*  
*Sandra Maria*



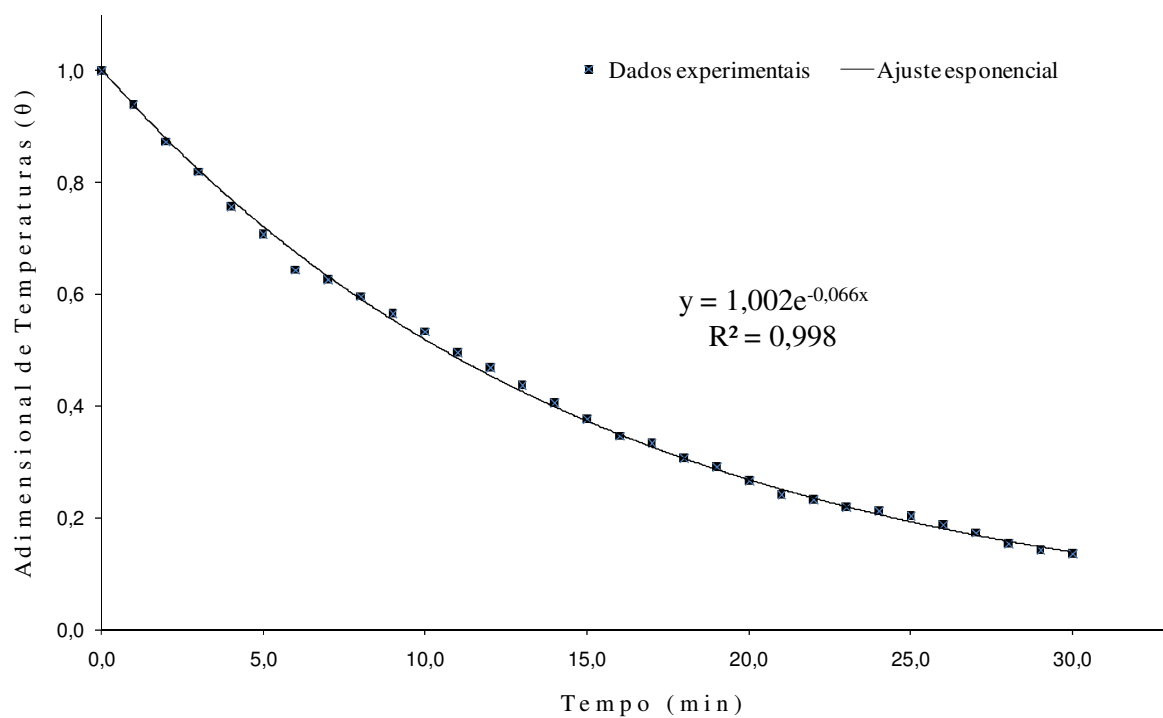
Apêndice C – Distribuição de temperatura experimental no resfriamento rápido de acerola do Ensaio 02, embalado em caixa de papelão com área de abertura de 5,57% e 12 h 30 min. após a colheita.



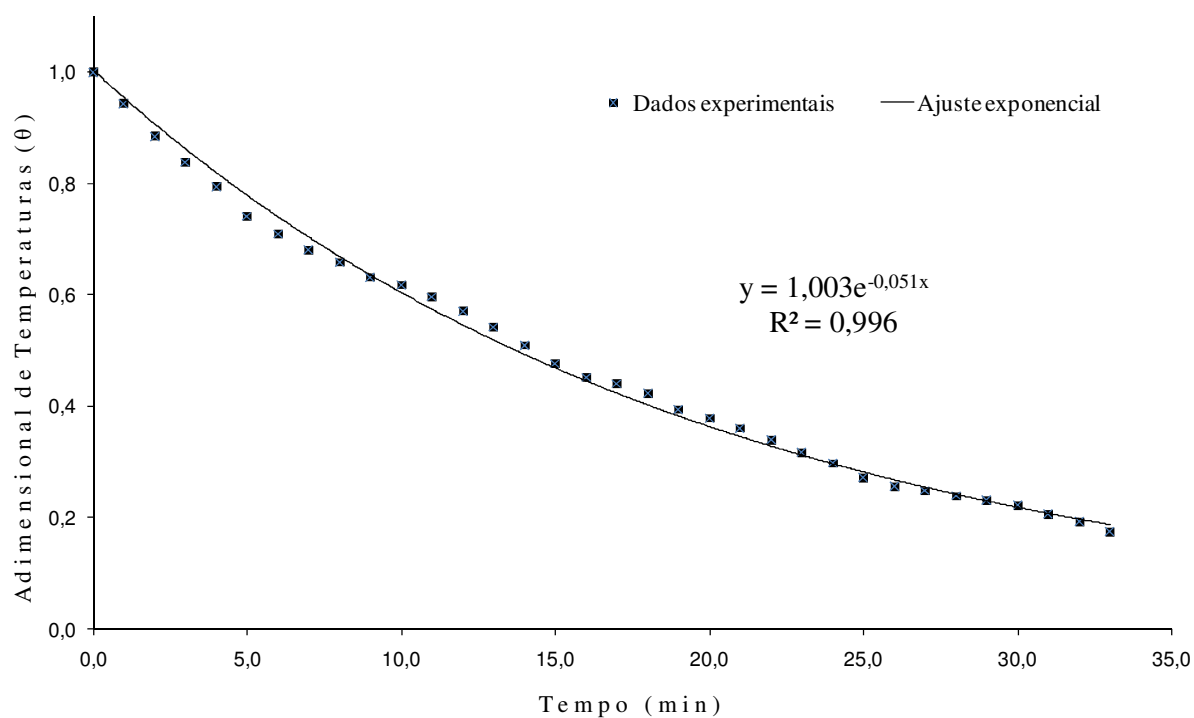
Apêndice D – Distribuição de temperatura experimental no resfriamento rápido de acerola do Ensaio 03, embalado em caixa de papelão com área de abertura de 11,13% e 5 h 30 min. após a colheita.



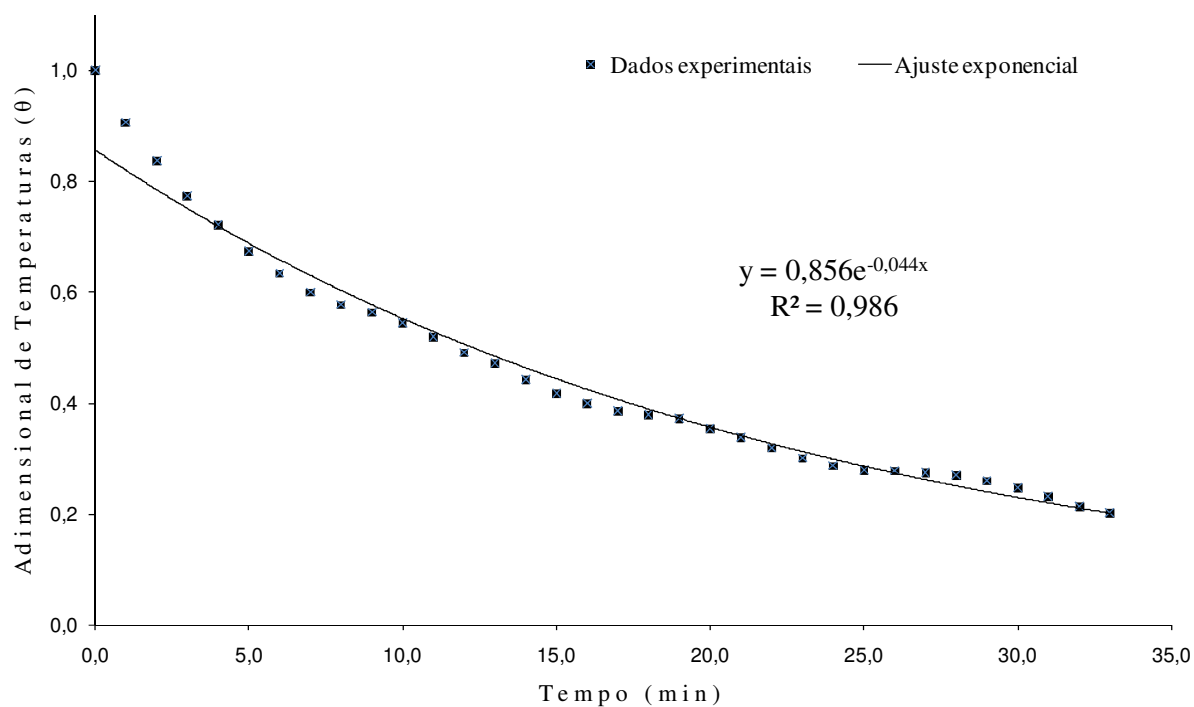
Apêndice E – Distribuição de temperatura experimental no resfriamento rápido de acerola do Ensaio 04, embalado em caixa de papelão com área de abertura de 5,57% e 5 h 30 min. após a colheita. Coeficiente convectivo de transferência de calor



Apêndice F – Distribuição de temperatura experimental no resfriamento rápido de acerola do Ensaio 05, embalado em caixa de papelão com área de abertura de 8,35% e 8 h 30 min. após a colheita.

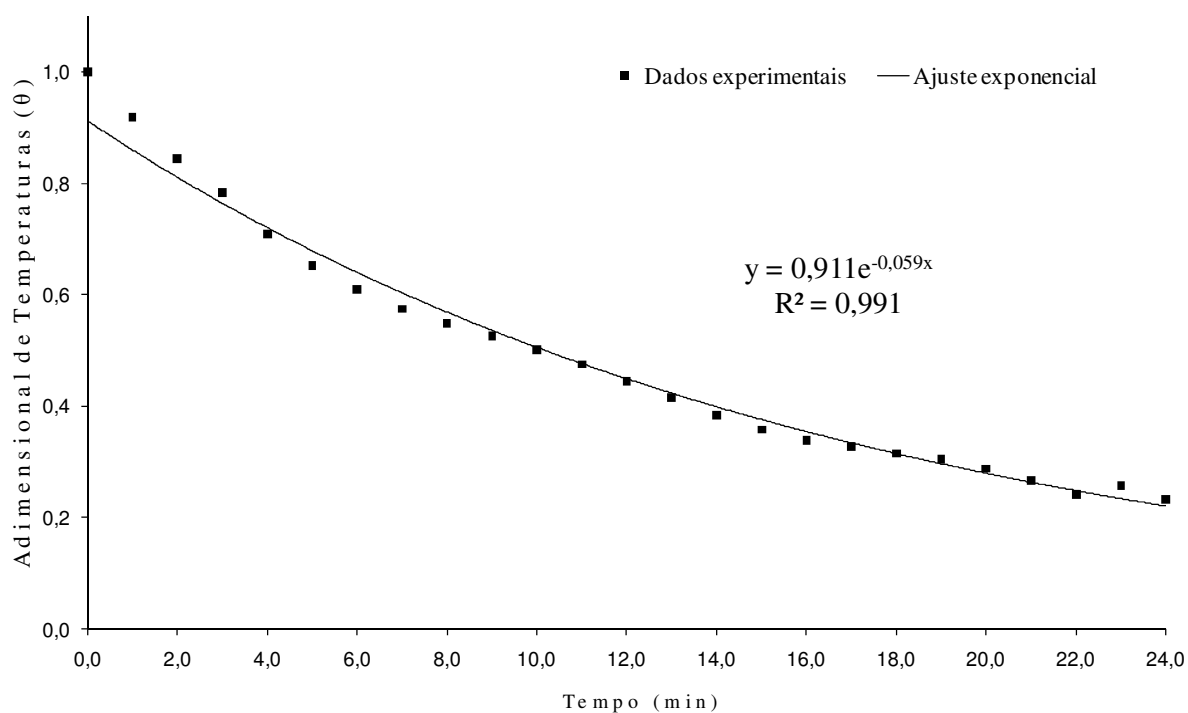


Apêndice G – Distribuição de temperatura experimental no resfriamento rápido de acerola do Ensaio 06, embalado em caixa de papelão com área de abertura de 8,35% e 8 h 30 min. após a colheita.

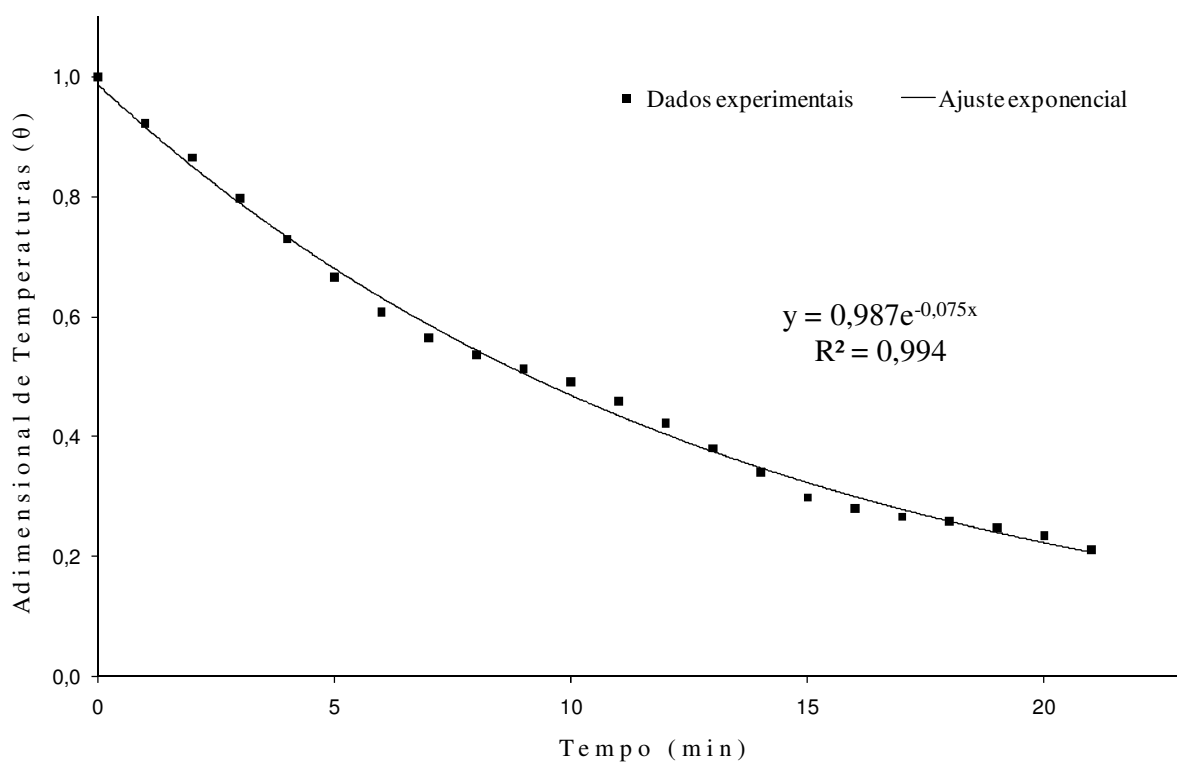


Apêndice H – Distribuição de temperatura experimental no resfriamento rápido de acerola do Ensaio 07, embalado em caixa de papelão com área de abertura de 8,35% e 8 h 30 min. após a colheita.

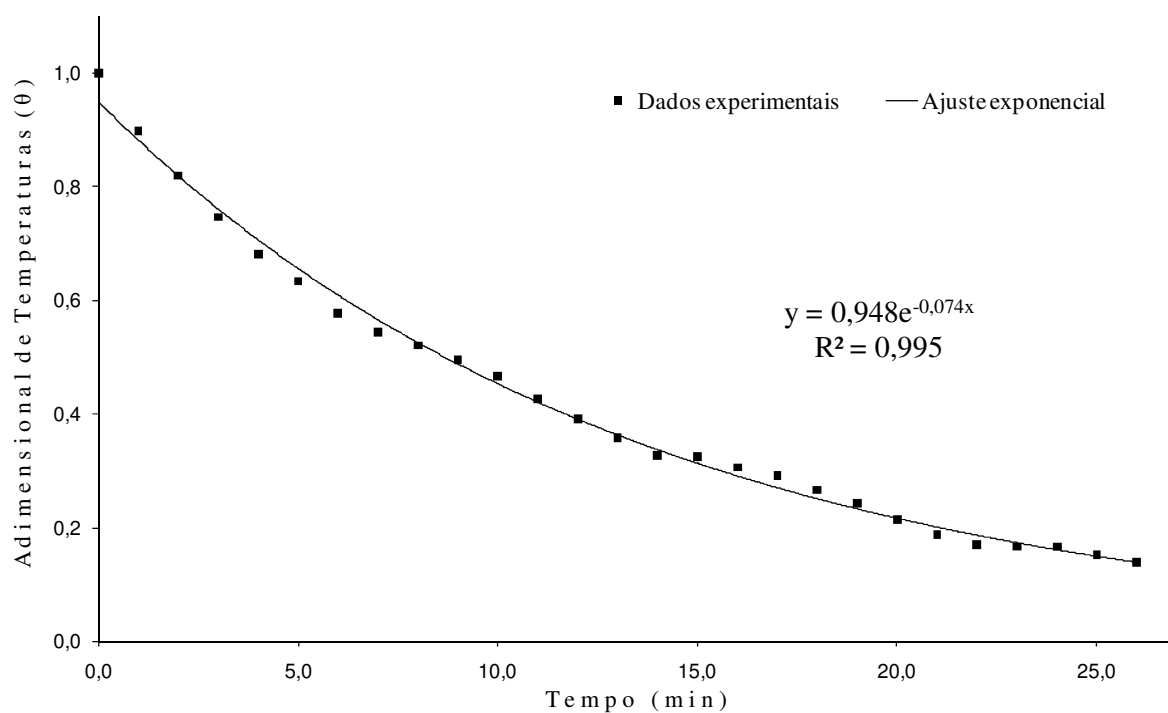




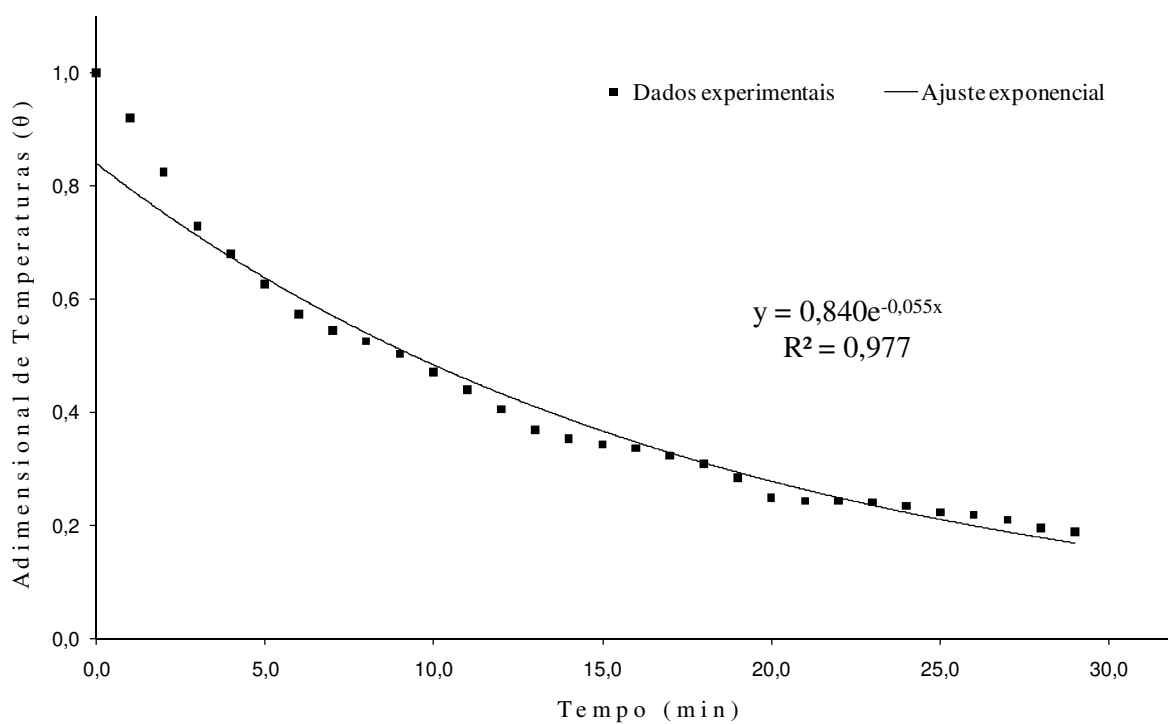
APÊNDICE I – Distribuição de temperatura experimental no resfriamento rápido de acerola do Ensaio 08, embalado em caixa de papelão com área de abertura de 4,48% e 8 h 30 min. após a colheita.



Apêndice J – Distribuição de temperatura experimental no resfriamento rápido de acerola do Ensaio 09, embalado em caixa de papelão com área de abertura de 1,42% e 8 h 30 min. após a colheita.



APÊNDICE L – Distribuição de temperatura experimental no resfriamento rápido de acerola do Ensaio 10, embalado em caixa de papelão com área de abertura de 8,35% e 4 h 15 min. após a colheita



Apêndice M – Distribuição de temperatura experimental no resfriamento rápido de acerola do Ensaio 11, embalado em caixa de papelão com área de abertura de 8,35% e 12 h 45 min. após a colheita.

Apêndice N - Análise de Variância (ANOVA) para o coeficiente convectivo de transferência de calor ( $W/m^2 \text{ } ^\circ C$ ) observado em acerolas em função da área de abertura das embalagens e do tempo entre a colheita e o resfriamento rápido.

Fonte de variação	Graus de liberdade	Soma de quadrados	Quadrado médio	F <sub>cal</sub>	p-valor
A <sub>abertura</sub> (%) (L)	1	140,63 <sup>NS</sup>	140,63 <sup>NS</sup>	5,30 <sup>NS</sup>	0,07 <sup>NS</sup>
A <sub>abertura</sub> (%) (Q)	1	18,99 <sup>NS</sup>	18,99 <sup>NS</sup>	0,72 <sup>NS</sup>	0,44 <sup>NS</sup>
Tempo CR (horas) (L)	1	20,35 <sup>NS</sup>	20,35 <sup>NS</sup>	0,77 <sup>NS</sup>	0,42 <sup>NS</sup>
Tempo CR (horas) (Q)	1	11,01 <sup>NS</sup>	11,01 <sup>NS</sup>	0,41 <sup>NS</sup>	0,55 <sup>NS</sup>
Área <sub>abertura</sub> x Tempo CR	1	0,00 <sup>NS</sup>	0,00 <sup>NS</sup>	0,00 <sup>NS</sup>	1,00 <sup>NS</sup>
Resíduo	5	132,69	26,54	-	-
Total	10	318,12	-	-	-

$R^2 = 58,29\%$ ; (L) Termos lineares; (Q) Termos quadráticos; \*\* = significativo a um nível de 5% (p-valor < 0,05); NS = não significativo. A<sub>abertura</sub> = área de abertura; Tempo CR = tempo entre a colheita e o resfriamento rápido.

Apêndice O - Análise de Variância (ANOVA) para a variável vazão do ar (L/s) ocorrido em acerolas em função da área de abertura das embalagens e do tempo entre a colheita e o resfriamento rápido.

Fonte de variação	Graus de liberdade	Soma de quadrados	Quadrado médio	F <sub>cal</sub>	p-valor
A <sub>abertura</sub> (%) (L)	1	2,02**	2,02 **	103,74 **	0,00 **
A <sub>abertura</sub> (%) (Q)	1	0,00 <sup>NS</sup>	0,00 <sup>NS</sup>	0,06 <sup>NS</sup>	0,82 <sup>NS</sup>
Tempo CR (horas) (L)	1	0,00 <sup>NS</sup>	0,00 <sup>NS</sup>	0,02 <sup>NS</sup>	0,89 <sup>NS</sup>
Tempo CR (horas) (Q)	1	0,02 <sup>NS</sup>	0,02 <sup>NS</sup>	0,95 <sup>NS</sup>	0,37 <sup>NS</sup>
Área <sub>abertura</sub> x Tempo CR	1	0,00 <sup>NS</sup>	0,00 <sup>NS</sup>	0,05 <sup>NS</sup>	0,84 <sup>NS</sup>
Resíduo	5	0,10	0,02	-	-
Total	10	2,22	-	-	-

$R^2 = 95,61\%$ ; (L) Termos lineares; (Q) Termos quadráticos; \*\* = significativo a um nível de 5% (p-valor < 0,05); NS = não significativo. A<sub>abertura</sub> = área de abertura; Tempo CR = tempo entre a colheita e o resfriamento rápido.

Apêndice P – Coeficientes de regressão, erro padrão e *p*-valores para a variável vazão do ar (L/s) ocorrido em acerolas em função da área de abertura das embalagens e do tempo entre a colheita e o resfriamento rápido.

Fonte de variação	Coefficiente de regressão	Erro padrão	t	p
<b>Média</b>	- 0,52 **	0,18**	- 2,83**	0,02**
<b>A abertura (%) (L)</b>	0,18 **	0,02**	11,76**	0,00**
<b>Tempo CR (horas) (L)</b>	0,00 <sup>NS</sup>	0,01	0,05	0,96

$R^2 = 94,54\%$ ; (L) Termos lineares; \*\* = efeitos significativos a um nível de significância para teste-t: 0,5; NS = não significativo; A<sub>abertura</sub> = área de abertura; Tempo CR = tempo entre a colheita e o resfriamento rápido.

Apêndice Q - Análise de Variância (ANOVA) para a variável velocidade do ar ( $m/s^2$ ) ocorrido em acerolas em função da área de abertura das embalagens e do tempo entre a colheita e o resfriamento rápido.

Fonte de variação	Graus de liberdade	Soma de quadrados	Quadrado médio	F <sub>cal</sub>	p-valor
<b>A abertura (%) (L)</b>	1	1,12**	1,12 **	19,26 **	0,01 **
<b>A abertura (%) (Q)</b>	1	0,06 <sup>NS</sup>	0,06 <sup>NS</sup>	1,01 <sup>NS</sup>	0,36 <sup>NS</sup>
<b>Tempo CR (horas) (L)</b>	1	0,01 <sup>NS</sup>	0,01 <sup>NS</sup>	0,18 <sup>NS</sup>	0,69 <sup>NS</sup>
<b>Tempo CR (horas) (Q)</b>	1	0,01 <sup>NS</sup>	0,01 <sup>NS</sup>	0,12 <sup>NS</sup>	0,74 <sup>NS</sup>
<b>Área abertura x Tempo CR</b>	1	0,00 <sup>NS</sup>	0,00 <sup>NS</sup>	0,07 <sup>NS</sup>	0,80 <sup>NS</sup>
<b>Resíduo</b>	5	0,29	0,06	-	-
<b>Total</b>	10	1,58	-	-	-

$R^2 = 81,56\%$ ; (L) Termos lineares; (Q) Termos quadráticos; \*\* = significativo a um nível de 5% (p-valor < 0,05); NS = não significativo. A<sub>abertura</sub> = área de abertura; Tempo CR = tempo entre a colheita e o resfriamento rápido.

Apêndice R – Coeficientes de regressão, erro padrão e *p*-valores para a variável velocidade do ar ( $m/s^2$ ) ocorrido em acerolas em função da área de abertura das embalagens e do tempo entre a colheita e o resfriamento rápido.

Fonte de variação	Coefficiente de regressão	Erro padrão	t	p
<b>Média</b>	- 0,02 <sup>NS</sup>	0,32 <sup>NS</sup>	- 0,07 <sup>NS</sup>	0,94 <sup>NS</sup>
<b>A abertura (%) (L)</b>	0,14 **	0,03**	5,03**	0,00**
<b>Tempo CR (horas) (L)</b>	0,01 <sup>NS</sup>	0,02	0,39	0,70

$R^2 = 76,04\%$ ; (L) Termos lineares. \*\* = efeitos significativos a um nível de significância para teste-t: 0,5; NS = não significativo; A<sub>abertura</sub> = área de abertura; Tempo CR = tempo entre a colheita e o resfriamento rápido.

Apêndice S - Análise de Variância (ANOVA) para a variável Vida útil (dias) ocorrido em acerolas em função da área de abertura das embalagens e do tempo entre a colheita e o resfriamento rápido.

Fonte de variação	Graus de liberdade	Soma de quadrados	Quadrado médio	F <sub>cal</sub>	p-valor
A <sub>abertura (%)</sub> (L)	1	0,10 <sup>NS</sup>	0,10 <sup>NS</sup>	0,02 <sup>NS</sup>	0,88 <sup>NS</sup>
A <sub>abertura (%)</sub> (Q)	1	8,54 <sup>NS</sup>	8,54 <sup>NS</sup>	2,14 <sup>NS</sup>	0,20 <sup>NS</sup>
Tempo CR (horas) (L)	1	0,07 <sup>NS</sup>	0,07 <sup>NS</sup>	0,02 <sup>NS</sup>	0,90 <sup>NS</sup>
Tempo CR (horas) (Q)	1	2,87 <sup>NS</sup>	2,87 <sup>NS</sup>	0,72 <sup>NS</sup>	0,44 <sup>NS</sup>
Área <sub>abertura</sub> x Tempo CR	1	0,16 <sup>NS</sup>	0,16 <sup>NS</sup>	0,04 <sup>NS</sup>	0,85 <sup>NS</sup>
Resíduo	5	19,94	3,99	-	-
Total	10	34,91	-	-	-

R<sup>2</sup> = 81,56%; (L) Termos lineares; (Q) Termos quadráticos; \*\* = significativo a um nível de 5% (p-valor < 0,05); NS = não significativo. A<sub>abertura</sub> = área de abertura; Tempo CR = tempo entre a colheita e o resfriamento rápido.

Apêndice T - Média e Teste de Tukey para os parâmetros sensoriais avaliados para as acerolas armazenadas à temperatura ambiente (E12).

Armazenamento (dias)	Parâmetros Sensoriais				
	Cor*	Aspecto de fofo (%)	Colapso de polpa (%)	Incidência de fungo (%)	Senescência (%)
0	8,05 <sup>a</sup>	2,00 <sup>a</sup>	0,67 <sup>a</sup>	0,00 <sup>a</sup>	0,67 <sup>a</sup>
1	7,99 <sup>a</sup>	3,33 <sup>a</sup>	1,00 <sup>a</sup>	0,00 <sup>a</sup>	1,00 <sup>a</sup>
2	8,35 <sup>a</sup>	12,33 <sup>a</sup>	5,33 <sup>a</sup>	0,67 <sup>a</sup>	1,67 <sup>a</sup>
3	8,03 <sup>a</sup>	37,67 <sup>b</sup>	5,33 <sup>a</sup>	0,33 <sup>a</sup>	3,00 <sup>a</sup>
4	5,29 <sup>c</sup>	42,67 <sup>b</sup>	6,67 <sup>a</sup>	7,67 <sup>b</sup>	13,00 <sup>b</sup>
5	3,63 <sup>b</sup>	90,67 <sup>c</sup>	17,67 <sup>b</sup>	6,00 <sup>b</sup>	18,62 <sup>b</sup>

\*Média de notas obtidas com base na escala hedônica, onde 1 = desgostei muitíssimo, 5 = nem gostei/nem desgostei e 9 = gostei muitíssimo.

Média seguida de mesma letra na coluna, não difere significativamente ao nível de 5% pelo Teste de Tukey.

Apêndice U - Média e Teste de Tukey para os parâmetros sensoriais avaliados para as acerolas armazenadas sob refrigeração (E13).

Armazenamento (dias)	Parâmetros Sensoriais				
	Cor*	Aspecto de fofo (%)	Colapso de polpa (%)	Incidência de fungo (%)	Senescência (%)
0	6,86 <sup>c</sup>	16,00 <sup>a</sup>	3,00 <sup>a</sup>	100 <sup>a</sup>	0,00 <sup>a</sup>
2	5,67 <sup>bc</sup>	28,00 <sup>a</sup>	2,67 <sup>a</sup>	2,00 <sup>a</sup>	2,67 <sup>ab</sup>
4	5,00 <sup>ab</sup>	46,33 <sup>b</sup>	13,33 <sup>b</sup>	1,33 <sup>a</sup>	11,33 <sup>bc</sup>
6	5,01 <sup>ab</sup>	66,67 <sup>c</sup>	13,67 <sup>b</sup>	0,00 <sup>a</sup>	13,00 <sup>c</sup>
8	4,04 <sup>a</sup>	55,33 <sup>bc</sup>	6,00 <sup>ab</sup>	1,00 <sup>a</sup>	5,67 <sup>abc</sup>

\*Média de notas obtidas com base na escala hedônica, onde 1 = desgostei muitíssimo, 5 = nem gostei/nem desgostei e 9 = gostei muitíssimo.

Média seguida de mesma letra na coluna, não difere significativamente ao nível de 5% pelo Teste de Tukey.

Apêndice V - Média e Teste de Tukey para as acerolas previamente submetidas ao resfriamento rápido, avaliadas quanto ao parâmetro “cor”.

Armazenamento (dias)	Ensaio (Parâmetro cor)										
	E01	E02	E03	E04	E05	E06	E07	E08	E09	E10	E11
0	8,39 <sup>c</sup>	8,16 <sup>c</sup>	8,16 <sup>c</sup>	6,86 <sup>a</sup>	6,93 <sup>a</sup>	8,05 <sup>c</sup>	8,16 <sup>c</sup>	8,39 <sup>d</sup>	6,86 <sup>ab</sup>	6,93 <sup>bc</sup>	6,93 <sup>a</sup>
2	6,50 <sup>a</sup>	6,54 <sup>ab</sup>	6,03 <sup>ab</sup>	6,66 <sup>a</sup>	7,19 <sup>a</sup>	6,81 <sup>a</sup>	5,71 <sup>a</sup>	6,77 <sup>b</sup>	7,27 <sup>b</sup>	7,33 <sup>c</sup>	6,34 <sup>ab</sup>
4	6,79 <sup>a</sup>	7,48 <sup>bc</sup>	7,00 <sup>bc</sup>	6,49 <sup>a</sup>	7,13 <sup>a</sup>	6,61 <sup>a</sup>	6,34 <sup>a</sup>	6,43 <sup>ab</sup>	6,31 <sup>ab</sup>	5,38 <sup>a</sup>	6,78 <sup>a</sup>
6	6,33 <sup>a</sup>	6,58 <sup>ab</sup>	5,74 <sup>ab</sup>	5,90 <sup>a</sup>	5,22 <sup>b</sup>	5,72 <sup>ab</sup>	6,23 <sup>a</sup>	6,25 <sup>ab</sup>	6,88 <sup>ab</sup>	5,88 <sup>ab</sup>	6,10 <sup>ab</sup>
8	4,98 <sup>b</sup>	6,22 <sup>a</sup>	5,39 <sup>a</sup>	5,68 <sup>ab</sup>	6,52 <sup>a</sup>	6,24 <sup>a</sup>	6,14 <sup>a</sup>	5,36 <sup>a</sup>	5,94 <sup>a</sup>	7,16 <sup>bc</sup>	6,32 <sup>ab</sup>
10	3,96 <sup>b</sup>	3,98 <sup>d</sup>	3,94 <sup>d</sup>	4,41 <sup>b</sup>	5,17 <sup>b</sup>	4,93 <sup>b</sup>	4,07 <sup>b</sup>	3,98 <sup>c</sup>	4,52 <sup>c</sup>	5,22 <sup>a</sup>	5,27 <sup>b</sup>

Média de notas obtidas com base na escala hedônica, onde 1 = desgostei muitíssimo, 5 = nem gostei/nem desgostei e 9 = gostei muitíssimo.

Média seguida de mesma letra na coluna, não difere significativamente ao nível de 5% pelo Teste de Tukey.

Apêndice X - Média e Teste de Tukey para as acerolas previamente submetidas ao resfriamento rápido, avaliadas quanto ao parâmetro “aspecto de fofo”.

Armaze- namento (dias)	Ensaio (aspecto de fofo) (%)										
	E01	E02	E03	E04	E05	E06	E07	E08	E09	E10	E11
0	3,67 <sup>b</sup>	35,33 <sup>ab</sup>	35,33 <sup>a</sup>	16,00 <sup>a</sup>	14,00 <sup>a</sup>	2,00 <sup>a</sup>	35,33 <sup>a</sup>	3,67 <sup>a</sup>	16,00 <sup>c</sup>	14,00 <sup>a</sup>	14,00 <sup>a</sup>
2	16,00 <sup>bc</sup>	33,00 <sup>ab</sup>	13,67 <sup>b</sup>	25,33 <sup>a</sup>	10,33 <sup>a</sup>	13,00 <sup>a</sup>	27,33 <sup>a</sup>	15,67 <sup>a</sup>	18,33 <sup>c</sup>	3,33 <sup>a</sup>	19,33 <sup>a</sup>
4	26,00 <sup>c</sup>	21,67 <sup>b</sup>	6,00 <sup>b</sup>	31,67 <sup>a</sup>	10,33 <sup>a</sup>	30,00 <sup>b</sup>	8,67 <sup>b</sup>	35,67 <sup>b</sup>	40,67 <sup>a</sup>	7,00 <sup>a</sup>	15,33 <sup>a</sup>
6	54,67 <sup>a</sup>	45,33 <sup>a</sup>	50,00 <sup>a</sup>	54,00 <sup>b</sup>	68,00 <sup>bc</sup>	14,00 <sup>ab</sup>	57,67 <sup>c</sup>	38,67 <sup>bc</sup>	61,00 <sup>b</sup>	77,00 <sup>b</sup>	58,00 <sup>b</sup>
8	60,00 <sup>a</sup>	43,33 <sup>a</sup>	48,33 <sup>a</sup>	63,33 <sup>b</sup>	60,33 <sup>b</sup>	51,67 <sup>c</sup>	41,33 <sup>a</sup>	54,67 <sup>cd</sup>	55,67 <sup>ab</sup>	55,67 <sup>c</sup>	53,33 <sup>b</sup>
10	68,67 <sup>a</sup>	68,00 <sup>c</sup>	73,33 <sup>c</sup>	71,67 <sup>b</sup>	83,00 <sup>c</sup>	82,00 <sup>d</sup>	80,67 <sup>d</sup>	60,33 <sup>d</sup>	55,00 <sup>ab</sup>	74,33 <sup>b</sup>	89,33 <sup>c</sup>

Média seguida de mesma letra na coluna, não difere significativamente ao nível de 5% pelo Teste de Tukey.

Apêndice Z - Média e Teste de Tukey para as acerolas previamente submetidas ao resfriamento rápido, avaliadas quanto ao parâmetro “colapso de polpa”.

Armaze- namento (dias)	Ensaio (colapso de polpa) (%)										
	E01	E02	E03	E04	E05	E06	E07	E08	E09	E10	E11
0	0,00 <sup>a</sup>	3,33 <sup>ab</sup>	3,33 <sup>a</sup>	3,00 <sup>a</sup>	3,33 <sup>a</sup>	0,67 <sup>a</sup>	3,33 <sup>ab</sup>	0,00 <sup>a</sup>	3,00 <sup>a</sup>	3,33 <sup>ab</sup>	3,33 <sup>a</sup>
2	1,67 <sup>a</sup>	26,67 <sup>ab</sup>	1,33 <sup>a</sup>	3,33 <sup>a</sup>	0,67 <sup>a</sup>	2,67 <sup>ab</sup>	1,67 <sup>a</sup>	0,33 <sup>a</sup>	2,33 <sup>a</sup>	0,00 <sup>a</sup>	3,33 <sup>a</sup>
4	3,33 <sup>a</sup>	9,33 <sup>bc</sup>	4,00 <sup>a</sup>	4,67 <sup>a</sup>	5,00 <sup>a</sup>	1,33 <sup>a</sup>	2,67 <sup>a</sup>	1,33 <sup>a</sup>	12,67 <sup>b</sup>	3,00 <sup>ab</sup>	2,00 <sup>a</sup>
6	4,00 <sup>a</sup>	1,33 <sup>a</sup>	3,67 <sup>a</sup>	5,67 <sup>a</sup>	0,67 <sup>a</sup>	0,00 <sup>a</sup>	2,00 <sup>a</sup>	0,67 <sup>a</sup>	10,00 <sup>ab</sup>	10,67 <sup>b</sup>	4,67 <sup>a</sup>
8	4,67 <sup>a</sup>	11,33 <sup>c</sup>	17,00 <sup>b</sup>	2,33 <sup>a</sup>	3,67 <sup>a</sup>	0,00 <sup>a</sup>	9,00 <sup>b</sup>	5,33 <sup>ab</sup>	4,67 <sup>a</sup>	3,33 <sup>ab</sup>	5,67 <sup>a</sup>
10	14,00 <sup>b</sup>	11,67 <sup>c</sup>	6,67 <sup>a</sup>	5,00 <sup>a</sup>	4,00 <sup>a</sup>	6,00 <sup>b</sup>	3,67 <sup>ab</sup>	11,00 <sup>b</sup>	9,67 <sup>ab</sup>	7,33 <sup>ab</sup>	19,33 <sup>b</sup>

Média seguida de mesma letra na coluna, não difere significativamente ao nível de 5% pelo Teste de Tukey.

Apêndice AA - Média e Teste de Tukey para as acerolas previamente submetidas ao resfriamento rápido, avaliadas quanto ao parâmetro “incidência de fungos”.

Armazenamento (dias)	Ensaio (incidência de fungos) (%)										
	E01	E02	E03	E04	E05	E06	E07	E08	E09	E10	E11
0	1,67 <sup>a</sup>	0,33 <sup>a</sup>	0,33 <sup>a</sup>	1,00 <sup>a</sup>	0,67 <sup>a</sup>	0,00 <sup>a</sup>	0,33 <sup>a</sup>	1,67 <sup>a</sup>	1,00 <sup>a</sup>	0,67 <sup>a</sup>	0,67 <sup>a</sup>
2	5,67 <sup>a</sup>	0,33 <sup>a</sup>	0,33 <sup>a</sup>	1,00 <sup>a</sup>	0,00 <sup>a</sup>	5,33 <sup>b</sup>	0,67 <sup>a</sup>	1,67 <sup>a</sup>	1,00 <sup>a</sup>	0,00 <sup>a</sup>	0,00 <sup>a</sup>
4	0,33 <sup>a</sup>	0,00 <sup>a</sup>	6,00 <sup>b</sup>	1,33 <sup>a</sup>	0,00 <sup>a</sup>	3,33 <sup>ab</sup>	10,67 <sup>b</sup>	1,33 <sup>a</sup>	4,00 <sup>b</sup>	0,00 <sup>a</sup>	0,00 <sup>a</sup>
6	0,67 <sup>a</sup>	0,33 <sup>a</sup>	0,67 <sup>a</sup>	1,67 <sup>a</sup>	1,00 <sup>a</sup>	0,00 <sup>a</sup>	1,67 <sup>a</sup>	0,00 <sup>a</sup>	1,33 <sup>ab</sup>	0,00 <sup>a</sup>	0,00 <sup>a</sup>
8	2,67 <sup>a</sup>	3,67 <sup>b</sup>	2,00 <sup>a</sup>	0,33 <sup>a</sup>	0,67 <sup>a</sup>	0,00 <sup>a</sup>	4,33 <sup>a</sup>	0,67 <sup>a</sup>	0,67 <sup>a</sup>	0,00 <sup>a</sup>	3,00 <sup>a</sup>
10	0,00 <sup>a</sup>	0,67 <sup>a</sup>	1,33 <sup>a</sup>	9,67 <sup>b</sup>	5,33 <sup>b</sup>	1,67 <sup>ab</sup>	2,00 <sup>a</sup>	0,00 <sup>a</sup>	0,00 <sup>a</sup>	2,33 <sup>b</sup>	11,00 <sup>b</sup>

Média seguida de mesma letra na coluna, não difere significativamente ao nível de 5% pelo Teste de Tukey.

Apêndice AB - Média e Teste de Tukey para as acerolas previamente submetidas ao resfriamento rápido, avaliadas quanto ao parâmetro “senescência”.

Armazenamento (dias)	Ensaio (senescência) (%)										
	E01	E02	E03	E04	E05	E06	E07	E08	E09	E10	E11
0	1,67 <sup>a</sup>	3,33 <sup>abc</sup>	3,33 <sup>a</sup>	0,00 <sup>a</sup>	3,33 <sup>a</sup>	0,67 <sup>ab</sup>	3,33 <sup>a</sup>	1,67 <sup>a</sup>	0,00 <sup>a</sup>	3,33 <sup>ab</sup>	3,33 <sup>a</sup>
2	6,33 <sup>ab</sup>	2,33 <sup>ab</sup>	0,33 <sup>a</sup>	2,00 <sup>ab</sup>	0,00 <sup>a</sup>	4,67 <sup>bc</sup>	1,33 <sup>a</sup>	1,67 <sup>a</sup>	1,67 <sup>ab</sup>	0,00 <sup>a</sup>	3,33 <sup>a</sup>
4	3,33 <sup>a</sup>	8,00 <sup>bcd</sup>	6,67 <sup>ab</sup>	4,33 <sup>ab</sup>	1,00 <sup>a</sup>	3,33 <sup>ab</sup>	10,67 <sup>b</sup>	2,67 <sup>a</sup>	14,00 <sup>d</sup>	0,00 <sup>a</sup>	1,00 <sup>a</sup>
6	4,67 <sup>a</sup>	0,67 <sup>a</sup>	1,00 <sup>a</sup>	6,00 <sup>b</sup>	1,67 <sup>a</sup>	0,33 <sup>a</sup>	1,67 <sup>a</sup>	0,00 <sup>a</sup>	9,67 <sup>cd</sup>	10,67 <sup>b</sup>	2,67 <sup>a</sup>
8	7,33 <sup>ab</sup>	12,00 <sup>d</sup>	14,00 <sup>b</sup>	1,67 <sup>ab</sup>	4,33 <sup>ab</sup>	0,00 <sup>a</sup>	11,00 <sup>b</sup>	6,00 <sup>ab</sup>	4,67 <sup>abc</sup>	3,33 <sup>ab</sup>	7,67 <sup>a</sup>
10	14,00 <sup>b</sup>	9,67 <sup>cd</sup>	7,00 <sup>ab</sup>	13,33 <sup>c</sup>	9,33 <sup>b</sup>	7,67 <sup>c</sup>	5,00 <sup>ab</sup>	110 <sup>b</sup>	8,33 <sup>bcd</sup>	9,67 <sup>b</sup>	25,00 <sup>b</sup>

Média seguida de mesma letra na coluna, não difere significativamente ao nível de 5% pelo Teste de Tukey.



Apêndice AC – Média e Teste de Tukey para perda de massa ocorrida em acerolas armazenadas à temperatura ambiente (E12) e sob refrigeração (E13).

Dias de armazenamento	Perda de massa (%)	
	E12	E13
0	0,00 <sup>a</sup>	0,00 <sup>a</sup>
1	2,64 <sup>b</sup>	0,71 <sup>ab</sup>
2	5,28 <sup>c</sup>	1,33 <sup>bc</sup>
3	8,97 <sup>d</sup>	2,05 <sup>cd</sup>
4	11,61 <sup>e</sup>	2,23 <sup>cde</sup>
5	16,23 <sup>f</sup>	2,85 <sup>de</sup>
6	19,79 <sup>g</sup>	3,39 <sup>e</sup>
7	24,68 <sup>h</sup>	4,72 <sup>f</sup>
8	30,08 <sup>i</sup>	5,18 <sup>fg</sup>
9	33,51 <sup>j</sup>	5,36 <sup>fg</sup>
10	-	5,62 <sup>fg</sup>
11	-	5,89 <sup>fgh</sup>
12	-	6,25 <sup>gh</sup>
13	-	7,06 <sup>hi</sup>
14	-	7,60 <sup>ij</sup>
15	-	8,04 <sup>ij</sup>
16	-	8,66 <sup>j</sup>

Média seguida de mesma letra na coluna, não difere significativamente ao nível de 5% pelo Teste de Tukey.

Apêndice AD – Médias e Teste de Tukey para perda de massa de acerolas previamente submetidas ao resfriamento rápido e armazenadas sob refrigeração.

Dias de armazenamento	E01	E02	E03	E04	E05	E06	E07	E08	E09	E10	E11
0	0,00a	0,00a	0,00a	0,00a	0,00a	0,00a	0,00a	0,00a	0,00a	0,00a	0,00a
1	0,18a	0,54a	1,12ab	0,74ab	1,34ab	0,76ab	0,64a	0,50a	0,46ab	0,87a	0,92ab
2	0,67ab	0,68a	2,12abc	1,01abc	1,79b	1,39abc	1,38ab	1,19ab	1,05abc	2,62b	1,63bc
3	1,12ab	1,59a	2,31abc	2,12bcd	2,52bc	1,56abcd	1,93abc	1,74abc	1,92abcd	3,07bc	2,41cd
4	2,33abc	4,15b	3,64bcd	2,59cde	3,34cd	2,23bcd	3,03bcd	1,83abc	2,01abcd	3,76bc	3,04de
5	2,37abc	4,24b	4,79cde	2,61cde	4,12de	2,77bcde	3,31bcd	1,97abc	2,54bcd	4,45cd	3,80ef
6	2,47abc	4,38b	5,12cde	3,12def	4,94ef	2,98cdef	3,73cd	2,11abc	3,01cd	5,59de	4,53fg
7	2,65abc	4,6bc	5,25cde	3,43defg	6,12fg	3,57defg	4,21d	3,02abcd	3,94de	6,51ef	5,26gh
8	2,91abcd	4,87bc	5,34cdef	4,24efgh	7,13gh	4,38efgh	4,94de	4,05bcde	5,22ef	6,69ef	6,36hi
9	3,64bcde	5,23bc	5,38cdef	4,91fghi	8,40hi	4,71efgh	6,21e	4,70cdef	6,42fg	7,700fg	7,28ij
10	4,63cde	5,61bc	6,20defg	5,14ghi	8,68i	4,79efgh	6,94ef	5,85defg	6,56rs	8,62gh	7,95jl
11	5,74def	6,19c	6,78defg	5,47hij	960ij	4,96fgh	7,08fg	5,93defg	6,71fgh	9,53hi	9,12lm
12	6,23efg	8,09d	7,64efgh	5,99hijl	10,43j	5,42ghi	7,93fg	6,53efg	7,99ghi	10,31ij	9,84mn
13	8,26fgh	8,30d	8,24efgh	6,20ijl	11,94l	5,72hi	8,91fgh	7,08efg	8,33ghi	11,73jl	10,95no
14	8,93gh	9,42de	8,87fgh	7,10jlm	12,57l	6,36hij	9,84hi	7,96fg	8,52ghi	12,05l	11,53o
15	9,24gh	10,45e	9,70gh	7,36lm	13,03l m	7,15ij	10,36ij	8,46g	8,76hi	13,24lm	12,16op
16	9,56h	10,26e	10,42h	8,89m	14,4m	8,07j	12,02j	8,7g	9,30i	14,16m	13,41p

Média seguida de mesma letra na coluna, não difere significativamente ao nível de 5% pelo Teste de Tukey.

Apêndice AE – Teste de Tukey para os parâmetros perda de massa, vitamina C, pH, acidez titulável e sólidos solúveis de acerolas armazenadas a temperatura ambiente (E12).

Armazenamento (dias)	Vitamina C (mg/100g)	pH	Acidez (% ác. málico)	Sólidos Solúveis (°Brix)
0	1734,88 <sup>d</sup>	3,38 <sup>a</sup>	1,17 <sup>d</sup>	6,40 <sup>cd</sup>
1	1718,82 <sup>cd</sup>	3,39 <sup>a</sup>	1,27 <sup>e</sup>	6,60 <sup>d</sup>
2	1619,22 <sup>bcd</sup>	3,45 <sup>b</sup>	1,19 <sup>d</sup>	6,33 <sup>bcd</sup>
3	1596,35 <sup>abc</sup>	3,55 <sup>c</sup>	1,09 <sup>c</sup>	6,07 <sup>abc</sup>
4	1508,13 <sup>ab</sup>	3,64 <sup>d</sup>	1,03 <sup>bc</sup>	5,93 <sup>ab</sup>
5	1485,62 <sup>ac</sup>	3,70 <sup>e</sup>	0,97 <sup>ab</sup>	5,70 <sup>ae</sup>
6	1365,89 <sup>e</sup>	3,75 <sup>f</sup>	0,90 <sup>a</sup>	5,33 <sup>e</sup>

Média seguida de mesma letra na coluna, não difere significativamente ao nível de 5% pelo Teste de Tukey.

Apêndice AF – Teste de Tukey para os parâmetros perda de massa, vitamina C, pH, acidez titulável e sólidos solúveis de acerolas armazenadas sob refrigeração (E13).

Armazenamento (dias)	Vitamina C (mg/100g)	pH	Acidez (% ác. málico)	Sólidos Solúveis (°Brix)
0	1487,70 <sup>a</sup>	3,34 <sup>d</sup>	1,22 <sup>c</sup>	6,90 <sup>c</sup>
2	1488,15 <sup>a</sup>	3,44 <sup>b</sup>	1,04 <sup>bc</sup>	6,60 <sup>b</sup>
4	1565,32 <sup>e</sup>	3,42 <sup>a</sup>	0,95 <sup>b</sup>	6,53 <sup>ab</sup>
6	1410,27 <sup>d</sup>	3,42 <sup>ab</sup>	0,85 <sup>ab</sup>	6,43 <sup>ab</sup>
8	1025,51 <sup>c</sup>	3,48 <sup>c</sup>	0,72 <sup>a</sup>	6,40 <sup>ab</sup>
10	592,68 <sup>b</sup>	3,48 <sup>c</sup>	0,67 <sup>a</sup>	6,30 <sup>a</sup>

Média seguida de mesma letra na coluna, não difere significativamente ao nível de 5% pelo Teste de Tukey.

Apêndice AG – Média e Teste de Tukey para vitamina C em acerola encontrada nos onze ensaios distintos ao longo do armazenamento.

Ensaio	Dias de armazenamento – Vitamina C (mg de ác. ascórbico/100 g)								
	0	2	4	6	8	10	12	14	16
<b>E01</b>	1763,79 <sup>e</sup>	1561,54 <sup>d</sup>	1593,07 <sup>de</sup>	993,32 <sup>c</sup>	855,29 <sup>c</sup>	510,40 <sup>b</sup>	358,79 <sup>ab</sup>	272,73 <sup>a</sup>	196,92 <sup>a</sup>
<b>E02</b>	1446,01 <sup>h</sup>	1321,72 <sup>g</sup>	1250,80 <sup>f</sup>	981,52 <sup>e</sup>	738,28 <sup>d</sup>	459,15 <sup>c</sup>	308,19 <sup>a</sup>	260,92 <sup>a</sup>	196,31 <sup>b</sup>
<b>E03</b>	1446,01 <sup>c</sup>	1409,29 <sup>c</sup>	1276,32 <sup>f</sup>	961,18 <sup>e</sup>	753,79 <sup>d</sup>	459,73 <sup>b</sup>	441,85 <sup>b</sup>	220,54 <sup>a</sup>	201,32 <sup>a</sup>
<b>E04</b>	1487,70 <sup>h</sup>	1435,02 <sup>g</sup>	1406,26 <sup>a</sup>	1392,35 <sup>a</sup>	927,04 <sup>f</sup>	794,14 <sup>e</sup>	510,59 <sup>d</sup>	361,43 <sup>c</sup>	328,26 <sup>b</sup>
<b>E05</b>	1264,12 <sup>g</sup>	1243,24 <sup>f</sup>	987,25 <sup>e</sup>	827,72 <sup>d</sup>	419,54 <sup>c</sup>	190,61 <sup>b</sup>	85,69 <sup>a</sup>	81,59 <sup>a</sup>	68,80 <sup>a</sup>
<b>E06</b>	1734,88 <sup>a</sup>	1733,11 <sup>a</sup>	1724,39 <sup>a</sup>	1719,61 <sup>a</sup>	1710,59 <sup>a</sup>	1411,02 <sup>e</sup>	1156,54 <sup>d</sup>	609,92 <sup>c</sup>	527,14 <sup>b</sup>
<b>E07</b>	1446,76 <sup>d</sup>	1393,22 <sup>cd</sup>	1338,99 <sup>c</sup>	1264,46 <sup>f</sup>	935,89 <sup>e</sup>	422,56 <sup>b</sup>	425,70 <sup>b</sup>	227,20 <sup>a</sup>	198,88 <sup>a</sup>
<b>E08</b>	1763,79 <sup>g</sup>	1709,89 <sup>b</sup>	1694,15 <sup>b</sup>	1042,75 <sup>f</sup>	889,62 <sup>e</sup>	728,40 <sup>d</sup>	434,25 <sup>c</sup>	300,28 <sup>a</sup>	293,85 <sup>a</sup>
<b>E09</b>	1487,70 <sup>i</sup>	1337,03 <sup>g</sup>	1373,02 <sup>h</sup>	1269,70 <sup>f</sup>	850,40 <sup>e</sup>	571,58 <sup>d</sup>	449,38 <sup>c</sup>	285,54 <sup>b</sup>	253,42 <sup>a</sup>
<b>E10</b>	1264,12 <sup>h</sup>	1130,81 <sup>a</sup>	1139,95 <sup>a</sup>	657,72 <sup>g</sup>	258,22 <sup>f</sup>	221,27 <sup>e</sup>	164,36 <sup>d</sup>	83,95 <sup>c</sup>	44,84 <sup>b</sup>
<b>E11</b>	1264,12 <sup>d</sup>	1278,89 <sup>d</sup>	1050,05 <sup>c</sup>	1020,99 <sup>c</sup>	359,75 <sup>f</sup>	159,20 <sup>e</sup>	74,07 <sup>b</sup>	59,02 <sup>ab</sup>	31,32 <sup>a</sup>

\* Média seguida de mesma letra na linha não difere significativamente ao nível de 5% pelo Teste de Tukey.

Apêndice AH – Média e Teste de Tukey para pH em acerola encontrada nos onze ensaios distintos ao longo do armazenamento.

Ensaio	Dias de armazenamento - pH								
	0	2	4	6	8	10	12	14	16
<b>E01</b>	3,39 <sup>a</sup>	3,43 <sup>b</sup>	3,43 <sup>b</sup>	3,50 <sup>c</sup>	3,50 <sup>c</sup>	3,65 <sup>f</sup>	3,38 <sup>a</sup>	3,34 <sup>e</sup>	2,99 <sup>d</sup>
<b>E02</b>	3,30 <sup>c</sup>	3,34 <sup>e</sup>	3,40 <sup>f</sup>	3,43 <sup>g</sup>	3,47 <sup>h</sup>	3,32 <sup>d</sup>	2,98 <sup>a</sup>	2,83 <sup>b</sup>	2,97 <sup>a</sup>
<b>E03</b>	3,30 <sup>e</sup>	3,38 <sup>f</sup>	3,48 <sup>g</sup>	3,53 <sup>h</sup>	3,55 <sup>i</sup>	3,23 <sup>d</sup>	3,08 <sup>c</sup>	3,03 <sup>b</sup>	2,95 <sup>a</sup>
<b>E04</b>	3,34 <sup>b</sup>	3,42 <sup>a</sup>	3,42 <sup>a</sup>	3,44 <sup>c</sup>	3,53 <sup>f</sup>	3,61 <sup>h</sup>	3,56 <sup>g</sup>	3,51 <sup>e</sup>	3,48 <sup>d</sup>
<b>E05</b>	3,35 <sup>a</sup>	3,34 <sup>a</sup>	3,39 <sup>g</sup>	3,34 <sup>a</sup>	3,27 <sup>f</sup>	3,03 <sup>e</sup>	2,96 <sup>d</sup>	2,88 <sup>c</sup>	2,76 <sup>b</sup>
<b>E06</b>	3,38 <sup>d</sup>	3,41 <sup>a</sup>	3,41 <sup>a</sup>	3,44 <sup>e</sup>	3,47 <sup>b</sup>	3,50 <sup>f</sup>	3,47 <sup>b</sup>	3,40 <sup>a</sup>	3,27 <sup>c</sup>
<b>E07</b>	3,38 <sup>f</sup>	3,41 <sup>a</sup>	3,40 <sup>a</sup>	3,44 <sup>g</sup>	3,47 <sup>h</sup>	3,28 <sup>e</sup>	3,05 <sup>c</sup>	2,87 <sup>b</sup>	3,10 <sup>d</sup>
<b>E08</b>	3,39 <sup>d</sup>	3,41 <sup>e</sup>	3,36 <sup>c</sup>	3,52 <sup>a</sup>	3,55 <sup>g</sup>	3,60 <sup>h</sup>	3,53 <sup>a</sup>	3,43 <sup>f</sup>	3,17 <sup>b</sup>
<b>E09</b>	3,34 <sup>e</sup>	3,41 <sup>b</sup>	3,40 <sup>b</sup>	3,45 <sup>c</sup>	3,24 <sup>a</sup>	3,53 <sup>f</sup>	3,46 <sup>c</sup>	3,25 <sup>a</sup>	3,15 <sup>d</sup>
<b>E10</b>	3,39 <sup>h</sup>	3,34 <sup>a</sup>	3,35 <sup>a</sup>	3,17 <sup>f</sup>	3,24 <sup>g</sup>	2,96 <sup>d</sup>	3,02 <sup>e</sup>	2,84 <sup>c</sup>	2,82 <sup>b</sup>
<b>E11</b>	3,39 <sup>a</sup>	3,35 <sup>g</sup>	3,43 <sup>h</sup>	3,39 <sup>a</sup>	3,30 <sup>f</sup>	3,13 <sup>e</sup>	2,99 <sup>d</sup>	2,91 <sup>c</sup>	2,81 <sup>b</sup>

\* Média seguida de mesma letra, na linha, não difere significativamente ao nível de 5% pelo Teste de Tukey.

Apêndice AI – Média e Teste de Tukey para acidez em acerola encontrada nos onze ensaios distintos ao longo do armazenamento.

Ensaio	Dias de armazenamento – Acidez (% ác. málico)								
	0	2	4	6	8	10	12	14	16
E01	1,06 <sup>b</sup>	1,05 <sup>bf</sup>	0,98 <sup>ef</sup>	0,80 <sup>a</sup>	0,79 <sup>a</sup>	0,85 <sup>ac</sup>	0,88 <sup>cd</sup>	0,93 <sup>de</sup>	1,10 <sup>b</sup>
E02	1,20 <sup>d</sup>	0,97 <sup>a</sup>	0,97 <sup>a</sup>	0,85 <sup>b</sup>	0,73 <sup>c</sup>	0,79 <sup>bc</sup>	0,88 <sup>ab</sup>	0,96 <sup>a</sup>	1,23 <sup>d</sup>
E03	1,20 <sup>c</sup>	1,03 <sup>f</sup>	0,92 <sup>b</sup>	0,74 <sup>a</sup>	0,64 <sup>d</sup>	0,71 <sup>a</sup>	0,81 <sup>e</sup>	0,90 <sup>b</sup>	1,20 <sup>c</sup>
E04	1,21 <sup>d</sup>	1,07 <sup>a</sup>	1,06 <sup>a</sup>	1,05 <sup>a</sup>	0,83 <sup>bc</sup>	0,76 <sup>b</sup>	0,81 <sup>b</sup>	0,93 <sup>c</sup>	1,10 <sup>a</sup>
E05	0,95 <sup>de</sup>	0,90 <sup>bcd</sup>	0,83 <sup>abc</sup>	0,82 <sup>ab</sup>	0,60 <sup>f</sup>	0,78 <sup>a</sup>	0,93 <sup>cde</sup>	1,02 <sup>e</sup>	1,13 <sup>g</sup>
E06	1,17 <sup>b</sup>	1,12 <sup>ab</sup>	1,14 <sup>ab</sup>	1,13 <sup>ab</sup>	1,16 <sup>a</sup>	1,00 <sup>ad</sup>	0,94 <sup>d</sup>	0,63 <sup>c</sup>	0,63 <sup>c</sup>
E07	1,20 <sup>c</sup>	0,98 <sup>b</sup>	0,95 <sup>b</sup>	0,78 <sup>a</sup>	0,74 <sup>a</sup>	0,83 <sup>ab</sup>	0,78 <sup>a</sup>	1,27 <sup>c</sup>	1,23 <sup>c</sup>
E08	1,06 <sup>a</sup>	1,02 <sup>a</sup>	1,03 <sup>a</sup>	0,87 <sup>c</sup>	0,81 <sup>bc</sup>	0,76 <sup>b</sup>	0,82 <sup>bc</sup>	1,04 <sup>a</sup>	1,15 <sup>d</sup>
E09	1,21 <sup>ef</sup>	1,11 <sup>de</sup>	0,98 <sup>ab</sup>	0,73 <sup>c</sup>	0,74 <sup>c</sup>	0,89 <sup>a</sup>	0,95 <sup>ab</sup>	1,4 <sup>bd</sup>	1,24 <sup>f</sup>
E10	1,07 <sup>ab</sup>	1,08 <sup>ab</sup>	1,02 <sup>b</sup>	1,07 <sup>ab</sup>	1,09 <sup>ab</sup>	1,10 <sup>ab</sup>	1,13 <sup>a</sup>	1,14 <sup>a</sup>	1,15 <sup>a</sup>
E11	1,07 <sup>ce</sup>	1,01 <sup>e</sup>	1,10 <sup>cd</sup>	1,13 <sup>acd</sup>	1,15 <sup>abcd</sup>	1,17 <sup>abd</sup>	1,18 <sup>ab</sup>	1,19 <sup>ab</sup>	1,22 <sup>b</sup>

\* Média seguida de mesma letra na linha não difere significativamente ao nível de 5% pelo Teste de Tukey.

Apêndice AJ – Média e Teste de Tukey para sólidos solúveis (SS) em acerola encontrada nos onze ensaios distintos ao longo do armazenamento.

Ensaio	Dias de armazenamento – Sólidos Solúveis (°Brix)								
	0	2	4	6	8	10	12	14	16
E01	7,00 <sup>b</sup>	6,80 <sup>ab</sup>	6,77 <sup>ab</sup>	6,53 <sup>a</sup>	6,63 <sup>a</sup>	6,63 <sup>a</sup>	6,63 <sup>a</sup>	6,00 <sup>c</sup>	6,63 <sup>a</sup>
E02	7,17 <sup>d</sup>	6,87 <sup>acd</sup>	6,67 <sup>ab</sup>	7,07 <sup>cd</sup>	6,77 <sup>abc</sup>	6,50 <sup>a</sup>	6,87 <sup>acd</sup>	6,63 <sup>ab</sup>	6,73 <sup>abc</sup>
E03	7,00 <sup>b</sup>	6,93 <sup>ab</sup>	6,83 <sup>ab</sup>	6,70 <sup>a</sup>	6,80 <sup>ab</sup>	6,80 <sup>ab</sup>	6,43 <sup>c</sup>	6,93 <sup>ab</sup>	6,80 <sup>ab</sup>
E04	6,90 <sup>f</sup>	6,47 <sup>bcd</sup>	6,50 <sup>cd</sup>	6,27 <sup>ab</sup>	6,40 <sup>abc</sup>	6,67 <sup>d</sup>	6,20 <sup>ae</sup>	6,37 <sup>abc</sup>	6,00 <sup>e</sup>
E05	7,00 <sup>b</sup>	7,40 <sup>a</sup>	7,60 <sup>ac</sup>	7,33 <sup>ab</sup>	7,30 <sup>ab</sup>	7,50 <sup>a</sup>	7,90 <sup>cd</sup>	7,93 <sup>cd</sup>	8,13 <sup>d</sup>
E06	6,40 <sup>acd</sup>	6,73 <sup>e</sup>	6,13 <sup>ab</sup>	6,67 <sup>de</sup>	6,60 <sup>cde</sup>	6,17 <sup>ab</sup>	6,30 <sup>abc</sup>	6,37 <sup>acd</sup>	6,03 <sup>b</sup>
E07	7,17 <sup>cd</sup>	7,07 <sup>bcd</sup>	6,93 <sup>abcd</sup>	6,80 <sup>ab</sup>	6,90 <sup>abc</sup>	6,90 <sup>abc</sup>	6,63 <sup>a</sup>	6,83 <sup>abc</sup>	7,27 <sup>d</sup>
E08	7,00 <sup>d</sup>	6,77 <sup>bcd</sup>	6,83 <sup>cd</sup>	6,50 <sup>a</sup>	6,60 <sup>abc</sup>	6,67 <sup>abc</sup>	6,47 <sup>a</sup>	6,60 <sup>abc</sup>	6,53 <sup>ab</sup>
E09	6,90 <sup>cd</sup>	6,63 <sup>be</sup>	6,83 <sup>cd</sup>	6,60 <sup>ab</sup>	6,93 <sup>d</sup>	6,77 <sup>ce</sup>	6,23 <sup>f</sup>	6,5 <sup>ab</sup>	6,47 <sup>a</sup>
E10	7,00 <sup>b</sup>	7,63 <sup>ac</sup>	7,73 <sup>acd</sup>	7,20 <sup>ab</sup>	7,33 <sup>ab</sup>	7,57 <sup>abc</sup>	8,07 <sup>cd</sup>	8,27 <sup>d</sup>	8,27 <sup>d</sup>
E11	7,00 <sup>b</sup>	7,43 <sup>a</sup>	7,53 <sup>a</sup>	7,30 <sup>ab</sup>	7,53 <sup>a</sup>	7,43 <sup>a</sup>	7,67 <sup>ac</sup>	8,30 <sup>d</sup>	8,03 <sup>cd</sup>

\* Média seguida de mesma letra na linha não difere significativamente ao nível de 5% pelo Teste de Tukey.